Е. Б. Мякинченко, А. С. Крючков, С. С. Миссина,
П. Е. Мякинченко, М. В. Волков

ПЕРИОДИЗАЦИЯ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА, ДИНАМИКА ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ, КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИКИ И СПОРТИВНОГО РЕЗУЛЬТАТА У ЛЫЖНИКОВ И БИАТЛОНИСТОВ ВЫСОКОГО КЛАССА

Монография

Издательство «Перо»
Москва, 2024

УДК 796/799
ББК 75.729:75.1
П27

Рецензенты:
В. Д. Сячин, доктор педагогических наук, профессор
О. Н. Степанова, доктор педагогических наук, профессор
Е. В. Федотова, доктор педагогических наук, доцент

Мякинченко Е.Б., Крючков А.С., Миссина С.С.,
Мякинченко П.Е., Волков М.В.
П27 **Периодизация тренировочного процесса, динамика физической подготовленности, кинематических параметров техники и спортивного результата у лыжников и биатлонистов высокого класса**. Монография. – М.: Издательство «Перо», 2024. – 364 с.

ISBN 978-5-00244-893-7

В книге в сравнительном аспекте представлен прежде всего эмпирический материал по закономерностям динамики спортивного результата, показателей функциональных возможностей и двигательных способностей, а также кинематических параметров одновременного одношажного конькового хода на лыжероллерах и лыжах во взаимосвязи между собой и в контексте периодизации тренировочных нагрузок в макроцикле у биатлонистов и лыжников-гонщиков высокого класса в связи с проблемой повышения их дистанционной скорости.

Все данные получены в процессе «включенного наблюдения» (case-study) авторов в ходе мероприятий научно-методического обеспечения подготовки спортсменов сборных спортивных команд России по лыжным гонкам и биатлону за период 2014–2023 годов.

Разделы, посвященные содержательному анализу фактических данных и вытекающих из них некоторых теоретических и практических выводов, также присутствуют.

Однако авторы отдают себе отчет, что обсуждаемые темы нуждаются в гораздо более глубоком и длительном анализе и теоретическом осмыслении. Основной причиной является относительная слабая разработанность концепции, сформулированная в развитие идей Ю. В. Верхошанского, согласно которой основная цель тренировки спортсменов высокого класса заключается в «функциональном совершенствовании соревновательного движения» с целью максимальной реализации двигательного потенциала спортсмена, который всегда ограничен.

Книга предназначена для специалистов в области теории спортивной тренировки, студентов, аспирантов, преподавателей физкультурных вузов и тренеров.

Авторы выражают глубокую признательность А.Г. Абаляну, Г.П. Брюсову, сотрудникам Управления НМО ФГБУ ЦСП, тренерам сборных команд России и специалистам КНГ, без которых данная книга не смогла бы появиться, а также уважаемым рецензентам за ценные замечания при подготовке рукописи монографии.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777–00001–24–00 (тема № 001–22/5).

ISBN 978-5-00244-893-7

© Коллектив авторов, текст, рисунки, издание, 2024

Оглавление

Перечень сокращений и обозначений 6
Введение 8

Глава 1. Современные представления о подготовке и подготовленности высококвалифицированных спортсменов в лыжных циклических видах спорта 13
1.1 Физическая подготовка. Средства, методы, периодизация тренировочного процесса 16
1.1.1 Средства, методы и режимы выполнения упражнений....16
1.1.2 Понятие о периодизации тренировочного процесса 29
1.1.3 Анализ современных подходов к периодизации тренировочного процесса в лыжных циклических видах спорта 40
1.1.4 Проблема сочетаемости тренировочных нагрузок различной направленности в структурных единицах периодизации ..57
1.2 Физическая подготовленность спортсменов в ЛЦВС....63
1.2.1 Основные тренировочные эффекты в подготовке спортсменов в лыжных циклических видах спорта 63
1.2.2 Динамика физической подготовленности....69
1.3 Техническая подготовленность 71
1.3.1 Морфометрические, биомеханические, физиологические и биоэнергетические факторы, связанные с экономичностью и механической эффективностью локомоций 72
1.3.2 Взаимосвязь параметров локомоций со скоростью передвижения 91
1.3.3 Изменение параметров локомоций в связи с утомлением 107
1.3.4 Факторы повышения эффективности локомоций, связанные с механизмами работы нервно-мышечного аппарата (вместо заключения по разделу 1.3) 113
1.4 Тренировочные факторы, влияющие на эффективность техники выполнения соревновательного упражнения....121
1.4.1 Взаимосвязь показателей экономичности и биомеханических параметров локомоций с физическими способностями спортсменов....123
1.4.2 Влияние тренировки на экономичность и биомеханические параметры движений 131
1.4.3 Высокоинтенсивная интервальная тренировка....133
1.4.4 Тренировки силовой направленности 134
1.5 Заключение по первой главе....141

Глава 2. Общие закономерности периодизации тренировочных нагрузок у спортсменов высокого класса в лыжных циклических видах спорта.....147
2.1 Сравнение годовых тренировочных объемов лыжников-гонщиков и биатлонистов высокого класса с учетом гендерных различий ...153
2.2 Структура распределения нагрузок в микро-, мезо- и макроциклах.....156
2.2.1 Микроциклы.....158
2.2.2 Мезоциклы.....162
2.2.3 Макроциклы.....166
2.3 Сочетаемость тренировочных режимов.....172
2.4 Заключение по второй главе.....184

Глава 3. Уровень и динамика показателей физической подготовленности спортсменов высокого класса в лыжных циклических видах спорта.....190
3.1 Сравнение показателей физической подготовленности биатлонистов и лыжников-гонщиков высокого класса разного пола.....191
3.2 Характеристики вариативности и динамика показателей физической подготовленности, экономичности и механической эффективности лыжников и биатлонистов высокого класса в подготовительном периоде.....199
3.3 Сезонная динамика спортивного результата у спортсменов ЛЦВС.....217
3.4 Многолетняя динамика спортивного результата и физической подготовленности у спортсменов высокого класса в ЛЦВС.....223
3.4.1 Многолетняя динамика показателей физической подготовленности.....223
3.4.2 Многолетняя динамика результативности у спортсменов высокого класса в биатлоне.....232
3.5 Заключение по третьей главе.....236

Глава 4. Закономерности изменения кинематических параметров одновременного одношажного конькового хода у лыжников-гонщиков и биатлонистов под воздействием различных факторов.....240
4.1 Методы и организация исследования.....240
4.2 Взаимосвязь биомеханических параметров бега на лыжах одновременным одношажным коньковым ходом со скоростью движения.....245

4.3 Различия кинематических параметров соревновательного упражнения в выборках испытуемых, классифицированных как «основа» и «резерв» из числа спортсменов спортивной сборной команды России 252
4.4 Динамика показателей одновременного одношажного конькового хода соревновательного упражнения по кругам спринтерской гонки 260
4.5 Факторная структура кинематических показателей при беге одновременным одношажным коньковым ходом на лыжах и лыжероллерах 264
4.6 Различия кинематических параметров одновременного одношажного конькового хода на лыжероллерах у лыжников и биатлонистов, мужчин и женщин 270
4.7 Взаимосвязь параметров соревновательного упражнения биатлонистов высокого класса с показателями физической подготовленности, приобретенной в течение подготовительного периода 273
4.8 Динамика кинематических показателей одновременного одношажного конькового хода в подготовительном периоде у биатлонистов и лыжников высокого класса в связи с применяемыми тренировочными нагрузками и изменениями в физической подготовленности 286
4.8.1 Характеристика системы нагрузок экспериментальной группы 286
4.8.2 Реактивность и динамика показателей физической подготовленности экспериментальной группы....287
4.8.3 Динамика и характеристики реактивности кинематических показателей в подготовительном периоде 295
4.8.4 Совместный анализ данных в логике исследования: нагрузки, подготовленность, реактивность кинематики одновременного одношажного конькового хода 299

Заключение. О методологической платформе книги, первых результатах применения и перспективах дальнейшей разработки 314
Список литературы 334

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

HIT – циклическая нагрузка в 4–5 зонах интенсивности
HIIT – высокоинтенсивная интервальная тренировка
LIT – циклическая нагрузка в 1–2 зонах интенсивности
MIT – циклическая нагрузка в 3 зоне интенсивности
O_2 – кислород
VO_2 – потребление кислорода
SSC – Stretch-Shortening Cycle
АММ – аэробно-мощностной метод
АнП – анаэробный порог
АСМ – аэробно-силовой метод
АэП – аэробный порог
БИ – биатлон
ВСВИ – высокоскоростной высокоинтенсивный режим
г. – год
ГС – главный старт
ДЕ – двигательная единица
Ж – женщины
ИМТ – индекс массы тела
ИФП – индекс физической подготовленности
кг – килограмм
КрФ – креатинфосфат
КС – коленный сустав
л – литр
ЛА – лактат
ЛГ – лыжные гонки
ЛЦВС – лыжные циклические виды спорта
М – мужчины
м – метр
МАМ – максимальная алактатная мощность
МВ – мышечные волокна
мин – минута
мл – миллилитр
ммоль – миллимоль
МОК – минутный объем крови (индекс сердечного выброса)
МПК – максимальное потребление кислорода
НМА – нервно-мышечный аппарат

НМО – научно-методическое обеспечение
НСВИ – низкоскоростной высокоинтенсивный режим
НСНИ – низкоскоростной низкоинтенсивный режим
НССИ – низкоскоростной среднеинтенсивный режим
ОБШХ – одновременный бесшажный ход
ОЗИ – Олимпийские зимние игры
ОМВ – окислительные мышечные волокна
ООКХ – одновременный одношажный коньковый ход
ООЦН – общий объем циклической нагрузки
ОФП – общефизическая подготовка
ПМ – повторный максимум
ПС – плечевой сустав
ППС – площадь поперечного сечения
РФ – Российская Федерация
РЭ – размер эффекта
с – секунда
СП – соревновательный период
СУ – соревновательное упражнение
СФП – специальная физическая подготовка
ТБС – тазобедренный сустав
ТМГ – трехглавая мышца голени
уд/мин – ударов в минуту
у.е. – условная единица
УОС – ударный объем сердца
ФП – физическая подготовка
ЦВС – циклические виды спорта
ЦСП – Центр спортивной подготовки
ЦНС – центральная нервная система
ЦМТ – центр масс тела
ч – час
ЧЕ – чемпионат Европы
ЧМ – чемпионат мира
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЭГ – экспериментальная группа
ЭМГ – электромиограмма
ЭКМ – этап(ы) Кубка мира
ЭНП – этап непосредственной подготовки
ЭУД – энергия упругой деформации

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности тренировочного процесса – цель и основное содержание профессиональной деятельности специалистов, работающих в сфере подготовки спортсменов. Такая работа может продолжаться бесконечно, по крайней мере, до тех пор, пока существует запрос со стороны общества на результаты такого труда – успешные и зрелищные выступления спортсменов.

Поэтому научный и практический поиск продолжается.

Данная книга – попытка сделать шаг в этом направлении путем частичного представления и предварительного анализа большого объема данных, собранных в ходе мероприятий научно-методического обеспечения подготовки спортсменов спортивных сборных команд России (НМО) по лыжным гонкам и биатлону за период 2014–2022 годов.

Появление книги, так же как ряда других работ, подготовленных авторами, стало возможным только в результате тесного сотрудничества специалистов аналитического управления ФГБУ «Центр спортивной подготовки» (ЦСП, Москва) и ФНЦ ВНИИФК. Такой «научно-практический комплекс» был создан для разработки и реализации системы НМО в связи с подготовкой к зимним Олимпийским играм 2014 года в г. Сочи и функционировал с 2012 до 2023 г.

Переходя к теме книги, необходимо коротко обрисовать ее проблематику и методологические подходы к ее решению, разработка которых, как считают авторы, может способствовать повышению эффективности тренировочного процесса в лыжных циклических видах спорта (ЛЦВС).

На протяжении многолетней истории развития системы спортивной подготовки и, в частности, спортсменов высокого класса постулировалось, что основная цель всех применяемых тренирующих воздействий в конечном счете заключается в обеспечении готовности спортсменов к демонстрации максимально высокого спортивного результата. Не опровергая данный постулат, тем не менее можно предположить, что перспективным направлением в совершенствовании технологии подготовки спортсменов высокого класса может быть ориентация на парадигму, основанную на идеях Ю. В. Верхошанского, согласно которой спортивный результат есть продукт специфической организации двигательных действий со стороны спортсмена, которая позволяет ему реализовать имеющийся уровень развития физических качеств в направлении решения конкретной двигательной задачи.

В этом случае тренировка, предполагающая повышение спортивного результата, должна предусматривать два направления:

– повышение уровня развития физических качеств (в процессе физической подготовки);
– совершенствование умения спортсмена эффективно реализовывать достигнутый уровень физической подготовленности в рамках специализированной для конкретного вида спорта структуры соревновательного упражнения (в процессе технико-тактической подготовки).

Вышеуказанное на первый взгляд не привносит ничего нового в существующую методологию построения тренировочного процесса, предусматривающую применение средств физической и технической подготовки для направленного воздействия на спортсмена. Однако разница все же есть и заключается в том, что основным объектом тренирующих воздействий, по нашему мнению, должно выступать соревновательное упражнение, а все изменения в организме спортсмена, достигаемые с помощью специально подобранных и упорядоченных в микро- и мезоциклах средств, в том числе физической подготовки, должны не повышать абстрактные силу, выносливость или быстроту (в фитнесс-клубах занимаются тем же), а обеспечивать морфофункциональную специализацию нервно-мышечного аппарата и кислородтранспортной системы, создающих условия для направленной перестройки соревновательного упражнения.

Однако для того, чтобы в тренировочном процессе задать вектор адаптационных морфофункциональных перестроек, требуется точно представлять, как реагирует «живое» соревновательное упражнение на конкретные изменения в организме спортсмена в связи с применяемыми нагрузками. Обсуждение этого – главная цель книги.

Действительно, всем хорошо известно, что повышение уровня развития ключевых функциональных возможностей и двигательных способностей, как правило, положительно влияет на изменение спортивного результата. Но часто упускается, что это происходит косвенно, через посредника – двигательную структуру соревновательного упражнения. Если этого не учитывать изначально, то основной акцент в тренировочном процессе будет делаться прежде всего на повышение функциональных возможностей ведущих физиологических систем организма спортсменов. Считается, что в дальнейшем «техника» лыжных ходов должна подстроиться под улучшенные (вообще или специально) физические кондиции вроде как сама по себе. Но лучше, если улучшенные физические кондиции встроятся в более рациональную технику, приобретенную в процессе технической подготовки. При таком подходе к тренировке техника лыжных локомоций спортсмена действительно претерпевает перестройки,

но зачастую не те, которые ожидались с позиции повышения скорости передвижения по дистанции. Спортсмен становится сильным, выносливым и даже быстрым в средствах тренировочных воздействий, но не в том упражнении, которое определяет спортивный результат. При такой методологии тренировочного процесса спортсменов высокого класса, впрочем, так же как и у юниоров, повышение физической подготовленности реально осуществить только через повышение нагрузок. Но это не бесконечно и чревато перетренированностью, проявляемой в том числе в виде травм и формирования патологических перестроек в нагружаемых физиологических системах организма спортсменов.

Ситуация осложняется еще и тем, что на этапе высшего спортивного мастерства у спортсменов могут наблюдаться периоды стабилизации кинематико-динамической структуры локомоций. Это, с одной стороны, следует признать положительным аспектом спортивной подготовки, так как позволяет надежно воспроизводить в условиях соревнований требуемые параметры лыжных движений, определяющие скорость перемещения по дистанции, но, с другой, приводит к стабилизации верхних границ результативности упражнения и, соответственно, к стагнации соревновательного результата. В этом случае, чтобы выйти за границы результативности соревновательного упражнения, необходимо преодолеть барьер навыковой стабилизации его кинематико-динамической структуры через специально организованную и избирательно направленную систему педагогических воздействий. Однако для того, чтобы обеспечить прогрессивную перестройку структуры соревновательного упражнения в требуемом направлении, то есть реализовать известный в теории и методике принцип единства и взаимосвязи физической и технической подготовки, необходимо знать закономерности ее перехода из одного состояния в другое под влиянием факторов тренирующих воздействий.

Но для приобретения таких знаний и их реализации необходимо прежде всего пересмотреть существующие представления о построении процесса подготовки, которые при всех рассуждениях о «единстве» на практике приводят к искусственному разведению физической и технической подготовки как независимых направлений тренировочного процесса, но которые, как говорилось, «обязаны» к началу соревновательного периода обеспечить автоматическую «сборку» соревновательного упражнения с нужными характеристиками, определяющими прогресс спортивного результата.

Но такого может и не происходить. Поэтому, по нашему мнению, методология спортивной подготовки в лыжных гонках и биатлоне должна

в первую очередь базироваться на понимании механизмов, причинных факторов и закономерностях влияния средств не только технической, но и специальной физической подготовки на кинематические и динамические параметры соревновательного упражнения у спортсменов на этапе высшего спортивного мастерства. То есть рассуждать и строить все компоненты управления тренировочного процесса предлагается не в рамках простой системы из двух элементов «нагрузка»→«физика» или «нагрузка»→«техника», а в рамках треугольника «нагрузка» → «физическая подготовленность» ↔ «техника», так как взаимодействие тренировочных эффектов двух последних элементов носит характер взаимообусловленности.

Понимание указанных закономерностей, по нашему мнению, позволит четко сформулировать принципиальные требования к содержанию и организации тренировочных нагрузок для выстраивания логики принимаемых тренерским штабом решений в части программирования, организации и оперативного управления процессом физической и технической подготовки в направлении расширения рабочих возможностей соревновательной структуры движения у спортсменов высокого класса.

Эта тема, как и любая, связанная со сменой (пусть и частичной) парадигмы, сложна для разработки и еще сложнее для реализации. Поэтому в рамках представленной работы мы ограничились только представлением возможно большего объема прежде всего эмпирической информации, анализируя которую читатели сами могли бы сделать интересные для себя выводы.

Для облечения этой задачи структура и первой главы (обзора литературы), и последующих глав (данных исследования) представлена в следующей последовательности:

– система «воздействия» (средства, методы, периодизация тренировочных нагрузок);
– «эффект» от применяемых нагрузок в отношении физической подготовленности;
– «эффект» от применяемых нагрузок, а также происходящих изменений в физической подготовленности, в отношении кинематических параметров одновременного одношажного конькового хода, как широко применяемого в лыжных гонках и биатлоне.

В большинстве случаев материал представлен в форме сопоставления данных, полученных при обследовании лыжников-гонщиков и биатлонистов (различия по фактору «спорт»), а также сопоставления мужчин и женщин (различия по фактору «гендер»). На наш взгляд, такой подход

позволяет высветить дополнительные аспекты и сформулировать новые идеи, позволяющие лучше охарактеризовать современную систему подготовки российских спортсменов в двух популярных видах спорта – лыжных гонках и биатлоне.

Обобщение и представление в виде статистических моделей такой современной системы подготовки, структуры и динамики показателей подготовленности, отражающих адаптационные процессы на уровне макроцикла и в многолетнем аспекте, являлось дополнительной и, возможно, наиболее интересной для практиков задачей, также решаемой авторами при написании данной работы.

В качестве заключения к книге сделана попытка кратко проследить общую логику взаимообусловленности нагрузок, «физики» и «техники», что и является конечной целью всего исследования, а также представления результатов его первого этапа, изложенных в настоящей монографии.

Глава 1.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПОДГОТОВКЕ И ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ В ЛЫЖНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА

Лыжные циклические виды спорта объединяют такие виды спорта, как: лыжные гонки, биатлон, лыжное двоеборье, спортивное ориентирование на лыжах, ски-тур и другие. Однако наиболее популярными олимпийскими видами являются лыжные гонки и биатлон. Кроме этого, как показал анализ данных, факторы дистанционной скорости, которые являются основным объектом исследования в данной книге, исследовались практически исключительно на материале этих видов спорта. В этой связи в этой книге рассматриваются данные по лыжным гонкам и биатлону, и далее под аббревиатурой «ЛЦВС» мы будем понимать только лыжные гонки и биатлон.

Известно, что в ЛЦВС ведущим физическим качеством является выносливость, в связи с чем основное тренировочное время отводится повышению аэробных способностей (до 750–950 часов в год) [1, 2, 3, 4, 5, 6], а лыжники-гонщики («лыжники» или ЛГ) и биатлонисты (БИ) высокого класса демонстрируют околопредельные для человека показатели анаэробного порога (АнП) и максимального потребления кислорода (МПК) (до 85–93 мл/кг/мин) [7, 8]. Соответственно, в течение десятилетий научных исследований именно различные аспекты выносливости спортсменов были объектом изучения [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

Однако соревновательное упражнение (СУ) в ЛЦВС по сравнению с другими циклическими видами спорта, связанными с проявлением выносливости (ЦВС), имеет ряд особенностей. Основными можно считать следующие. Необходимые силы для движения по дистанции создаются за счет работы мышц плечевого пояса и нижних конечностей. При этом глубоко залегающие мышцы живота, таза и позвоночного столба выполняют важную функцию «стабилизаторов позы» и играют ключевую роль в обеспечении эффективного переноса сил отталкивания от опоры, создаваемых мышцами конечностей, на движение условного центра масс тела спортсменов [9, 14, 17]. Кроме этого, при беге по дистанции:

– движение осуществляется по скользкой поверхности;
– используются различные лыжные ходы;
– преодолевается сложный рельеф местности;
– выполняются ускорения.

Такая специфика всегда определяла высокую значимость других факторов спортивного результата, особенно для спортсменов высокого класса, результативность которых во многом может ограничиваться не столько уровнем физической подготовленности, сколько ее реализационной эффективностью, наиболее тесно связанной со «спортивно-техническим мастерством» и его важнейшим критерием – экономичностью (энергетической стоимостью преодоления метра дистанции и способностью накопления недоокисленных метаболических субстратов) или механической эффективностью как отношения полезной механической работы к затрачиваемой метаболической энергии [18].

Кроме этого, в последние годы вновь приобрела актуальность проблема оптимизации силовой и скоростно-силовой подготовки [12, 19, 20]. Это обусловлено усовершенствованием инвентаря, смазочного материала, лучшей подготовкой трасс и привело к существенному росту дистанционной скорости. Кроме этого, в 1998–1999 годах в программу соревнований по лыжным гонкам включены спринтерские дисциплины, требующие высокой скоростно-силовой подготовленности [21]. Как следствие, в ЛЦВС в целом существенно возросли градиент силы, пиковое усилие при отталкивании, импульс силы при сокращении времени активных фаз и т.п. Повышение значимости проявления силовых и скоростно-силовых способностей на дистанции закономерно привело к изменению акцентов в подготовке в направлении попыток улучшить силовые, взрывные, мощностные и скоростные возможности спортсменов [21, 22, 23, 24]. В подтверждение отмеченной тенденции к настоящему времени выполнено достаточно много исследований, подготовлено несколько научных обзоров и метаанализов, в которых выявлена положительная связь между применением силовых упражнений, силовыми и скоростными способностями спортсменов и спортивным результатом [20, 25, 26, 27]. И наконец, современные исследования в ЛЦВС подтверждают известное положение об обусловленности ключевых параметров техники движения по дистанции уровнем и особенностями силовой и скоростно-силовой подготовленности спортсменов.

Поэтому, несмотря на то, что подготовка спортсменов высокого класса в ЛЦВС связана в первую очередь с тренировкой и проявлением выносливости, в данной книге значительный акцент сделан на вопросах силовой подготовки, а также реализации физической подготовленности спортсменов в системе их движений, то есть технике лыжных ходов, в качестве «представителя» которых выбран одновременный одношажный коньковый ход, который широко используется как лыжниками, так и биатлонистами.

В целом, настоящая монография построена с учетом следующей методологической концепции.

Тренировочный процесс в спорте строится на основе фундаментальной закономерности процесса адаптации всех живых организмов, которая выражается формулой: «воздействие – отклик».

В качестве «воздействия» в спорте используется специально организованная система тренировочных нагрузок («нагрузки»). Программирование нагрузок осуществляется с целью достижения наивысшего спортивного результата в данном сезоне и в многолетнем аспекте на основе педагогических принципов, которые, в свою очередь, базируются на биологических законах адаптации [28].

В качестве «отклика» рассматривается формализованная система результатов воздействий, которая, согласно основополагающим положениям теории спортивной подготовки, рассматривается на трех главных уровнях:

– формирование/развитие (специфических) двигательных способностей (в другой редакции говорят о «развитии физических качеств»);
– формирование/совершенствование техники выполнения соревновательного упражнения (в другой редакции говорят о «повышении спортивно-технического мастерства»);
– достижение определенного спортивного (соревновательного) результата как итога и интегральной оценки всего процесса подготовки [9].

Постулируется, что спортивный результат является продуктом такой организации движений и перемещений спортсмена, благодаря которой обеспечивается реализация его моторного (двигательного) потенциала в соответствии с двигательной задачей и конкретными условиями деятельности. В свою очередь, под «двигательным потенциалом» понимается достигнутая в результате тренировки степень морфофункциональной специализации организма спортсмена, выражаемая в уровне «специальной работоспособности». При этом данная характеристика состояния спортсмена, с одной стороны, реализуется через определенную, как правило, высокоиндивидуализированную (если речь идет о спортсменах высокого класса) «систему движений и перемещений», с другой, сама оказывает непосредственное влияние на индивидуальную «систему движений и перемещений» – внешне регистрируемые, а также «внутренние» параметры движения [29, 30].

С учетом сказанного под тренировочными факторами, влияющими на параметры СУ спортсменов, предлагается понимать параметры тренировочных нагрузок, их распределение и сочетание во времени (пери-

одизация тренировочного процесса), а также изменения, происходящие в организме спортсменов, которые прямо связаны с кинематическими и динамическими характеристикам СУ спортсменов.

Таким образом, в соответствии с обозначенной парадигмой, основной экспериментальный материал (главы 2–4) в книге изложен следующим образом:

– вначале представляются параметры системы «воздействия», то есть общие закономерности периодизации тренировочного процесса спортсменов высокого класса в ЛЦВС;
– затем – параметры «отклика» в отношении двигательного потенциала, а именно материалы по изучению профиля (соотношения компонентов) и динамики изменения показателей физической подготовленности спортсменов в ЛЦВС на этапах подготовительного периода в связи с зафиксированной и формализованной системой «воздействия»;
– далее – параметры «отклика» в отношении ключевых характеристик реализации двигательного потенциала в движении – закономерности сезонной (в подготовительном и соревновательном периодах) динамики биомеханических параметров СУ в ЛЦВС в связи с применяемыми тренировочными нагрузками и динамикой изменения показателей подготовленности;
– в заключение в отдельный раздел вынесено обсуждение экспериментальных данных и разработанные на их основе «практические рекомендации» с учетом того, что книга предназначена не только специалистам, занимающимся научными проблемами подготовки спортсменов высокого класса, а также учащимся вузов, но и тренерам-практикам.

Но вначале выполнен обзор некоторых ранее полученных научных данных, которые отражают современные представления по кругу обозначенных вопросов, а также необходимы в плане интерпретации представленного экспериментального материала данной книги.

1.1 Физическая подготовка. Средства, методы, периодизация тренировочного процесса

1.1.1 Средства, методы и режимы выполнения упражнений

Средства и методы тренировки в ЛЦВС хорошо известны и многократно обсуждались в литературе. Поэтому в этой работе нами сделан акцент на более глубокое изучение периодизации тренировочного процесса.

В то же время для изучения закономерностей современных моделей распределения и взаимосвязей тренировочных нагрузок в рамках различных временных форм организации подготовки необходима классификация средств и методов, посредством которых создается нагрузка на организм спортсменов. Использование всего многообразия применяемых в ЛЦВС упражнений или даже тех сорока групп из них, которые подробно описаны во второй главе работы и по которым фиксировались нагрузки в сборных спортивных командах России, не представлялось возможным из-за огромного объема вычислительных процедур и сложностей с выявлением закономерностей, так как в самом начале работы стало ясным, что в таком случае «за деревьями не удастся увидеть леса». Для решения проблемы было необходимо выбрать классификации нагрузок, которые позволили бы сократить количество параметров, анализируемых при построении моделей и анализе их закономерностей.

Изучение имеющихся данных показало, что для практических целей и в научных исследованиях используются самые различные классификации.

Хорошо известна классификация циклических нагрузок по виду энергообеспечения мышечной деятельности [31]. Согласно этому признаку, выделяют нагрузки:

- преимущественно анаэробно-алактатного энергообеспечения (АТФ+КрФ);
- преимущественно анаэробно-гликолитического энергообеспечения;
- смешанного гликолитического и аэробного энергообеспечения;
- преимущественно аэробного энергообеспечения с подразделением нагрузок по виду основного используемого субстрата: гликогена и глюкозы (верхняя граница мощности – анаэробный порог); липидов (верхняя граница мощности – аэробный порог).

Соответственно, иногда говорят о пяти зонах нагрузки – от аэробной восстановительной (субстрат – липиды) до анаэробно-алактатной (АТФ+КрФ).

Считается, что выполнение нагрузок с тем или иным видом энергообеспечения будет повышать его мощность и емкость [32], повышая работоспособность спортсменов в соответствующей «зоне энергообеспечения».

Однако в практическом плане наиболее популярной в России является пятизонная классификация циклических нагрузок по параметру ЧСС, которую так или иначе связывают с именем финского ученого М. Карвонена, предложившего формулу расчета и ориентировочные границы зон интенсивности по ЧСС.

Тем не менее градацию граничных значений ЧСС удобно привязать к некоторым объективно измеряемым параметрам, например ЧСС на уровне порогов аэробного и анаэробного обмена. С использованием такой классификации осуществлялась фиксация нагрузок аэробной направленности, описанных в этой книге (см. главу 2).

В западных странах наиболее распространена трехзонная градация нагрузок аэробной направленности, которая привязана к концепции «порогов», соответственно, Lo – до АэП, Mi – между АэП и АнП, и Hi – интенсивности выше АнП, но границы определятся также по ЧСС. Эта классификация и способ подсчета объемов нагрузки в зонах так и называется – «время в зоне» [33].

Однако использование этой классификации на практике требует использования кардиомониторов с последующими затратами времени на выгрузку данных, что даже для «аккуратных и исполнительных» западных спортсменов не всегда приемлемо или удобно. Поэтому в последнее время успешно применяется классификация нагрузок по «субъективным ощущениям» – или трехзонная (Lo, Mi, Hi), или разработанная на основе модифицированной шкалы Борга по десятибалльной системе, которая на практике привязывается к концентрации лактата в крови (10 ммоль/л).

Для реализации этого подхода спортсмены сначала обучаются субъективно определять, какие ощущения к какой зоне относятся. Обучение осуществляется еще на стадии юношеского спорта. Затем в период спортивной карьеры спортсменам периодически предоставляется возможность «откалибровать свои ощущения» во время ступенчатого тестирования на третбане с фиксацией лактата крови или на контрольных тренировках [34].

Для фиксации нагрузок силовой направленности также используются различные классификации.

В частности, в подготовке спортсменов ЛЦВС, по критерию интенсивности, нагрузки силовой направленности делят на:

– низкоинтенсивные (<70% от повторного максимума – ПМ);
– среднеинтенсивные (70–85% ПМ);
– высокоинтенсивные (>85% ПМ).

По направленности воздействия силовая подготовка подразделяется на развитие силовой выносливости, гипертрофии мышечных волокон, взрывной и быстрой силы, максимальной силы, скоростных и скоростно-силовых способностей [35, 36].

Широко известна классификация по типам мышечного сокращения, в которой выделяют изометрические, динамические, статодинамические,

плиометрические упражнения, концентрические (преодолевающие), эксцентрические (уступающие) [37].

В женской спортивной сборной команде России по лыжным гонкам использовался способ деления нагрузок скоростно-силовой направленности на:

– упражнения, направленные на развитие максимальных силовых возможностей, включающие упражнения на гипертрофию;
– упражнения на совершенствование способности выполнять движение с максимальной скоростью (без отягощения);
– упражнения на развитие мощности движения [38].

По другой классификации нагрузки в ЦВС подразделяют на:

1) развитие силовых способностей – на упражнения, направленные либо на миофибриллярную гипертрофию медленных, либо на развитие силы преимущественно за счет быстрых мышечных волокон;
2) развитие аэробных – на упражнения, направленные на повышение окислительного потенциала медленных или быстрых мышечных волокон [39].

По величине нагрузки выделяют развивающую, поддерживающую и восстановительную [40].

Дистанционные средства, которые предполагают выполнение упражнений с повышенным напряжением или мощностью сокращения мышц, например, такие как лыжная имитация, бег по пересеченной местности, бег с сопротивлением, также иногда относят к силовой подготовке [18] и называют «аэробно-силовым методом» [29].

Однако на основании физиологических характеристик и ожидаемого тренировочного эффекта высказывалось мнение, что его правильнее относить к методам интенсивной аэробной тренировки [39].

В отечественной теории спорта выделяют обобщающие группы методов и специфические методы.

По первому критерию методы разделяют на:

1) «экстенсивные» и «интенсифицированные» группы методов силовой и аэробной подготовки [40];
2) группы строго регламентированных, игровых и соревновательных методов, которые могут использоваться при организации подготовки, в том числе в ЛЦВС [41].

В рамках этих групп Л. П. Матвеев предложил свою известную классификацию, при создании которой использовались: внешние признаки упражнений, интервалы отдыха, способы группировки упражнений, направленность, динамики величины нагрузки в тренировке и другие основания. В частности:

1) методы расчлененно-конструктивного и целостного упражнения;
2) методы избирательно-направленного и сопряженного воздействия;
3) методы стандартно-повторного и вариативного упражнения;
4) метды слитного и интервального упражнения;
5) комбинированные методы по характеру интервалов отдыха;
6) методы круговой тренировки, разделяемые, в свою очередь, по нескольким дополнительным признакам [41].

Аналогично свою классификацию имеют группы игрового и соревновательного методов.

Кроме этого, в различных источниках можно встретить описание некоторых специфических методов силовой подготовки:

1) упоминавшийся выше «аэробно-силовой метод»;
2) «аэробно-мощностной метод» [18];
3) «метод максимальных усилий» и «ударный метод» [42].

Тем не менее, несмотря на широкий спектр описанных в литературе и приведенных выше классификаций тренировочных средств и методов, выбор какой-то из них для практического использования с конкретной целью затруднен из-за использования самых различных, часто логически не связанных между собой критериев и признаков (оснований) группировки.

Кроме этого, необходимо учитывать, что, с практической точки зрения, в качестве основания классификации целесообразно использовать ожидаемый тренировочный эффект (срочный или отставленный), который всегда будет зависеть не от применения какого-то одного средства или метода, а от самых разных вариантов их сочетания и модулироваться другими факторами, такими как интенсивность и объем нагрузки, состояние спортсменов, освоенность техники упражнений, тренировочный этап, реализация отставленных эффектов и др.

Однако классификации, перечисленные выше и им подобные, по тем или иным причинам не отвечали требованиям, необходимым для разработки моделей периодизации нагрузок.

В этой связи нами была предпринята попытка разработки и использования классификации нагрузок, критерием в которой являлся режим работы мышц.

Эта классификация, ее основания, принципы подхода и выделенные с ее использованием 13 групп упражнений различной направленности, которые охватывают практически весь диапазон тренировочных средств и методов в ЛЦВС, подробно описаны ранее [18, 43]. Тем не менее для ясности дальнейшего изложения в этой книге необходимо привести основания классификации и охарактеризовать группы упражнений в следующем сокращенном виде.

При разработке такой классификации предполагалось, что именно режим работы мышц является основным триггером изменений, происходящих в организме спортсменов. Действительно, известно, что любое физическое упражнение выполняется с определенным режимом работы мышц, сочетающим эксцентрический, концентрический и изометрический типы сокращений, для каждого из которых, в соответствии с фазовой и кинематической структурой упражнения, характерны свои величина и скорость деформации мышц, а также интенсивность развития усилий [44]. При этом именно режим работы мышц, задействованный в том или ином упражнении, в значительной степени обеспечивает мобилизацию и функциональную интеграцию различных систем организма и задает им «вектор» адаптационных морфофункциональных перестроек [30]. Соответственно, для получения требуемого адаптационного эффекта необходимо не только учитывать мощность функционирования ведущих – обычно обеспечивающих – физиологических систем организма, но и обусловленную режимом работы мышц специфику функционирования нервно-мышечного аппарата, проявляющуюся в характере мышечного усилия (скоростной циклический, скоростной ациклический, взрывной баллистический и т.д.), величине и времени развития этого усилия, а также частоте повторяемости усилий [42]. Таким образом, выбранный режим работы мышц задает требования к морфофункциональным перестройкам механизмов энергообеспечения мышечной деятельности, гомеостатической регуляции кардиореспираторной системы, нервно-мышечного аппарата и системы управления движением и прочего, являясь необходимым и важнейшим условием успешной адаптации спортсменов.

На базе этих представлений выделено восемь основных режимов мышц: четыре для упражнений силовой и четыре для упражнений аэробной направленности.

Классификация режимов работы мышц, применяемых в силовых упражнениях:

– низкоскоростной низкоинтенсивный режим (НСНИ), к этой группе упражнений отнесены все упражнения, которые выполнялись с низкой скоростью движения в суставах и с невысокой интенсивностью развития мышечного напряжения, то есть с небольшой величиной внешней нагрузки (30–70% от ПМ), включая обычную круговую тренировку, а также так называемые «статодинамические упражнения» («статодинамика»). К этой же группе отнесены статические упражнения (удержания). Исследования данного режима выявили, что в случае их применения «до отказа» они позволяют гипертрофировать преимущественно окислительные мышечные волокна (МВ) (тип I и тип IIA);

– низкоскоростной среднеинтенсивный режим (НССИ), в данную группу включены упражнения «на гипертрофию», выполняемые с низкой скоростью движения в суставах и с непредельной интенсивностью развития мышечного напряжения, т.е с нагрузкой 70–85% от ПМ. Выполнение упражнений осуществляется до «утомления», но не «до отказа». При большом числе подходов позволяет также гипертрофировать в основном МВ типов I и IIA. При этом наблюдается эффект увеличения процента и объемной доли МВ типа IIA и уменьшения доли волокон типов IIB и IIX, то есть происходит трансформация быстрых гликолитических МВ в быстрые окислительные МВ, но максимальная скорость сокращения мышц может уменьшаться. При выполнении таких упражнений «до отказа» гипертрофируются МВ всех типов, но в большей мере – быстрые. Эффект трансформации быстрых МВ сохраняется или даже усиливается;

– низкоскоростной высокоинтенсивный режим (НСВИ). Упражнения выполняются с низкой скоростью суставных движений при максимальной интенсивности развития мышечного напряжения и предусматривают использование околомаксимального или максимального сопротивления (85–95% от ПМ). Такой режим применяется, как правило, «не до отказа», с резервом 1–2 повторения. В таком режиме медленные МВ гипертрофируются минимально, а быстрые МВ гипертрофируются, но в меньшей степени по сравнению с режимом НССИ. Существенный прирост силы происходит за счет нервно-мышечного компонента, адаптации тормозных рецепторов, при этом эффекта снижения скорости сокращения мышц не зафиксировано;

– высокоскоростной высокоинтенсивный режим (ВСВИ), для него характерно преодоление сопротивления от 20 до 60% с высокой скоростью движения в суставах и интенсивностью развития мышечного напряжения («взрывной» и «плиометрический» тип упражнений) и/или темпом («мощностные» или «алактатные/спринтерские» упражнения), то есть этот режим предполагает высокую мощность сокращения мышц в пределах средней части кривой Хилла. Взрывной вариант предусматривает быструю или медленную эксцентрическую фазу, наличие или отсутствие изометрической паузы, но всегда – предельно быструю концентрическую фазу с баллистическим характером сокращения мышц. Плиометрический вариант отличается быстрым переходом от растяжения к сокращению мышц при акцентированно повышенной интенсивности работы мышц в эксцентрической фазе. Наиболее типичный пример – спрыгивание «в глубину» с быстрым отскоком, высокие или длинные прыжки с быстрыми отталкиваниями. Такие же упражнения могут применяться и на плечевой пояс (например, на тележке, в тренажере «верхний

блок», при жиме штанги лежа и т. п.). «Мощностной» режим характеризуется серией (подходом, ускорением) предельно интенсивных циклов движений с максимальной частотой и длительностью 5–15 с. Чаще это спринт в «утяжеленных условиях». Основной эффект ВСВИ заключается в улучшении способности к повышению градиента силы и ослаблению механизма возвратного торможения α-мотонейронов, вызванного возбуждением сухожильного рефлекса от клеток Гольджи. Оба эффекта проявляются в повышении мощности концентрического сокращения мышц во взрывном, плиометрическом, спринтерском режимах. Эффект таких упражнений на активацию медленных МВ нам не известен, но по косвенным признакам мы предполагаем, что он минимален. Следует учитывать, что тренировочные эффекты этого режима высокоспецифичны и могут не переноситься на иные биомеханические условия выполнения упражнений.

Так как тренировка в ЛЦВС всегда проводится в форме «конкурентной (комплексной) тренировки», программирование и управление подготовкой невозможно без одновременного учета влияния циклических нагрузок, прежде всего аэробной направленности. Поэтому вторая группа режимов выполнения упражнений, по аналогии с силовой, разработана для нагрузок аэробной направленности:

– «низкоскоростной низкоинтенсивный» аэробный режим (НСНИа). К этому режиму отнесены все циклические нагрузки (бег, велосипед, плавание, гребля, роллеры¸ лыжи, кросс-походы и др.), выполняемые в первой-второй зонах интенсивности. Предполагается, что основной тренировочный эффект таких упражнений будет заключаться в повышении окислительных способностей МВ, а также в гипертрофии медленных МВ при высоких объемах и относительно высокой механической нагрузке на избранные мышечные группы;

– «низкоскоростной среднеинтенсивный» аэробный режим (НССИа). К нему отнесены все циклические нагрузки, выполняемые в третьей (пороговой) зоне интенсивности. Предполагается, что основной тренировочный эффект таких упражнений у спортсменов высокого класса будет заключаться в повышении окислительных способностей в большей степени быстрых МВ;

– «низкоскоростной высокоинтенсивный» аэробный (так называемый «мышечный») режим (НСВИа). К этому режиму отнесены циклические упражнения, выполняемые, как правило, в третьей или четвертой зонах интенсивности интервальным или переменным методом, по сложному рельефу, с дополнительным внешним весом или сопротивлением, в подъем с повышенной передачей и тому подобное, то есть с примене-

нием аэробно-силового метода. Например, все лыжные имитации и, как правило, кросс-походы по сложному рельефу можно отнести к этому режиму. Смысл этого режима в том, чтобы при сохранении не максимальной интенсивности работы обеспечивающих систем организма дать повышенную механическую (в уступающей фазе движения) и сократительную (в преодолевающей фазе) нагрузку на связочные структуры и сократительный аппарат мышц. Причем мышцы должны работать со скоростью сокращения не выше соревновательной, но с существенно более низким темпом. Предполагается, что режим НСВИ будет эффективен для улучшения сократительных способностей основных мышечных групп, которые будут проявляться в условиях, более близких к соревновательным, чем обычная силовая тренировка, то есть будут более специфичными и в отношении режима, и в отношении системы движений. Если он выполняется с использованием соревновательного упражнения, то его можно классифицировать как «сопряженный метод». Кроме этого, предполагается, что такой режим может дать эффект повышения окислительных способностей наиболее быстрых МВ;

– «высокоскоростной высокоинтенсивный» аэробный режим (ВСВИа), к этому режиму отнесены циклические упражнения, выполняемые интервальным или повторным методом в четвертой-пятой зонах интенсивности, как правило, со скоростью, близкой к соревновательной или превышающей ее, но не спринт, а также аэробно-мощностной метод (подробнее – см. далее). Фактически этот режим моделирует соревновательные режимы сокращения мышц с учетом различных биомеханических условий, возникающих по ходу дистанции при различных лыжных ходах. Считается, что режим интервальной (или переменной) тренировки, как наиболее специфический соревновательным условиям, имеет эффект «реализации» потенциала нервно-мышечного аппарата (НМА) спортсменов в направлении повышения соревновательной скорости, а при использовании аэробно-силового и аэробно-мощностного методов – эффект повышения сократительной мощности мышц непосредственно в соревновательном или превышающем его режиме, то есть имеет «сопряженный эффект». В некоторых вариантах ВСВИ также может способствовать повышению окислительных способностей быстрых МВ, а форма высокоинтенсивной интервальной тренировки – повышению МПК.

Выделение данных режимов позволяет решить главную задачу – создать основу для классификации уже непосредственно самих силовых и циклических упражнений по критериям «объект воздействия» и «степень близости к соревновательному режиму работы мышц». Эта классификация описывает 90–95% всех вариантов тренировки, используемой

в настоящее время в ЛЦВС. И главное, позволяет более унифицированно характеризовать «дозу» и направленность нагрузки.

Данная классификация использовалась для выявления закономерностей периодизации тренировочных нагрузок, описанных в этой книге.

Однако для упрощения понимания того, как использовать «язык режимов» (например, при интерпретации сочетаемости упражнений в периодизации) при решении практических задач, то есть понимания тренировочной направленности упражнений в том или ином режиме, основные группы упражнений в ЛЦВС с указанием их режимов были классифицированы по критерию их наиболее вероятного тренировочного эффекта. Другими словами, ниже приведена «педагогическая расшифровка» используемых в классификации режимов мышц. Методика применения упражнений каждой группы приведена в нашей работе ранее [18].

Группа 1 – «статодинамика». Варианты многоповторной медленной квазиизотонической или статодинамической тренировки. Режим НСНИ. Разновидности такой тренировки направлены на гипертрофию окислительных МВ.

Группа 2 – «силовая выносливость». Режим НСНИ. Широко применяется в форме «круговой тренировки». Отличается от «статодинамики» главным образом наличием фазы расслабления тренируемых мышц в цикле движения. На сегодняшний день единственным доказанным эффектом такой тренировки являются стимуляция синтеза митохондриального белка и слабый эффект гипертрофии у низкотренированных в силовом плане людей. В случае, если тренировка сопровождается накоплением лактата, то педагогический эффект проявляется в увеличении числа повторений и подходе за счет, гипотетически, повышения количества мембранных транспортеров лактата, емкости буферных систем, улучшения капилляризации, накопления миоглобина, слабой гипертрофии окислительных МВ, а также для получения эффекта «тонизации» мышц на не основных тренировках.

Эти эффекты можно усилить, если выполнять подходы с околомаксимальной скоростью, но обязательно доводя мышцы до утомления, которое должно сопровождаться существенным снижением скорости сокращения мышц (частоты движений) до 20–40% от начальной при максимальных произвольных усилиях. Эти упражнения должны быть отнесены к ВСВИ режиму и могут быть полезны для длинного спринта, так как, в отличие от НСНИ, не «замедляют» спортсменов. В то же время целесообразность их применения в ЛЦВС сомнительна из-за их «неспецифичности». Для решения тех же задач есть упражнения, более приближенные по биомеханическим и физиологическим параметрам к основным лыжным ходам.

Группа 3 – «гипертрофия». Режим НССИ. Разновидности тренировки этого вида преследуют цель гипертрофии всех МВ мышцы, трансформации наиболее быстрых МВ в «промежуточные» по скорости сокращения, повышения силы мышц. Несмотря на их неспецифичность, это один из основных анаболических режимов силовой тренировки для создания «пластического резерва» (сократительного белка) основных мышечных групп лыжников и биатлонистов в начале подготовительного периода и для его поддержания по ходу макроцикла.

Группа 4 – «жесткость биокинематической цепи». Режим ВСВИ (в уступающей фазе). От предыдущей третьей группы отличается главным образом характером движений в уступающей фазе для повышения «жесткости» мышц за счет адаптации проприорецептивных рефлекторных механизмов регуляции усилий, вызванных растяжением мышц. Наиболее характерный пример – «спрыгивания в глубину», приседания со штангой среднего веса с относительно быстрым движением вниз и акцентом на быстрый переход от уступающего к преодолевающему режиму (приемы «сброс» и «силовой акцент»). Несмотря на повышенный риск травматизма, данный режим работы мышц достаточно часто применяется лыжниками и биатлонистами в силовых (ациклических) и циклических локомоциях.

Группа 5 – «максимальная сила». Режим НСВИ. Разновидности такого режима направлены на тренировку механизмов нервно-мышечной активации всех типов МВ, повышение «жесткости» биокинематической цепи для улучшения рекуперации энергии, повышение максимальной и взрывной (ускоряющей) силы с целью увеличения импульса силы в отталкивании и снижения степени рекрутирования быстрых МВ в течение первых двух третей дистанции, повышения устойчивости функционирования нервных центров. При выполнении упражнения в этом режиме (например, приседание со штангой) по ходу в целом медленного движения с осторожностью могут использоваться приемы «сброс» и «силовой акцент» или хотя бы намерение их выполнить, если нагрузка приближается к 100% ПМ.

Группа 6 – группа «взрывных»/«плиометрических»/«скоростно-силовых»/«на быструю силу» упражнений. Режим ВСВИ. Данная группа упражнений направлена на повышение эффективности фазы перехода от растяжения к укорочению мышц, повышение «стартовой» и «ускоряющей» силы, адаптацию органов Гольджи для снижения реакции торможения, повышения рекуперации, энергии упругой деформации (ЭУД), увеличение импульса и градиента силы (отталкивание ногами в классической технике лыжных гонок, бег в гору на лыжах, работа рук во всех лыжных ходах).

Группа 7 – «максимальная алактатная мощность» (МАМ), «спринт». Режим ВСВИ. Упражнения, используемые в этом виде тренировки, направлены на улучшение активации (повышение градиента силы или «стартовой» силы), но главным образом МАМ мышц. Спринтерские ускорения с использованием основной локомоции являются основным способом обеспечения специфичности свойств НМА требованиям соревновательного упражнения в части спуртов и финишного ускорения.

Группа 8 – «гликолиз/длинный спринт». Режим ВСВИа. Тренировка направлена на улучшение механизмов активации (повышение градиента силы или «стартовой» силы), скорости сокращения и мощности анаэробного гликолиза мышц (при максимальных отрезках длительностью до 40–45 секунд). Для коротких и средних дистанций является одним из основных способов обеспечения специфичности работы НМА под требования соревновательного режима.

Существует вариант «гликолитической тренировки», предложенный Н. И. Волковым. Он заключается в повторном или интервальном преодолении трех отрезков длительностью 45–60 секунд с интервалом отдыха одна минута с предельной интенсивностью (как минимум в последнем отрезке). К концу такого упражнения достигается максимальная концентрация лактата в мышцах, а через три – пять минут и в крови. Это предельно стрессовая нагрузка и может применяться только в исключительных случаях спортсменами, у которых ранее подтверждена ее эффективность. В свете современных исследований можно предположить, что, кроме «перегрузки лактатом», такая тренировка сопровождается «перегрузкой» МВ кальцием. А это гипотетически может «замедлять» мышцы, так как такие условия способствуют активации синтеза медленных изоформ миозина. В качестве положительного можно ожидать эффект адаптации тормозных рефлексов.

Группа 9 – «сопряженный» аэробно-силовой метод («АСМ»). Режим НСВИа. Третья-четвертая зоны интенсивности. Выполняется в форме интервальной/переменной тренировки (например: в гору, с покрышкой, с жилетом, лыжная имитация, повышенная передача на велосипеде). Суть – превышение в каждом шаге силы/мощности сокращения мышц относительно соревновательного режима. Данная группа тренировок направлена на увеличение рабочего эффекта усилий через повышение специфичности сократительной активности (свойств) НМА, повышение окислительных способностей МВ, повышение мощности pH регулирующих систем (МСТ1/МСТ4).

Группа 10 – аэробно-мощностной метод («АММ»). Режим ВСВИа. Третья-четвертая зоны интенсивности. Суть – превышение в каждом шаге

скорости/мощности сокращения мышц относительно соревновательного режима. Тренировка направлена на увеличение рабочего эффекта усилия через повышение специфичности свойств НМА, повышение окислительных возможностей наиболее быстрых МВ, повышение мощности pH-регулирующих систем (МСТ1/МСТ4), но главным образом используется как метод сопряженного воздействия для моделирования соревновательного режима работы мышц в отдельных фазах движений. Представляет собой чередование одного-двух активных (быстрых) циклов (шагов) с двумя – пятью медленными. Выполняется в форме интервальной/переменной тренировки.

Группа 11 – тренировка «на повышение МПК» или «высокоинтенсивная интервальная тренировка» (HIIT). Режим ВСВИа. Четвертая-пятая зоны интенсивности. Суть – использование соревновательного режима соревновательного или близкого к нему по биомеханическим параметрам упражнения в форме интервальной тренировки. Тренировка направлена на увеличение рабочего эффекта усилия через повышение специфичности свойств НМА, повышение ударного объема сердца и минутного кровотока, повышение мощности pH-регулирующих систем (МСТ1/МСТ4), устойчивости нервных центров при работе в соревновательном режиме. Кроме наиболее эффективного средства повышения МПК, используется как метод реализации свойств НМА и обеспечивающих систем под требования соревновательного режима.

Группа 12 – низкоскоростной низкоинтенсивный аэробный циклический режим (НСНИа), первая-вторая зоны интенсивности. В контексте расширения рабочих возможностей скелетных мышц, кроме традиционной роли повышения окислительных способностей мышечных волокон, гипотетически можно говорить о возможном эффекте этого средства в отношении гипертрофии окислительных, прежде всего медленных МВ, при двух условиях. Первое – проявление этого эффекта можно ожидать только в МВ мышц, несущих высокую механическую и относительно длительную нагрузку в цикле движения. Второе – есть основания предполагать, что такой эффект может наблюдаться при регулярном применении только длительной непрерывной работы, вероятно, длительнее 90–120 минут.

Группа 13 – низкоскоростной среднеинтенсивный аэробный циклический режим (НССИа), трпетья зона интенсивности. Известен как метод «пороговых нагрузок». Длительное время предполагалось, что это – основной метод тренировки для повышения скорости на уровне анаэробного порога. Однако в последние десятилетия это утверждение ставится под сомнение, прежде всего шведскими и норвежскими специалистами. В качестве альтернативы предлагается сочетание повышенных объемов

тренировки в первой-второй и четвертой-пятой зонах (метод «поляризованных нагрузок»). Однако на сегодняшний день не существует научных доказательств приведенного утверждения, кроме опыта нескольких известных спортсменов.

Данная классификация определяет «направленность тренировочных эффектов» описанных выше режимов работы мышц и в том случае, когда исследования проводились с использованием классификации средств и методов тренировки «по режимам», приведена для упрощения интерпретации экспериментальных данных в этой книге.

1.1.2 Понятие о периодизации тренировочного процесса

В настоящее время считается доказанным, что периодизированный тренировочный процесс может приводить к лучшим спортивным результатам по сравнению с непериодизированным [45, 46, 47, 48]. Однако существует ряд работ, критикующих концепцию периодизации. Подобный подход строится на идее, что периодизация не удовлетворяет индивидуальные потребности спортсмена, не является гибкой системой, адаптированной под меняющиеся переменные тренировочного процесса, подходит только для молодых спортсменов и спортсменов среднего уровня, не годится для случаев нескольких макроциклов в году и т.п. [48, 49, 50]. В ответ на такие замечания было постулировано, что «периодизация» – это «принцип» или «метод», в частности, программирования тренировочного процесса, который эффективен для спортсменов любого уровня и в любом виде спорта, а не жесткая «модель», «схема» или конкретный «план» [46, 48, 51].

Тем не менее проблемы с теорией и практическими аспектами периодизации существуют.

В подтверждение этого можно привести факт, что в мировой литературе окончательного мнения относительно основных положений концепции периодизации и даже относительно определения самого понятия еще не сложилось [46]. В частности, в обзоре R. Kataoka приводится несколько десятков определений понятия «периодизация» [52], что говорит о неопределенности в понимании самого явления, называемого «периодизацией тренировочного процесса». Кроме этого, обсуждаются и изучаются более десяти различных «моделей» периодизации.

С одной стороны, это отражает высокую популярность и продолжающийся процесс развития идей Л. Пиккола, положенных в основу системы подготовки легендарного П. Нурми [53], с другой – затрудняет формулировку всеобъемлющего определения и понимания сути понятия. При-

веденные ниже определения отражают эволюцию термина и концепции «периодизации тренировочного процесса» в течение последних 60 лет.

Изначально Л.П. Матвеев в своих работах под периодизацией понимал закономерные периодические изменения структуры и содержания тренировки в рамках определенного цикла [54].

В последующие десять лет понятие расширялось и в его содержание стали предлагать включать представления, согласно которым периодизацию имеет смысл рассматривать не как жесткую модель, а как гибкий подход или метод для получения контроля над адаптацией к тренировке в рамках подготовки к соревнованиям. Вместо жесткой схемы периодизацию можно рассматривать как основу, вокруг которой может быть сформирована программа тренировок под определенную задачу. В этом отношении суть периодизированной программы тренировки заключается в оптимальном сочетании различных методов тренировки для достижения наивысших результатов, по сравнению с тем, что можно было бы достичь за счет несистематизированного использования одного или нескольких методов [51].

К началу XXI века в иностранной литературе периодизация тренировок определялась как запланированное циклическое распределение методов и средств тренировки, основные цели которой заключались в использовании отставленных тренировочных эффектов и управлении циклом «утомление-восстановление». Предлагалось включать в периодизацию долгосрочное, среднесрочное и краткосрочное планирование. Соответственно, периодизированный тренировочный процесс, как правило, состоит из макро-, мезо- и микроциклов, которые строятся по принципу перехода от экстенсивных («базовых»/ОФП) к интенсивным и специфическим нагрузкам [55].

Схожие идеи периодизации рассматривает A. J. Cunanan, считая, что периодизация – это способ планирования, который позволяет тренеру прогнозировать и выбирать определенные периоды времени для улучшения (видимо, акцентированного) отдельных сторон физической подготовленности (выносливости, силы, мощности и скорости) [49].

G. Haff и E. Haff определили, что периодизацию следует понимать как логическую, интегративную, последовательную манипуляцию факторами тренировки (то есть объемом, интенсивностью, моторной плотностью тренировки, частотой занятий, направленностью тренировки и выбором упражнений), чтобы оптимизировать результаты тренировки в заранее определенные моменты времени, а также как метод использования последовательных или фазовых изменений в рабочей нагрузке, направленности тренировки и в задачах тренировки, содержащихся в микроцикле,

мезоцикле и ежегодном плане тренировок, зависящих от целей, установленных для определенного периода подготовки [48]. Эти авторы впервые использовали выражение «упорядочивание тренировочных нагрузок», что, на наш взгляд, хорошо отражает суть обсуждаемого предмета.

Более широко периодизацию определяет B. Y. Boggenpoel, понимая под ней тренировочные планы, учитывающие объем, интенсивность и частоту тренировок, основанные на принципах тренировки, которые включают индивидуализацию, специфичность, прогрессивную перегрузку и восстановление [56]. Но такое определение не отличает периодизацию от понятий «планирование» или «программирование» тренировки.

В другом исследовании периодизация предполагала логически последовательный, поэтапный метод управления фазами тренировочного процесса и восстановления для повышения потенциала достижения спортивного результата при минимизации риска травм, перенапряжения и перетренированности [47].

Согласно P. Hellard, периодизация – это целенаправленная последовательность тренировочных блоков разной длительности, от краткосрочных до долгосрочных, целью которых является достижение кумулятивных адаптаций, достигающих пика в соревновательный период [57]. По сути, это пересказ концепции Ю. В. Верхошанского.

В более позднем обзорном исследовании R. Kataoka дал следующее определение периодизации: «Периодизация – это организационный подход к тренировке, который учитывает конкурирующие стрессоры в жизни спортсмена и создает “периоды” времени, посвященные достижению конкретных результатов (например, силы, гипертрофии, мощности). Эти определенные периоды предназначены для управления стрессом, связанным с выполнением физических упражнений, а также для создания потенцирования для последующих этапов тренировки. Кроме этого, с использованием периодизированного подхода при правильном управлении стрессом путем разработки соответствующей программы тренировок можно попытаться достичь пика показателей работоспособности с учетом календаря соревнований» [52].

В данном определении наиболее полно перечислены основные признаки, определяющие, на взгляд западных ученых, такое явление, как «периодизация тренировочного процесса» и отражающие ее современные теоретические положения и модели.

Тем не менее, не претендуя на завершенность в обсуждении данной глубокой темы, но ориентируясь на работы, прежде всего советских и российских ученых (Л. П. Матвеева, Ю. В. Верхошанского, В. Н. Платонова и др.), в данной книге под «периодизацией тренировочного процесса

(нагрузок)» мы будем понимать упорядочивание структуры и содержания программы тренировочных нагрузок, а также процесса ее реализации на циклы, этапы и периоды в соответствии с законами адаптации, целевыми задачами подготовки и календарем соревнований для достижения наивысшего спортивного результата (или «спортивной формы») к моменту главных стартов сезона («периодизация»).

В данном определении подчеркиваются следующие ключевые идеи:

а) периодизация нагрузок – это сознательная деятельность тренеров и других специалистов при разработке тренировочных планов –программировании тренировочного процесса;

б) предметом такой деятельности является упорядочивание (приведение в некий порядок, систему) уже подобранных тренировочных средств и методов. Именно сочетание средств в форме физических и других упражнений и методов их применения дает основание говорить о «нагрузках»;

в) кроме подбора оптимальных последовательности и сочетаний упражнений, упорядочивание осуществляется в соответствии с законами адаптации, так как биологической целью тренировки является приспособление – морфофункциональная специализация – организма спортсмена под поставленные тренировочные задачи. Поэтому и тренировка должна строиться на основе известных законов адаптации [28]. Само слово «периодизация» возникает в связи с объективной необходимостью периодически (циклично) изменять величину нагрузки, учитывать длительность процессов развития и угасания функций, цикличность процессов в природе. В этой связи объективно возникают тренировочные «циклы» различной длительности – микро-, мезо-, макро- и многолетние;

г) несмотря на необходимость учета закономерностей биологической адаптации, временные рамки этого процесса жестко упорядочиваются календарем соревнований, под который, собственно, и выстраивается весь процесс подготовки спортсмена;

д) и, наконец, кроме тренировочных циклов, обусловленных биологическими процессами, встроенными во временные рамки Единого календарного плана, «второй уровень» упорядочивания системы нагрузок призван последовательно решить совершенно конкретные тренировочные задачи, детерминированные требованиями соревновательного упражнения (СУ) и соревновательной деятельности (СД). На этом уровне возникают «этапы» и «периоды», в рамках которых решаются тренировочные задачи. Итогом решения задач должно быть достижение максимально возможного уровня «специальной работоспособности спортсмена» [58] к началу соревновательного периода и «спортивной формы» [54] к моменту главных стартов сезона.

Таким образом, при разработке периодизации в рамках жесткой педагогической матрицы ЕКП и задач подготовки, обусловленных требованиями СУ и СД, главной задачей тренера является эффективное использование биологических законов адаптации для достижения оптимальной динамики показателей подготовленности от начала втягивающего этапа до момента главного старта.

Действительно, касаясь тесной связи такого явления, как «периодизация», с законами адаптации, в отечественной научной школе и, вероятно, в мировой [48] теоретический базис периодизации тренировочного процесса первоначально основывался на исследованиях стресса Г. Селье, рассмотревшего механизмы общей адаптации, реализующиеся в неспецифических и специфических приспособительных реакциях [59]. Впоследствии к обоснованию принципов периодизации тренировочного процесса привлекалась теория функциональных систем П. К. Анохина и другие законы адаптации, такие как «суперкомпенсации», «доза-эффект», «специфичности тренировочного эффекта» с последующей «морфофункциональной специализацией организма», «привыкания», «инволюции» и др. [28, 60].

На базе таких биологических законов были сформулированы принципы программирования и периодизации тренировочного процесса [29, 58, 61, 63, 64, 65]. Показано, что физическая нагрузка, как фактор стресса, вызывает каскад изменений в организме, зависящий от силы, длительности и градиента раздражителя. Чем длительней и сильней раздражение и чем больше градиент нагрузки, тем сильнее реакция организма (закон «доза-эффект», принцип «сверхотягощения»), но до определенных пределов, то есть организм невозможно нагружать непрерывно – необходим периодический отдых. Это обуславливает циклическое чередование нагрузки и отдыха с формулировкой соответствующего педагогического принципа и т. п.

С другой стороны, на этапах подготовки решаются различные задачи. Это вызывает необходимость периодического изменения не только величины нагрузки, но и сочетания различных тренировочных средств и методов для придания процессу адаптации строгой направленности – в соответствии с представлениями Ю. В. Верхошанского – в сторону «морфофункциональной специализации организма» под требования соревновательного упражнения с конечной целью продемонстрировать наивысший спортивный результат.

В рамках этой парадигмы развивалась концепция периодизации тренировочного процесса, сформулированная в работе Л. П. Матвеева и впоследствии ставшая классической или традиционной моделью. Согласно

представлениям Л. П. Матвеева, организация и планирование тренировок строятся путем деления процесса непрерывной тренировки на микро-, мезо- и макроциклы – как отражение цикличности жизнедеятельности человека и реализации принципа «чередования работы и отдыха», а также на тренировочные этапы – для решения более узких педагогических задач подготовки спортсмена с общей направленностью на приобретение спортивной формы к периоду основных соревнований [54].

Согласно модели Л. П. Матвеева, макроцикл может иметь разную длительность – от полугода до года и подразделяться на три периода: подготовительный, соревновательный и переходный. Подготовительный период состоит из общеподготовительного и специальноподготовительного этапов. Периоды строятся из мезоциклов, длительность которых составляет от двух до восьми недель, наиболее распространены мезоциклы продолжительностью один месяц. Считается, что такая длительность мезоцикла позволяет избежать эффекта «насыщения» или слишком быстрого выхода «на плато» в показателях функции организма, тренируемой на данном этапе. То есть мезоциклы месячной длительности позволяют продлить период, в течение которого адаптационные изменения прогрессируют [48, 66]. Выделяют несколько типов мезоциклов: втягивающий, базовый (развивающий и стабилизирующий), контрольно-подготовительный, предсоревновательный, соревновательный и восстановительный. Мезоциклы подразделяются на микроциклы длительностью от трех-четырех до 10–12 дней. Микроциклы организуются в двух основных формах: тренировочных и соревновательных. Тренировочные подразделяются на ординарные, ударные, подводящие и восстановительные.

Если анализировать модель Л. П. Матвеева в соответствии с логикой построения большого (годичного) макроцикла (рисунок 1), то такую модель ни в коем случае нельзя назвать «линейной», как это принято на Западе, где саму работу, видимо, читали не многие. Например, если описать Л. П. Матвеева предельно коротко, то это, скорее, модель «целесообразной последовательности больших волн», где после достижения пика объема нагрузок «ОФП», «СФП» и «СУ» объем соответствующих средств снижается, но увеличивается их интенсивность.

Однако нельзя путать концепцию Л. П. Матвеева с «волновой периодизацией» (см. ниже), которую применяют на Западе при тренировке силы, ссылаясь в качестве первоисточника на опыт подготовки великого советского штангиста Ю. П. Власова.

В целом, традиционная модель в развитии ее идей В. Н. Платоновым рассматривает периодизацию как процесс, в котором присутствует вол-

нообразность нагрузок на разных уровнях, при этом основной акцент делается на оптимальности сочетаниях нагрузок в микроциклах в зависимости от задач подготовки [67].

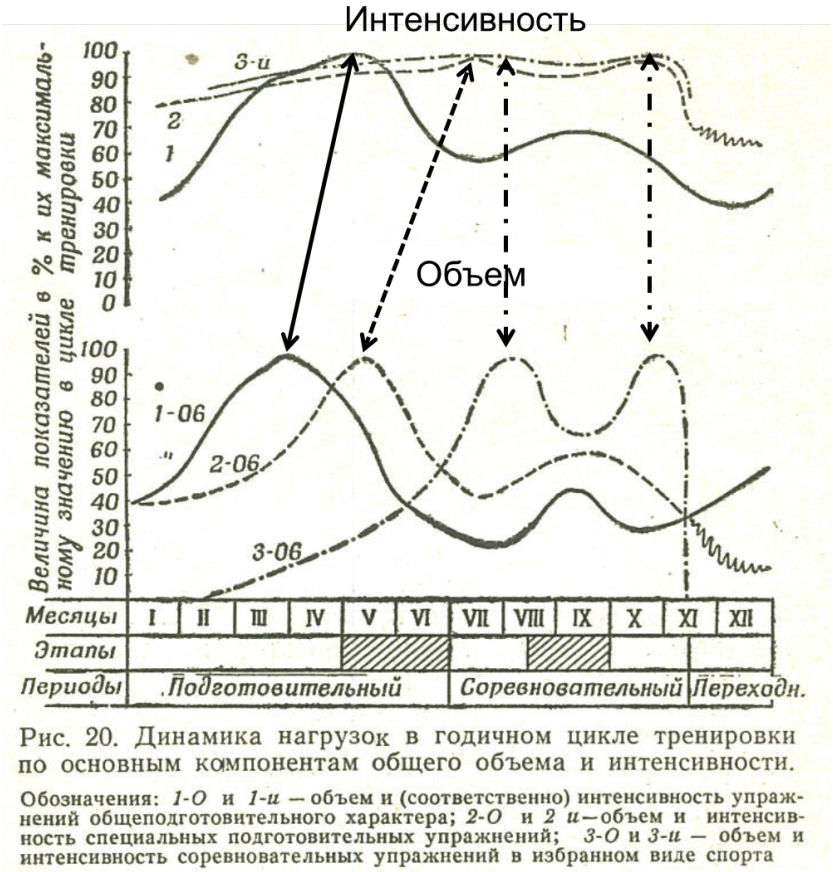


Рис. 20. Динамика нагрузок в годичном цикле тренировки по основным компонентам общего объема и интенсивности.

Обозначения: *1-О* и *1-и* — объем и (соответственно) интенсивность упражнений общеподготовительного характера; *2-О* и *2 и*—объем и интенсивность специальных подготовительных упражнений; *3-О* и *3-и* — объем и интенсивность соревновательных упражнений в избранном виде спорта

Рис. 1 – «Классическая модель» периодизации тренировочного процесса Л. П. Матвеева [54]

Однако в 80–90-е годы XX века накопление научно-методических данных привело к формированию критического подхода к традиционной модели. В работах Ю. В. Верхошанского указывалось на «недостатки» в концепции Л. П. Матвеева [68]. Подчеркивалась необходимость опираться прежде всего на биологические законы адаптации к предельным физическим нагрузкам. В развитие этого подхода была сформулирована концепция построения тренировочного процесса, названная большим адаптационным циклом. Концепция предполагала использование концентрированных узконаправленных нагрузок для достижения сверхисходного уровня функциональных показателей путем управляемой временной

«перегрузки» тренируемой функции с последующей ориентацией на сроки проявления долговременного отставленного тренировочного эффекта [69]. В соответствии с этим, альтернативой классической модели предлагалась «блоковая периодизация», включающая два типа: концентрированная однонаправленная модель и многоцелевая модель. Стратегия однонаправленной модели подразумевает акцентированное развитие одного двигательного компонента в одном «блоке» или серии блоков. Главным отличием от традиционной модели является однонаправленное развитие выбранной способности в течение длительного времени (от 4-х до 12-ти недель). Основным преимуществом такой периодизации постулировалось повышение уровня физической подготовленности спортсменов именно высокого класса, так как комплексная подготовка с распределенным объемом нагрузок различной направленности не может обеспечить дальнейшего прогресса у этой категории спортсменов. Особо подчеркивалась значимость концентрированной силовой нагрузки. Это обладает как рядом преимуществ – снижением общего годового объема на 13–15%, так и недостатков, негативно отражаясь на развитии скоростных способностей и технического мастерства в период однонаправленной тренировки.

Для разрешения создавшихся противоречий предлагалось использовать метод разведения нагрузок, обладающих негативным взаимодействием, оставляя принцип концентрации нагрузок в силе [30]. Последнее зафиксировано в принципах многоцелевой модели: она характеризуется чередованием микро-, но чаще – мезоциклов с концентрированной, но разнонаправленной нагрузкой с микроциклами, обладающими выраженным восстановительным характером [70]. В этом заключалась еще одна важнейшая составляющая концепции блоковой периодизации, которая, как будет показано во второй главе, используется спортсменами высокого класса практически в каждом мезоцикле.

Последующее развитие идей Ю. В. Верхошанского было реализовано в работах В. Б. Иссурина [71]. Инновация, по мнению автора, заключалась в разделении макроцикла на тренировочные этапы, где каждый тренировочный этап состоит из трех блоков-мезоциклов: накопительного, трансформирующего и реализационного, в соответствии с закономерностями формирования специфической двигательной функциональной системы и принципом от общего к частному. В каждом блоке продолжительностью от двух до шести недель тренировка должна быть направлена на развитие нескольких качеств-мишеней при высокой концентрации нагрузки. В последующих работах название блоков было изменено на: базовый, специально-подготовительный и соревновательный мезоцикл

в соответствии с той же логикой развития, сначала – базовых возможностей, затем – специфических двигательных способностей, при этом длительность и количество блоков напрямую зависят от соревновательного календаря [73].

В последнем случае модель, по сути, ничем не отличается от многоцелевой модели Верхошанского и системы подготовки при нескольких макроциклах в году, обусловленных участием в нескольких турнирах, описанной В. Н. Платоновым в 1988 году [74]. Точно так же блоковый подход M. H. Stone [47], представленный на рисунке 2, может рассматриваться как часть традиционной периодизации, где длительность и количество мезоциклов корректируется с учетом видов спорта.

Обособленно стоящей моделью периодизации тренировочного процесса является концепция А. П. Бондарчука, в которой предлагается 42 способа построения тренировки в макроцикле, направленной на повышение «специальной работоспособности», при этом каждый способ отличается сочетанием четырех типов упражнений: обще-подготовительные, специально-подготовительные, специально-развивающие и соревновательные. Автор выделяет основные способы развития специальной работоспособности: этапный, этапно-совмещенный, блочный, ступенчатый, ступенчато-совмещенный, локальный, локально-совмещенный, комбинированный, вариативный, комплексный и вариативно-комплексный, где каждый способ характеризуется уникальной последовательностью и сочетанием четырех типов упражнений [75].

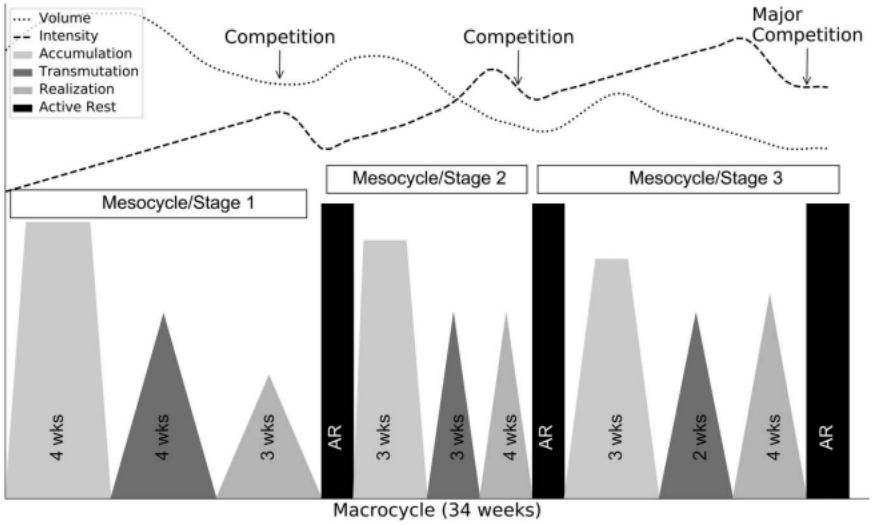


Рис. 2 – Блоковая периодизация M. H. Stone, как часть концепции традиционной периодизации [47]

Развитие идей классической и блоковой периодизации было реализовано в трудах ряда авторов, которые анализировали структуры микроциклов и мезоциклов [65, 67]. Проблема увеличения количества соревнования в спортивном календаре послужила импульсом для разработки модели с несколькими макроциклами в течение года [64, 74].

В англоязычной научно-методической литературе при описании моделей периодизации встречаются термины «классическая» или «линейная», характеризующие модель построения нагрузок, интенсивность и объем которых изменяется линейно-возрастающе в течение длительного времени (года/макроцикла). Например, для случая силовой подготовки, за счет увеличения отягощения (роста повторного максимума) и снижения объема (повторов) [76, 77]. При этом весь тренировочных период, как и в модели Л. П. Матвеева, делится на макроциклы (9–12 месяцев), мезоциклы (3–4 месяца) и микроциклы (1–4 недель) [78, 79]. Этим же термином «линейная модель» иногда характеризуют тренировочный процесс с постоянной нагрузкой без изменения объема и интенсивности [80].

В европейской концепции линейная периодизация оперирует известными нам четырьмя «фазами» подготовки: подготовительной, переходной, соревновательной и фазой активного отдыха. В США периодизацию силовой подготовки определяют по изменению направленности тренировочного процесса: в подготовительном периоде выделяют фазу гипертрофии, затем силы/мощности. В соревновательном периоде целью является пиковое развитие силовых возможностей и в межсезонье – восстановление [83].

В иностранной литературе также описана «обратная линейная» модель периодизации, где интенсивность нагрузки уменьшается, а объем увеличивается [79].

«Линейной» периодизации противопоставляется термин «нелинейная» периодизация, или «волновая». Нагрузка при волновой периодизации строится с высокой вариативностью, при этом и объем, и интенсивность могут меняться каждую тренировку/неделю/микроцикл [84]. Волновая периодизация может быть двух видов: ежедневная и еженедельная [85]. Считается, что частые изменения объема и интенсивности позволяют управлять соотношением нагрузки/восстановления, избегая перетренированности и, как считается, вызывая больший прирост силы. Но эта гипотеза пока не подтверждена. В волновой модели существуют варианты манипулирования еженедельной частотой тренировок и комбинацией всех переменных (частоты, объема и интенсивности) [80].

Механистическим вариантом волновой периодизации является «фрактальная» модель, где рассматриваемый период является самоподобным в любом структурном элементе, то есть макроцикл будет подобен мезоциклу,

а мезоцикл – микроциклу. В целом, идея основывается на обратной зависимости объема и интенсивности на любом уровне: макро-, мезо- и микро [81].

В работе Т. О. Бомпы использование одинаковых тренировочных нагрузок с неизменной частотой описывается как «стандартная» модель. Также рассматривается «ровная» модель, при которой объем в микроциклах не меняется. Термином «ступенчатая» модель обозначается прогрессивно увеличивающийся объем в нагрузочных микроциклах, а затем снижающийся в разгрузочном микроцикле. Такой вариант также почему-то назван традиционным, или классическим. В работах автора предлагается концепция периодизации развития силовых возможностей: в основном подготовительном периоде тренировка фокусируется на «анатомической адаптации», в специально-подготовительном периоде – на максимальной силе, в предсоревновательном периоде – на мощности и мышечной выносливости, в соревновательном периоде – на поддержании максимальной силы и мощности [45].

Описывается «суммированная модель» [48, 55, 82]. Однако ее скорее можно характеризовать как более вариативный, более интенсивный и высокоспециализированный вариант существующей линейной периодизации с жесткой схемой построения мезоциклов 3:1 и включением «ударных» микроциклов сразу после разгрузочного на специально-подготовительном или предсоревновательном этапах, что, как минимум, требует экспериментальной проверки. По крайней мере, российские тренеры в ЛЦВС такой вариант не используют (см. вторую главу).

Сравнение различных моделей периодизаций на сегодняшний день позволяет выделить только две общих характеристики. Первая – цикличность, которая может быть «календарной» или механистической – вариации привязаны к определенному числу дней/недель, или «адаптационной», которая динамически привязана к циклам объективного изменения текущего состояния данного спортсмена, проявления эффекта суперкомпенсации или отставленного эффекта. Длительность циклов определяется опытным путем для данной категории спортсменов или на основании данных объективного (например, биохимического) или субъективного контроля. Вторая – это повышение специфичности воздействия относительно требований соревновательного упражнения от начала подготовительного до начала соревновательного периода. Остальное достаточно вариативно, согласно каким-то идеям авторов. Тем не менее сложившееся мнение специалистов в области профессионального спорта заключается в понимании, что периодизация описывает общую концепцию тренировочного процесса, разделяя его на циклы, этапы и периоды подготовки. Основные положения периодизации и последующее программирование

исключают линейность, предполагая вариативность тренировочного процесса, поэтому введенный термин «линейная периодизация» является методологически ошибочным, а терминология моделей периодизации в разных странах остается несогласованной [86]. Именно поэтому выше нами определено понятие периодизации тренировочного процесса так, как это будет пониматься в данной книге.

1.1.3 Анализ современных подходов к периодизации тренировочного процесса в лыжных циклических видах спорта

1.1.3.1 Периодизация нагрузок, направленных на повышение аэробных возможностей

При всей важности прочих составляющих тренировочного процесса повышение аэробных способностей всегда было центральной темой в ЦВС, связанных с проявлением выносливости, в том числе и в вопросах периодизации. С момента опубликования книги Л. П. Матвеева в 1964 году, а до этого – успешного выступления советских спортсменов на Олимпиаде 1960-го года, в периодизации этого компонента подготовки (как минимум на уровне макроцикла, см. рисунок 1) ничего принципиально не изменилось. К такому же выводу приходят некоторые авторитетные зарубежные исследователи. Вот, например, какой вывод делает А. Крюгер в 2016 году после прочтения хорошо известной норвежской работы «Дорога к золоту»: «Тоннессен и др. (2014, 2015)… проанализировали подготовку норвежских чемпионов мира и Олимпийских игр по лыжным гонкам и спортивному ориентированию на основе фактических данных тренировок в год их наибольших успехов. Результаты ясно подтвердили теорию Матвеева: в лучшие годы их общая подготовка была действительно “общей”» [87]. Тем не менее можно добавить, что отличие периодизации норвежских лыжников от схемы Л. П. Матвеева на рисунке 1 все же существует: заметное снижение объемов низкоинтенсивной работы (первой-второй зон) на предсоревновательном этапе и в соревновательный период не сопровождалось постепенным увеличением объема высокоинтенсивной работы, если в качестве таковой рассматривать тренировку в третьей – пятой зонах. Абсолютный объем в третьей – пятой зонах оставался неизменным с начала подготовительного и до самого главного старта. Хотя их доля в общем объеме дистанционных средств действительно возросла. Если же рассматривать соотношение объемов третьей и четвертой-пятой зон интенсивности, то можно наблюдать изменения динамики строго «по Матвееву» – заметно уменьшался объем третьей зоны в пользу четвертой и особенно пятой.

Кроме этого, существенно возрастает число тренировок в пятой зоне (без учета спринта). Другими словами, по мере приближения к главному старту поляризация тренировок повышалась.

Данный вывод подтверждается анализом реальных тренировочных нагрузок в годичном макроцикле как российских, так и норвежских лыжников-гонщиков мужчин (рисунок 3) сборных команд, опубликованных нами ранее [18, 88].

Действительно, общая принципиальная схема распределения дистанционных средств подтверждает ключевой принцип распределения нагрузок – от объема к интенсивности. Причем визуально норвежцы в большей степени придерживаются этого принципа.

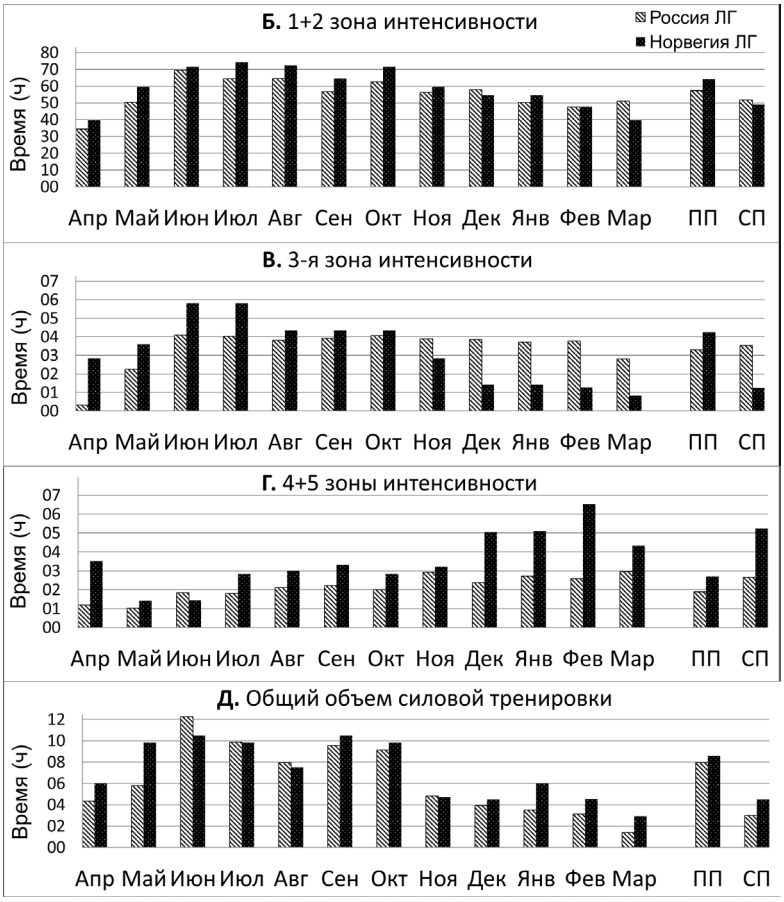


Рис. 3 – Распределение средних объемов всех видов дистанционных средств подготовки и общего объема силовых работ, выполненных в разных зонах интенсивности у российских (штриховка) и норвежских (темные столбики) лыжников высокого класса. ПП и СП – среднее время за подготовительный и соревновательный периоды, соответственно. Фрагмент из [18]

Этот вывод подтверждается данными многих других исследователей современных вариантов периодизации. Например, в ряде работ показано следующее среднее соотношение популярных в западных странах зон интенсивности (LIT, MIT, HIT) у элитных ЛГ:

– LIT (<81% ЧССмакс, лактат <2 мМ/л, до АэП) – достигает максимального объема в июне и затем снижается в два раза к марту. Составляет около 92% от времени всех циклических нагрузок аэробной направленности;
– MIT (82–87% ЧССмакс, лактат 2–4 мМ/л, между АэП и АнП) – объем растет до августа и снижается в два раза к декабрю (3% времени);
– HIT (> 88% ЧССмакс, <4 мМ/л, выше АнП) – постоянно растет до марта (5% времени) [89].

Соотношения специфических/неспецифических нагрузок неизменно с мая до августа (1:1), но к февралю меняется и достигает значений 6:1 [6, 89, 90]. В другой работе у элитной лыжницы-гонщицы в общеподготовительном периоде соотношение было 1:1, в специальноподготовительном – 5:1, в соревновательном – 9:1 [91].

В биатлоне норвежцы по не совсем понятной причине выделяют из специфических нагрузок (лыжероллерная подготовка коньковым стилем) полуспецифические нагрузки. К ним относятся тренировки на лыжах и роллерах, выполняемые классическим стилем, и поэтому соотношения представлены как специфические/полуспецифические/неспецифические. Доля специфических нагрузок в подготовке элитной биатлонистки ниже, чем в лыжных гонках, и составляет 42/20/39 в первой половине подготовительного периода и 70/18/12 в соревновательном периоде [92].

Согласно другому подходу норвежских исследователей в ЛЦВС выделяют два вида циклических нагрузок – LIT (первая-вторая зоны интенсивности по ЧСС) и HIT (третья – пятая зоны), следовательно, и периодизация тренировочного процесса представлена иначе. В подготовительном периоде (май – декабрь):

– переходный период (май) характеризуется преобладанием неспецифических нагрузок в соотношении 2:1;
– общеподготовительный этап (июнь – октябрь) – доли специфических и неспецифических нагрузок уравниваются;
– специальноподготовительный этап (ноябрь – декабрь) –соотношение специфических/неспецифических нагрузок достигает 7:1;
– соревновательный период (январь – март) – соотношение специфических/ неспецифических нагрузок 10:1 [5].

Исследование распределения различных режимов тренировок у биатлонистки мирового уровня позволяет заключить, что время, затрачиваемое на HIT (начиная с доли в 2%), возрастает в два раза от специальноподготовительного до соревновательного периодов, MIT снижается в три раза к соревновательному периоду, а LIT – в два раза [92].

У белорусских биатлонисток достижение максимальных ООЦН наблюдается в июне с постепенным снижением к ноябрю [93].

В целом, наибольшие объемы всех циклических нагрузок приходятся на июнь – август, сохраняя высокие значения до октября с постепенным снижением к концу сезона. При этом наблюдается использование более интенсивных тренировочных средств ближе к соревновательному периоду. Но пропорция специфических и неспецифических нагрузок, если под ними понимать соотношение лыжероллерной подготовки и других локомоций, как правило, остаются неизменными [94, 95, 96].

В то же время существуют данные, показывающие, что при соблюдении отмеченных выше закономерностей наиболее распространенной динамикой объемов в макроцикле спортсменов ЛЦВС является волнообразная двухпиковая – в июне/июле и октябре/ноябре [96, 97, 98, 100, 100].

На примере женской спортивной сборной команды России по биатлону Н. С. Загурский продемонстрировал модель изменения тренировочного времени (рисунок 4) [101].

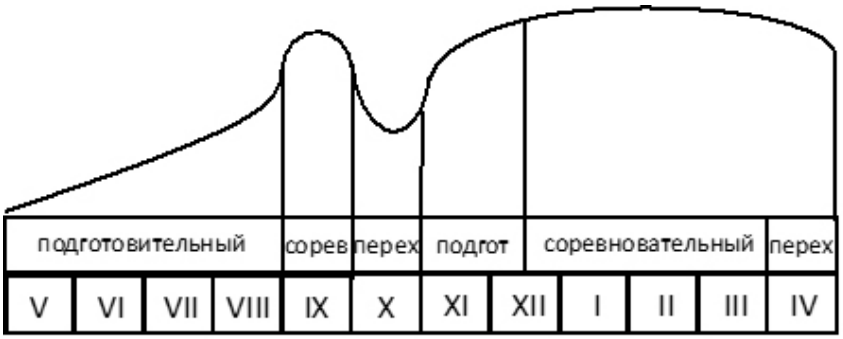


Рис. 4 – Двухцикловая модель периодизации тренировочного процесса высококвалифицированных биатлонистов [101]

Данные о нагрузках по месяцам представлены в часах, режимы работы и сочетаемость различных методов тренировки не рассматривались.

Однако следует отметить, что это – скорее гипотетическая модель, так как реальное общее тренировочное время у российских биатлонисток сборной команды примерно в тот же период, но без учета времени стрелковой подготовки, по нашим данным, было иное (рисунок 5) [1].

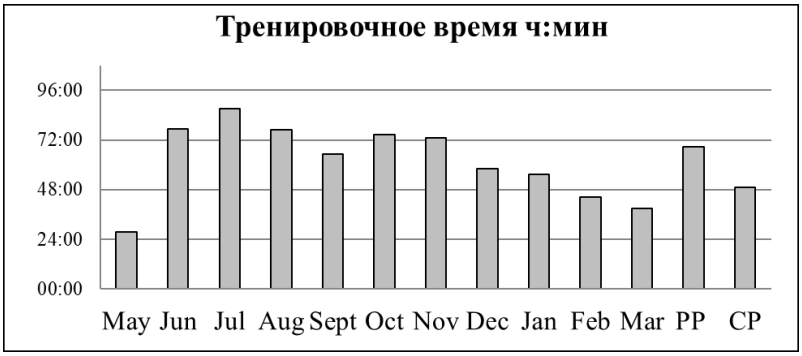


Рис. 5 – Среднее общее тренировочное время у российской женской сборной спортивной команды по биатлону за период сезонов 2014/15–2017/18 гг. РР – среднее за подготовительный период, СР – среднее за соревновательный период. Фрагмент по [1]

Понятно, что общее время физической подготовки у ЛГ и БИ, как показано в этой работе, снижается за счет уменьшения объема низкоинтенсивных и неспецифических нагрузок при волнообразном, но неуклонном возрастании доли СУ, выполняемого в зонах соревновательной интенсивности.

Таким образом, на сегодняшний день тему соотношения динамики низко/высоко интенсивных средств и специфических/не специфических средств в макроцикле у спортсменов в ЛЦВС можно считать закрытой.

Меньшая степень согласованности у специалистов наблюдается по вопросу преимуществ традиционной «пирамидальной» или «поляризованной» модели. Исследовать в сравнительных экспериментах эту тему крайне сложно. На уровне наблюдений за подготовкой ведущих спортсменов известно следующее:

- пирамидальная модель применяется норвежскими спортсменами на общеподготовительном этапе [92], российские лыжники используют данный подход в течение всего сезона [1, 88];
- поляризованная – на специальноподготовительном этапе и в соревновательном периоде [6, 89].

Если брать весь годичный макроцикл, то у норвежских юниоров ЛГ использовался поляризационный подход (LIT/MIT/HIT – 91/3/6%), а в основном составе сборной реализован подход, более схожий с пирамидальной моделью (92/4/4%) [94].

Для норвежских лыжниц-гонщиц отмечены следующие закономерности: спортсменки мирового класса применяют пирамидальную модель, а национального уровня – поляризационную [102]. В исследовании лыжниц-гонщиц и биатлонисток в сезоне 2020/2021 гг. зафикси-

рованы соотношения LIT/MIT/HIT 90,5/4,5/5%, то есть поляризованная модель [103].

Отмечается, что пирамидальная модель более характерна для ЛГ универсалов, а поляризационная – для лыжников, специализирующихся на длинных дистанциях. Отношение объемов циклических нагрузок LIT/MIT/HIT без учета силовых и скоростных тренировок составляет 83,1/4,5/3,9% и 83/3/5,5%, соответственно [104]. В биатлоне применяют такую же стратегию распределения: 80/4–5/5–6%, причем без учета спринта [105].

В работе А. И. Головачёва рассматривалась периодизация тренировок биатлонистов в трех макроциклах олимпийского цикла (2011–2014 гг.). Во всех трех сезонах применялась поляризационная модель [106].

При обсуждении моделей периодизации нельзя не остановиться на выводах, которые были сделаны некоторыми авторами при анализе работ «критиков Матвеева», и прежде всего работ В. Б. Иссурина и Ю. В. Верхошанского, а также работ западных специалистов, занимающихся проблемой периодизации (S. Plisk, T. Bompa, M. Stone и др.).

Г. А. Сергеевым на основе концепции В. Б. Иссурина теоретически предполагается, что преимущества имеет концепция блоковой периодизации, которая может позволить достигать биатлонистом четырех пиков спортивной формы в году. Первый пик – во время летнего чемпионата России и мира в сентябре, второй – Кубок мира в декабре, третий – чемпионат мира в феврале и четвертый – Кубок мира и чемпионат России в марте – апреле. Каждый этап состоит из трех мезоциклов, где в первом (накопительном) мезоцикле предполагается концентрированное развитие базовых качеств: аэробной выносливости, максимальной силы и навыков стрельбы; во втором – (трансформирующем) базовые качества преобразуются в специальные способности. На этом этапе развиваются силовая выносливость и технико-тактические навыки стрельбы. Далее, в третьем мезоцикле (реализационном), достигаются максимальная скорость передвижения и наилучшее качество стрельбы [107].

На рисунке 6 представлена обобщенная концептуальная схема, разработанная на основе существующих «альтернативных представлений» [48].

Нетрудно заметить, что «инновационная схема» хорошо укладывается в концепцию Л. П. Матвеева, представленную выше на рисунке 1. Отличием от реального распределения нагрузок лыжников-гонщиков является то, что силовая тренировка распределена в обеих командах «волновым способом» и ее пики практически совпадают с объемами низкоинтенсивной (первая-вторая зоны) аэробной тренировки.

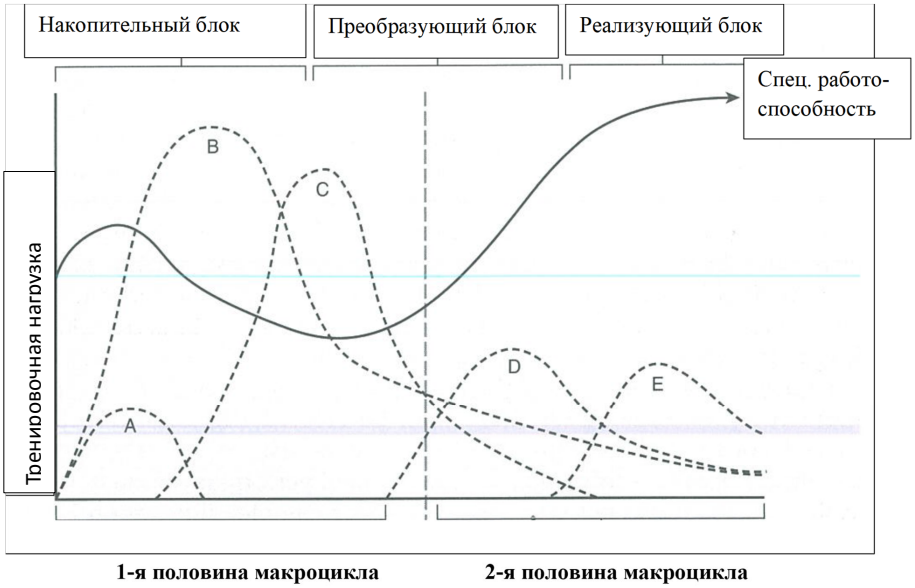


Рис. 6 – Модель периодизации в макроцикле (или законченном «блоке» по В. Б. Иссурину) для видов спорта со средними по продолжительности соревновательными дистанциями [48]

Примечания: первая половина макроцикла (концентрированный блок нагрузки)
1. Основное внимание: аэробная выносливость (B).
2. Вторичный акцент: развитие силы (C).
3. Третичный акцент: общая физическая подготовка (A).
Вторая половина макроцикла (снижение тренировочных нагрузок).
1. Основное внимание: скоростная выносливость (E).
2. Вторичный акцент: скорость (D).
3. Третичный акцент: аэробная выносливость (B).

В схеме на рисунке 6 интересным еще является кривая «специальной работоспособности» (проще – гипотетического спортивного результата). Ни один из цитированных авторов не ссылается на какие-либо данные, на основании которых эта кривая построена. Нам также неизвестны подобные исследования в ЦВС или ЛЦВС, проведенные на спортсменах высокого класса, кроме двух работ: в первой приведена динамика анаэробного порога и спортивного результата по трем точкам у гребцов [71], в другой – динамика МПК у лыжников-гонщиков [108] также по трем точкам. В обеих работах динамика показателей имеет форму насыщающейся кривой с общей положительной тенденцией от первой точки к третьей. В целом же, по результатам некоторых отечественных исследований известно, что подготовленность спортсменов, в том числе в ЛЦВС, от начала макроцикла и до предсоревновательного этапа имеет

тенденцию к улучшению практически по всем специфическим виду спорта показателям, в то время как индексы при тестировании «показателей ОФП» иногда снижаются [109, 110, 111, 112, 113]. Кроме этого, достаточно хорошо обоснованным экспериментально является положение, что в течение длительного соревновательного периода показатели даже ключевых функций (например, АнП) могут снижаться, но спортивный результат при этом может улучшаться [71, 72]. Однако детали хода адаптации в подготовительном периоде, а затем реализации накопленного потенциала в соревновательном, особенно в их взаимосвязи у квалифицированных спортсменов, изучены слабо. Наши работы являются практически единственными, выполненными на лыжниках-гонщиках высокого класса, в которых динамика этапного состояния прослежена с помесячной градацией и только в подготовительном периоде [18, 43].

Таким образом, можно сделать вывод, что кривая на рисунке 6 – это чисто умозрительная модель динамики специальной работоспособности (в терминологии А. П. Бондарчука [58]), которая была нарисована по аналогии с хорошо известными моделями динамики силовых и скоростных показателей Ю. В. Верхошанского [42], разработанными при исследовании показателей подготовленности прыгунов в длину и тройном, но не в ЦВС.

Таким образом, пока нет оснований для окончательного вывода, отражает ли эта кривая действительный процесс адаптации организма спортсмена под требования СУ в ЛЦВС или нет.

Тем не менее любая модель периодизации тренировочного процесса должна быть неразрывно связана с моделью динамики показателей подготовленности, отражающих ход адаптационных процессов, включая приобретение (совершенствование) технических навыков. То есть именно модель динамики показателей подготовленности должна использоваться в качестве критерия эффективности тренировки, как минимум, в подготовительном периоде [18]. В данном аспекте динамика хода адаптационных процессов может рассматриваться в качестве критерия выбора и распределения нагрузок в структуре циклов, детерминированных требуемым тренировочным эффектом [19].

Видимо, понимание этого требования заставляет авторов даже в относительно «свежих» работах рисовать гипотетические модели нагрузок в макроциклах, как на рисунке 7 [48].

Согласно этой схеме, в подготовительном периоде «нагрузка» практически линейно возрастает, затем стабилизируется на околомаксимальных уровнях в соревновательный период.

С учетом обсуждения модели Л. П. Матвеева возникает вопрос: что такое «нагрузка» на данном рисунке? Это объем, интенсивность, «вну-

тренняя физиологическая нагрузка» на организм или что-то другое? Авторы не уточняют. На «объем» не похоже. Интенсивность – может быть, но тогда речь идет просто о фрагменте «линейной модели» периодизации, на которой не представлен объем нагрузки.

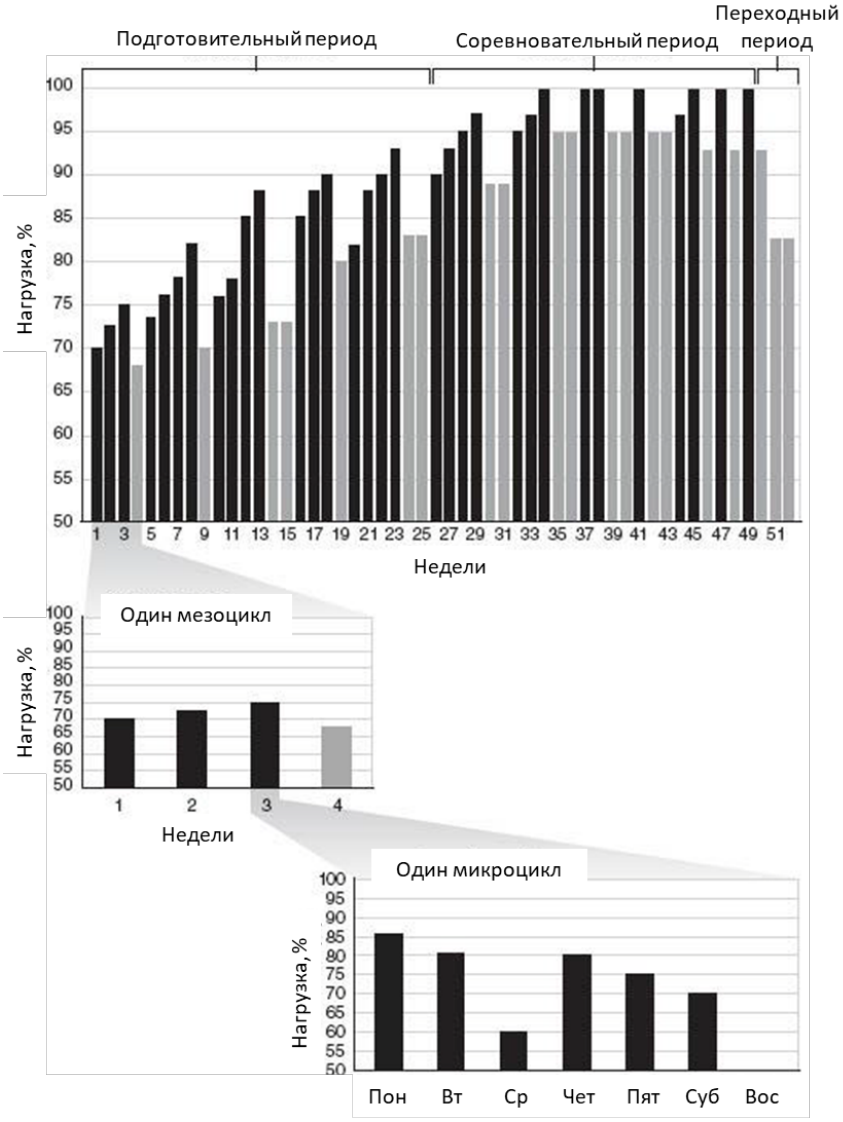


Рис. 7 – «Периодизация годичного тренировочного плана. Черные столбики – фаза, когда рабочая нагрузка (%) возрастает, а серые полосы – восстановительные микроциклы, где рабочая нагрузка заметно уменьшается. Концептуально рабочая нагрузка (%) является составной частью всех тренировочных факторов, выполняемых в течение каждого структурного элемента периодизации». Переработано по [48]

Вероятнее всего, что это – величина (степень) физиологического стресса (воздействия) на организм спортсмена («сумма тренировочных факторов» – по G. G. Haff [48]) или «тренирующий потенциал нагрузки» как возможность вызвать функциональную приспособительную реакцию и соответствующие перестройки в организме спортсмена [29].

Однако в этом случае получается, что авторы транслируют мысль, согласно которой большую часть подготовительного периода спортсмен должен тренироваться «вполсилы», а «нагрузка» в переходный период должна быть выше, чем в первые два мезоцикла подготовительного.

Такая концепция выглядит достаточно странной.

Вероятнее всего, речь идет о некой чисто умозрительной «величине тренирующего воздействия на организм», которая не отражает какое-либо реальное явление, но условно может возрастать по мере адаптации организма к нагрузкам.

На наш взгляд, пользоваться такими аллегориями некорректно, так как они могут ввести читателей в заблуждение и при некритическом подходе кто-то может сделать вывод, что действительно нагрузка должна постепенно повышаться весь подготовительный период.

Это представляется абсурдным и не соответствует современным теории и практике, согласно которым на втягивающий мезоцикл подготовительного периода отводиться от двух до четырех недель. Затем спортсмены тренируются практически на пределе своих возможностей, допуская циклические «сбросы» величины нагрузки по причинам, которые обсуждались выше при анализе концепции периодизации.

Анализ мезоциклов на рисунке 7 с этой позиции более логичен. Показано, что нагрузка должна возрастать в течение трех микроциклов, затем снижаться для достижения «суперкомпенсации». Отметим, что российские лыжники и биатлонисты строят мезоциклы иначе, по абсолютному большинству средств, кроме нагрузки в четвертой-пятой зонах [18].

Динамика «нагрузки» в микроцикле на рисунке 7 проводит идею, что после первого «ударного» дня спортсмен «отдыхает» в течение оставшихся шести дней. Это также полностью не соответствует действительности, если брать за пример структуру микроциклов российских спортсменов в ЛЦВС [18]. Таким образом, с учетом авторитета и известности цитируемых немецких авторов (Haff G.G., Haff E.E.), глубины и качества их научного обзора, а также высокого профессионального статуса организации (NSCA – Национальной ассоциации силовой и физической подготовки), издавшей данную книгу, приходится сделать вывод, что на сегодняшний день нет достаточной информации о реальной структуре и логике построения различных временных форм периодизации тренировочного процесса в теории спорта и, соответственно, в ЛЦВС.

1.1.3.2 Периодизация нагрузок, направленных на повышение силовых способностей

В настоящее время накоплен большой массив данных о положительном влиянии силовой тренировки с использованием различных силовых упражнений и их режимов на факторы специальной работоспособности и спортивный результат в ЦВС. Поэтому в сейчас можно считать хорошо установленным, что высокие силовые, скоростно-силовые и скоростные способности спортсменов в ЛЦВС, а также использование в тренировке силовых упражнений в различных режимах, могут быть существенным фактором повышения специальной работоспособности.

Однако относительно периодизации силовых нагрузок следует отметить, что на сегодняшний день в западной литературе существуют фактически только две относительно полно сформированные модели периодизации силовой тренировки.

Первая, к которой приходят, так или иначе, многие авторы для большинства видов спорта [48], – это после втягивающего периода макроцикл начинается с развития максимальной силы, затем акцент переходит к тренировке «мощности» (вероятно, речь идет о «взрывной силе» и, возможно, тренировках, направленных на МАМ), а на реализационном этапе акцент делается на скорости. Причем под скоростью можно понимать как скорость финального усилия в метаниях, так и скорость на длинных дистанциях.

Вторая, более детализированная модель, но основанная на той же концепции и лучше адаптированная для ЦВС, предлагается в работах Т. Бомпа [45] (таблица 1).

После восстановительного или переходного периода, когда применяется мало силовых тренировок, первым идет этап «анатомической адаптации», который предполагает тренировки, направленные на гипертрофию и силовую выносливость. Это способствует увеличению мышечной массы, снижению жировой массы, укреплению связочного аппарата и снижению утомляемости. Для достижения адаптации необходимо от четырех – шести недель.

Следующий этап – специально-подготовительный – направлен вначале на развитие максимальной силы, обычно продолжающийся один – три месяца. Затем следует этап развития мощности и мышечной (локальной) выносливости.

На предсоревновательном этапе и в соревновательный период решается задача поддержания достигнутых уровней силовых возможностей.

В соревновательный период объемы силовых тренировок снижаются, но практически всегда применяются для предотвращения гипотрофии соответствующих морфоструктур нервно-мышечного аппарата и поддержания силовых способностей.

Таблица 1

Модель двухцикловой периодизации нагрузок силовой направленности в плавании [45]

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Соревнование					∨						∨	
Периоды и этапы	Подготовительный			Соревновательный		Переходный	Подготовительный			Соревновательный		Восстановительный
	основной	специальный		предсоревновательный	соревновательный		основной	специальный		предсоревновательный	соревновательный	
Силовая подготовка	анатомическая адаптация	максимальная сила	мощность, мышечная выносливость			активный отдых	анатомическая адаптация	максимальная сила		мощность, мышечная выносливость		активный отдых

В отечественной литературе периодизация силовой тренировки, за редким исключением, предполагает ту же общую логику в расставлении акцентов, но чаще обращается внимание на необходимость увязывания силовой тренировки с аэробной. Вторая особенность связана с тем, что некоторыми авторами отмечается целесообразность применения упражнений на локальную силовую выносливость не только в начале макроцикла – во втягивающем мезоцикле, но и на предсоревновательном этапе.

В работах А. В. Шишкиной, на основании наблюдений за подготовкой спортсменов не самого высокого класса и теоретических предположений, видимо, на базе концепции Ю. В. Верхошанского предлагается использовать метод концентрации однонаправленных тренировочных нагрузок в нескольких последовательных однонаправленных микроциклах подготовительного периода, начиная либо с развития сердечно-сосудистой системы, либо с гипертрофии медленных мышечных волокон [114, 115].

В рекомендациях Е. А. Реуцкой подчеркивается необходимость соблюдения принципа специфичности не только для циклической (аэробной) нагрузки, но и для силовых упражнений [100].

Лонгитудинальный анализ применения силовых тренировок у российских лыжников-гонщиков высокого класса в подготовительный период в течение семи лет Н. Б. Новиковой выявил, что используется следующая последовательность акцентов силовых нагрузок:

– на гипертрофию в начале подготовительного периода;
– на максимальную силу с середины подготовительного до соревновательного периода;
– поддерживающие силовые тренировки в соревновательный период [36].

Р. Р. Галиев, анализируя силовую подготовку ЛГ мастеров спорта, предлагает следующее соотношение средств (максимальная, взрывная и скоростно-силовая нагрузка) в процентах: с мая по июнь – 40:50:5, с июня по август – 35:50:10, с августа по сентябрь – 25:55:15, соответственно. При этом период с апреля по май отводился на адаптационный период, когда применялись упражнения на силовую выносливость [116].

Детальная информация по организации тренировки элитных лыжников-гонщиков России и Норвегии на уровне годичного макроцикла проанализирована нами ранее [88]. Показано, что все виды нагрузок силовой направленности (тренировки на силу, мощность и спринт) у сильнейших лыжников имеют как схожие черты, так и отличия. В обеих командах наблюдается одинаковая динамика объемов силовой подготовки, которая нарастает от мая к июню, затем снижается к августу и снова возрастает в сентябре – октябре (рисунок 8). В течение года объем силовой подготовки организован у норвежцев в виде трех блоков («волн»): с мая по июль; в сентябре и октябре; в январе [97]. У российских спортсменов можно выделить два акцентированных этапа в подготовительном периоде: июнь – июль; сентябрь – октябрь [18]. При этом общий объем нагрузок в соревновательный период у них ниже, чем у норвежских.

По данным норвежских авторов, доля силовых и скоростных тренировок в макроцикле составляет у лыжников-гонщиков около 10%. В период с мая по июль применяется основной блок силовой подготовки, включающий тренировки на развитие максимальной взрывной силы и тренировки скоростной направленности. С августа к ноябрю объем силовой подготовки снижается на 30%, при этом происходит снижение доли тренировок на максимальную силу и возрастает количество скоростных тренировок.

В соревновательный период объем силовой подготовки продолжает снижаться. В восстановительный период силовые тренировки применяются в ограниченном количестве [2, 5].

При том, что данные изучения силовой подготовки в ЛЦВС однозначно свидетельствуют о ее широком применении, некоторые специалисты скептически оценивают ее значимость на завершающих этапах

подготовительного периода для биатлонистов высокого класса. Отмечая важность силовой подготовки в начале подготовительного периода для адаптации мышц и связок к повышенным нагрузкам и последующим тренировкам на максимальную силу для вовлечения наибольшего количества двигательных единиц в работу, авторы подчеркивают, что дальнейшее развитие силовых способностей может быть вредно и достаточно поддерживающих тренировок один раз в неделю в режиме 60% от повторного максимума по 6–12 повторений два-три подхода [117].

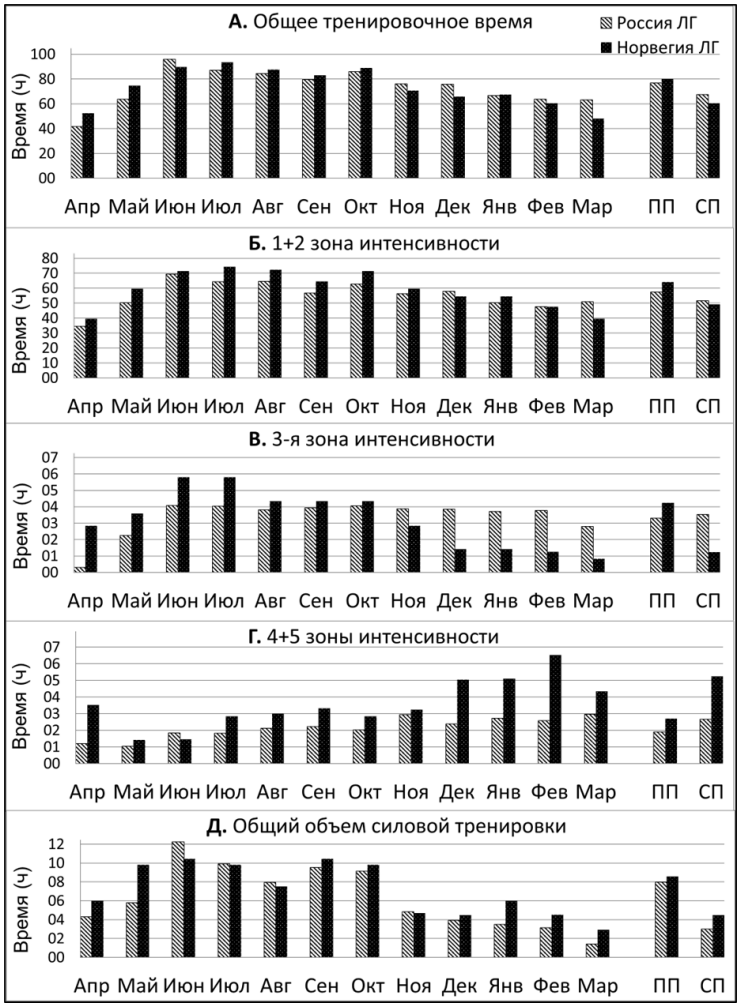


Рис. 8 – Распределение объемов циклической нагрузки разной интенсивности и общего объема силовой нагрузки у российских и норвежских лыжников высокого класса. ПП и СП – средний объем за подготовительный и соревновательный периоды, соответственно

В другой работе установлено, что в команде юниоров годичный макроцикл включал три этапа с «блоками» специальной силовой и скоростной подготовки. Первый блок, который длится с мая по июль, содержал концентрированные нагрузки, направленные на совершенствование силовой выносливости, второй блок (с июля по сентябрь) – на совершенствование скоростно-силовых возможностей и третий блок (с октября по декабрь) – на развитие локальной силовой выносливости. Наиболее распространенный тип микроцикла в подготовительном периоде длительностью семь дней включал один день отдыха в последний день микроцикла. В базовых мезоциклах каждый микроцикл имеет дни «ударной» нагрузки (как правило, второй, третий и пятый). Два ударных дня в микроцикле применялись на ранних этапах подготовительного периода. Разгрузочные тренировки – непосредственно перед ударными днями. Тренировки средней трудности проводились в последний день микроцикла. Упражнения силовой направленности применяли два раза в микроцикл на вторых (вечерних) тренировках, включая упражнения на мышцы плечевого пояса в динамическом и статическом режимах, направленных на развитие специальной силовой выносливости [13].

Анализ литературных источников показывает, что цитируемая работа К. С. Дунаева – единственная, в которой приводятся рекомендации по структуре тренировочных микроциклов у российских биатлонистов высокого класса, основанные на исследовании реальных данных по подготовке спортсменов уровня сборных (молодежной и юниорской) команд.

В нескольких зарубежных работах по использованию силовых упражнений в рамках микроциклов можно отметить следующее.

Скоростные и плиометрические тренировки применяются два-три раза в неделю в течение всего макроцикла. В период с мая по август микроцикл строится следующим образом: одна силовая тренировка с относительно большими нагрузками и малым количеством повторений (в низкоскоростных режимах) выполняется утром, при этом накануне вечером и на следующий день нагрузка носит восстановительный характер. Вторая силовая тренировка проводится через трое суток вечером в высокоскоростном режиме на развитие взрывной силы [118]. Однако в данной работе, несмотря на детальный анализ и широкую известность автора, к сожалению, нет никаких указаний на изменение структуры микроцикла или сочетания тренировочных средств, включая сочетание аэробной и силовой подготовки между собой на различных этапах общеподготовительного периода.

Микроцикл норвежских и шведских лыжников в подготовительный период продолжительностью одну неделю предполагает две силовых

тренировки в неделю [4, 119], например, в таком варианте: первая силовая тренировка в микроцикле, направленная на развитие максимальной силы плечевого пояса, гипертрофии и стабилизации мышц туловища, выполняется после низкоинтенсивной циклической работы, применяемой накануне вечером; вторая тренировка может быть объединена с плиометрическими упражнениями на нижние конечности и применяться после низкоинтенсивной циклической [2, 97]. В соревновательный период занятия силовой направленности применяются во вторую тренировку первого дня микроцикла после низкоинтенсивной утренней. Направленность силовой тренировки такая же, как и в подготовительный период.

В другой работе норвежских авторов отмечается, что периодизация силовой подготовки в микроциклах в последние годы изменилась, и в мужских сборных командах Норвегии, Швеции и России она отличается по периодам и может сочетаться с нагрузками циклического характера в одной тренировочной сессии. В общеподготовительный период выполняются две силовых тренировки, как правило, во второй половине дня, после циклической низкой и средней интенсивности. Силовые тренировки разделены двумя днями. В специально-подготовительный период силовая тренировка выполняется один раз в микроцикл не ранее, чем через 18 часов отдыха после продолжительной циклической нагрузки средней интенсивности. В соревновательный период направленность силовой подготовки заключается в поддержании силовой выносливости, а также силы и локальной выносливости мышц стабилизаторов туловища. Тренировка выполняется как отдельное занятие после среднеинтенсивной циклической нагрузки [6, 18].

Основная часть исследований по силовой подготовки выполнена на мужчинах – гендерные различия освещены в меньшей степени. Тем не менее считается, что с учетом морфологических и физиологических различий тренировка силовой направленности у женщин должна отличаться от таковой у мужчин [2, 120, 121, 122, 123, 124].

Действительно, из работы A. M. Hegge известно, что лыжницы выполняют объем силовых тренировок в подготовительный период на 54% меньший по сравнению с мужчинами [122]. В работе, описывающей тренировки выдающейся норвежской лыжницы М. Бьорген, приводятся данные, согласно которым процентное отношение силовой подготовки ниже, чем у мужчин, и составляет: силовой подготовки – 8%, спринтерских тренировок – 1% [89]. Если же рассматривать только подготовительный период с мая по октябрь, то доля силовых и скоростных тренировок несколько выше – 11% и 2%, соответственно [102]. Данные подготовки российских лыжниц-гонщиц указывают на бóльшие объемы выполняемой

работы, направленной на развитие силовых (12%) и скоростно-силовых возможностей (8%) [100]. Но здесь возникают вопросы к методике подсчета объемов и классификации нагрузок.

Работ, направленных на научно-методическую разработку периодизации тренировочных нагрузок для женщин в ЛЦВС, очень мало.

Разработанная Е.А. Шагаровой методика подготовки лыжниц-гонщиц высокого класса предполагает использование одной тренировки силовой направленности каждые четыре дня в подготовительный период и одной в неделю в соревновательный. Кроме этого, один-два раза в неделю используются круговые тренировки на мышцы-стабилизаторы [100, 125, 126]. Подготовительный период с мая по сентябрь должен подразделяться на несколько этапов, в которых тренировки должна иметь следующие акценты:

1) с мая по середину июня – на анатомическую адаптацию и гипертрофию мышечных волокон;
2) с середины июня до середины июля – на гипертрофию мышечных волокон;
3) с середины июля до середины августа – на развитие максимальной и взрывной силы;
4) с середины августа до середины сентября – на гипертрофию мышечных волокон;
5) с 11 сентября по конец октября – на развитие максимальной и взрывной силы.

В предлагаемой последовательности силовой подготовки выделяются три периода, направленные на гипертрофию, и два периода – на развитие максимальной и взрывной силы.

Анализ тренировочных нагрузок в исследовании соревновательного периода лыжниц-гонщиц высокой квалификации, проведенном Н. Г. Ситник, позволил сделать вывод, что построение микроциклов должно включать в себя разнообразное сочетание средств дистанционной тренировки и статодинамический упражнений, которые планируются на первый и четвертый дни недельного микроцикла. Кроме того, на второй день выполняются упражнения аэробно-силовым методом [127].

Опубликована только одна работа, в которой сравнивается периодизация подготовки в макроцикле у мужчин и женщин – биатлонистов. [1]. Получено, что они имеют схожую динамику нагрузок с пиковыми объемами нагрузок разной интенсивности в июне и июле. Вторым интересным результатом было то, что годовая динамика нагрузок биатлонистов не отличалась от динамики лыжников-гонщиков, но последние имели достоверно большие объемы высокоинтенсивной (на максимальную силу) силовой тренировки.

1.1.4 Проблема сочетаемости тренировочных нагрузок различной направленности в структурных единицах периодизации

Хорошо известно, что эффекты тренировочных упражнений зависят не только от их направленности (выбора средств), методов применения и величины нагрузки на организм спортсменов, но и от их сочетания между собой. Этот феномен может быть обозначен как эффект взаимосодействия, или наоборот – конкурентных отношений. Например, хорошо известен «парадокс Хиксона» о конкурентном взаимодействии аэробной и силовой тренировки [128]. Наоборот, силовые упражнения высокой интенсивности, но небольшого объема, выполняемые в начале занятия, могут давать «эффект потенцирования», улучшая возбудимость нервных центров и повышая, тем самым, эффективность последующей тренировки [129]. На этом, в частности, основан «контрастный метод» развития силы [18]. Такой эффект может пролонгироваться и на следующий день. В то же время среди тренеров популярны представления, что силовые упражнения, выполняемые с низкой скоростью сокращения мышц в течение некоторого периода, повышая «силу», могут «замедлять» спортсменов. Это приводит к снижению эффективности проявления скоростных способностей, сказывается на биомеханике движений, в циклических видах спорта может ухудшаться экономичность [43]. В этой связи считается, что наиболее эффективны однонаправленные занятия [18]. На этой закономерности основана концепция «блоковой периодизации» Ю. В. Верхошанского и его последователей, описанная выше.

Однако в ЛЦВС, как и в большинстве других, для повышения специальной работоспособности требуется применение разнонаправленных по своим эффектам средств тренирующих воздействий. Поэтому существует проблема выбора оптимальных сочетаний тренировочных нагрузок на уровне отдельных структурных элементов периодизации тренировочного процесса – прежде всего упражнений аэробной и силовой направленности, а также их сочетания с использованием соревновательного упражнения.

Эта идея неоднократно подчеркивалась во многих работах, посвященных периодизации [29, 54, 67, 130]. В этой связи выглядит неожиданным очень незначительное число работ, в которых эта тема изучалась. Причем в большинстве случаев это учебно-методические материалы, где приводятся «мнения специалистов», но без ссылок на теоретические или экспериментальные основания сделанных практических рекомендаций. Наиболее приближенный к специфике ЛЦВС собирательный пример таких рекомендаций приведен в таблице 2.

Таблица 2

Совместимые тренировочные воздействия в рамках мезоциклов [48]

Доминирующий (первичный) тренировочный акцент	Совместимые тренировочные факторы
Аэробная выносливость	тренировка силы и выносливости
	тренировки максимальной силы
	анаэробная тренировка на выносливость
	техническая и тактическая тренировка (если это делается в первую очередь)
Анаэробная выносливость	тренировка силы и выносливости
	аэробно-анаэробная смешанная тренировка на выносливость
	тренировка силовой выносливости
	спринт (ловкость)
	тренировка взрывной силы / мышечная сила
	тренировка мышечной силы
	техническая и тактическая тренировка (если это делается в первую очередь)
Спринтерские способности	тренировка максимальной силы
	плиометрическая подготовка
	тренировка взрывной силы / мышечная сила
	тренировка ловкости
	техническая и тактическая тренировка (если это делается в первую очередь)
Максимальная сила	спринтерская тренировка
	тренировка ловкости
	тренировка взрывной силы / мышечная сила
	тренировка анаэробной выносливости
	техническая и тактическая тренировка (если это делается в первую очередь)
Взрывная сила/ мышечная сила	спринтерская тренировка
	тренировка ловкости
	тренировка максимальной силы
	плиометрическая подготовка
	техническая и тактическая тренировка (если это делается в первую очередь)
Техническая	любой акцент до тех пор, пока он выполняется перед другими тренировочными воздействиями
Тактическая	любой акцент до тех пор, пока он выполняется перед другими тренировочными воздействиями

В рамках обозначенной проблемы относительно полно изучен вопрос так называемых «конкурентных тренировок» различной направленности на силовые и аэробные возможности, но результаты нескольких метаанализов сильно отличаются и противоречат друг другу.

На молекулярном уровне показаны изменение биогенеза митохондрий и снижение экспрессии PGC-1α при применении конкурентных тренировок [131], это должно приводить к снижению показателей выносливости. Однако в целом фиксируется положительный эффект, но достаточно публикаций как с отрицательным результатом, так и без достоверных изменений [132, 133].

Что касается силовых возможностей, то считается, что конкурентные тренировки могут оказывать негативное влияние через антагонистические внутриклеточные сигнальные механизмы. Активация AMPK при упражнениях на выносливость ингибирует активность mTOR и его последующих целей [134].

Однако для оценки реальных эффектов необходимо учитывать множество переменных: длительность тренировочного воздействия; тип циклической и силовой нагрузки; тип мышечного сокращения (концентрическое/эксцентрическое); продолжительность, соотношение, частоту и очередность тренировок, интервал отдыха между тренировками, статус тренированности, возраст и пол испытуемых, вид спорта, генетические особенности, питание и др. [135, 136, 137, 138, 139, 140].

Метаанализ Y. Chen с соавт. по эффективности сочетания тренировок на силу и выносливость исследовал несколько ключевых факторов: тип циклической нагрузки (непрерывный – MIT и интервальный – HIT), тип преимущественного мышечного сокращения (езда на велосипеде/бег – концентрическое/эксцентрическое сокращение), продолжительность, частоту тренировок, интервал отдыха между тренировками на выносливость и силу, тип силовой тренировки (максимальная/взрывная сила). В результате выделено два вида взаимодействия на уровне микро- и мезоциклов:

1) отрицательное (интерференция) – эффект тренировки силы после тренировки на выносливость снижается или отсутствует, если мышечный гликоген не восстановлен. Этим обосновывают низкую эффективность сочетания MIT с силовой тренировкой, так как MIT значительно снижает концентрацию гликогена;
2) положительное (синергетическое) – HIT, в отличие от MIT, усиливает рекрутирование высокопороговых ДЕ, увеличивает скорость синтеза белка. Это может вызывать прирост силовых возможностей и увеличение площади поперечного сечения (ППС).

Поэтому основным выводом работы является заключение о преимуществе сочетания HIT в форме бега с тренировками на развитие максимальной/взрывной силы или гипертрофии для увеличения максимальной и взрывной силы ног. При этом длительность отдыха между тренировками может быть различной (от объединения в одно занятие до 24-часового интервала) [139].

В противовес этим данным выступают результаты A. Markov et al., показавших негативное влияние аэробных тренировок на последующее проявление силовых возможностей при их сочетании в одном и том же занятии. На этом основании исследователи рекомендуют не совмещать в одном занятии силовые тренировки с циклическими как средней, так и высокой интенсивности, чтобы исключить эффект интерференции [141].

Также показано, что для комбинированных тренировок по динамике прироста максимальной силы и пиковой мощности время суток (утро или вечер), не значимо, но этот фактор значим для гипертрофии. Вечернее время предпочтительней для увеличения ППС, а показатели выносливости не меняются в зависимости от времени выполнения тренировок.

Однако два обзора показали отсутствие негативного влияния на развитие максимальной силы или гипертрофии. Только в отношении увеличения взрывной силы и мощности отмечено отрицательное влияние конкурентных тренировок. Следует отметить, что в анализируемых работах не учитывалась степень адаптации к видам тренировок, а в выборку были включены спортсмены, тренирующиеся как на выносливость, так и на силу [135, 136]. Одним из главных выводов этих исследований является заключение, что применение упражнений на силу и выносливость в одном занятии или в один день на разных занятиях не только не ухудшают, но и могут усиливать эффект гипертрофии. Делается вывод, что на сегодняшний день не существует объективных доказательств, демонстрирующих отрицательное воздействие конкурентных тренировок на силу, мощность, градиент силы и степень гипертрофии [142, 143, 144, 145].

Также не сформировано единого мнения относительно влияния вида локомоции (беговая или велосипедная) на эффективность улучшения силовых возможностей и гипертрофии мышц. Нет ясности по частоте тренировок, статуса тренированности и возраста. С одной стороны, существуют данные, показывающие низкую значимость вышеперечисленных факторов [135], с другой – исследователи отмечают плюсы выбора велосипедной тренировки, биомеханически менее травматичной, с активной концентрической фазой. При этом показана высокая отрицательная корреляция частоты и длительности аэробных тренировок с адаптивными реакциями в отношении силы, гипертрофии и мощности [136].

Весомым, но не до конца изученным фактором являются гендерные различия в реакциях адаптации на параллельные тренировки силы и выносливости. Не зарегистрировано гендерных различий для реакции показателей силы, мощности или выносливости, только у мужчин зафиксирован эффект интерференции при параллельных тренировках для развития максимальной силы [137, 146, 147, 148].

Показано, что значимым фактором является уровень тренированности: чем ниже, тем меньше негативные эффекты конкурентных тренировок на силовые возможности. И обратная зависимость для показателя МПК: чем ниже тренированность, тем выше отрицательный эффект [138, 149].

При исследовании влияния двух последовательностей выполнения тренировок «выносливость+сила» и «сила+выносливость» показано, что второй вариант лучше для улучшения силовых возможностей, однако обе комбинации приводят к росту МПК [150, 151].

В отношении влияния силовых нагрузок на показатели выносливости данные более согласованы – отрицательное влияние имеет место, так как существуют факторы силовой тренировки, которые могут понижать аэробную работоспособность (например, время до утомления в тесте) на 24–72 часа и больше, а также отрицательно влиять на экономичность движений [152]. Это объясняется изменением модели рекрутирования нейронов, снижением эффективности движения из-за нарушения биомеханики локомоции, отставленными мышечными болями и уменьшением концентрации гликогена в мышцах [153]. Это не позволяет выполнять тот же объем нагрузки на выносливость или быстрее приводит к истощению организма.

Но при анализе реального эффекта необходимо учитывать фактор длительности воздействия – при длительности менее шести недель эффект интерференции может не успеть проявиться. Также очевидно, что основными факторами, влияющими на эффективность комбинированной тренировки, являются последовательность занятий, периоды отдыха между конкурентными тренировками, объем и интенсивность.

Основанными рекомендациями по оптимизации организации конкурентных тренировок при необходимости улучшения силовых показателей являются:

1) спринтерские тренировки – альтернатива силовым, без негативных последствий для показателей выносливости;
2) если параллельные тренировки направлены на одну и ту же группу мышц и если силовые занятия предполагают большую нагрузку, то целесообразно аэробную тренировку проводить минимум за восемь часов до силовой;

3) последовательность «сила+выносливость» предпочтительна для развития максимальной силы нижних конечностей, а «выносливость+сила» – для увеличения времени до утомления и максимальной аэробной скорости;
4) для гипертрофии мышц необходим отдых между тренировками 6–24 часа;
5) комбинация «HIT утром + минимум три часа отдыха + сила» дает возможность восстановить активность AMPK и SIRT1 и избежать негативных последствий;
6) сочетание «LIT (не истощающая запасы гликогена) + сила (сразу после LIT)» не снижает адаптации к силовой тренировке, но приводит к улучшению показателей выносливости [154, 155, 156];
7) по уровню интерференции бег является самым сильным триггером из-за преобладания эксцентрического режима в локомоции [157, 158].

На эффективность показателей выносливости при параллельных тренировках влияют несколько переменных:

1) однократные силовые нагрузки оказывают отрицательное влияние на показатель «время до утомления» и на экономичность в течение 24 часов. Однако есть исследование, где 24-часовой отдых улучшал МПК [159];
2) последовательность выполнения тренировок «сила+выносливость» вызывает эффект накопления утомления от силовых упражнений и снижение адаптации к аэробным тренировкам, а «выносливость+сила» предпочтительнее [160, 161];
3) интенсивность силовой тренировки с нагрузкой ≥ 80% ПМ уменьшает время до утомления в тесте и снижает эффективность последующей аэробной тренировки до 96 часов, вызывая повреждение мышц, повышение концентрации креатинкиназы и отставленные мышечные боли. Точно так же тренировки в эксцентрическом режиме или плиометрические тренировки снижают качество последующей тренировки выносливости на срок до 48 часов [162, 163, 164];
4) объем силовых упражнений в меньшей степени влияет на последующую эффективность тренировки на выносливость. В частности, тренировки на гипертрофию и силовую выносливость (меньшие по интенсивности, но большие по объему) к интерференции приводят, но эффект проявляется от 24 до 36 часов [165, 166];
5) отрицательное влияние силовой тренировки сильнее сказывается на более интенсивных тренировках на выносливость, т.к. именно быстрые МВ рекрутируются в обоих видах тренировок, в них

в большей степени исчерпываются запасы гликогена и проявляется микротравмирование [167, 168];

6) бег и лыжные гонки, как более энергозатратные локомоции по сравнению с велосипедом, плаванием или греблей, требуют большего времени для восстановления [157, 158].

В целом же, несмотря на очевидную важность этого вопроса, имеет место недостаточная изученность сочетаемости упражнений, выполняемых с различными режимами сокращения мышц и, соответственно, с различным ожидаемым тренировочным эффектом. Это явилось основанием для проведения нами специального исследования, материалы которого приведены в разделе 2.3 настоящей книги.

1.2 Физическая подготовленность спортсменов в ЛЦВС

1.2.1 Основные тренировочные эффекты в подготовке спортсменов в лыжных циклических видах спорта

Специальная работоспособность спортсменов в ЛЦВС при выполнении соревновательного упражнения (СУ) напрямую зависит от развития выносливости. Проявление выносливости связано с функциональной мощностью всех систем энергообеспечения, а их реализация в движении – со строго определенными параметрами работы нервно-мышечного аппарата спортсмена (НМА) при выполнении СУ (лыжных ходов в вариативных внешних условиях).

Как показывают исследования в ЛЦВС, в зависимости от способа классификации нагрузок 85–94% тренировочного времени посвящается (условно) повышению мощности систем энергообеспечения, прежде всего аэробной, а 6–15% – на приведение свойств НМА (условно) в соответствие с требованиями СУ для эффективного решения двигательной задачи путем использования силовых упражнений [1, 5, 88, 89, 169]. При этом вопросы координационной, технической, тактической, психологической подготовки, восстановления и другие решаются, как правило, по ходу выполнения указанных двух основных групп упражнений.

Таким образом, все циклические и все разновидности силовых, координационных, технических и других средств тренировки служат цели повышения выносливости спортсмена применительно к СУ, которое должно будет (во время гонки) выполняться в совершенно конкретных, но очень вариативных условиях соревновательной деятельности.

Следовательно, разделение тренировочных нагрузок по направленности чисто условно и служит задачам:

– программирования тренировочного процесса (определение общих и частных задач подготовки, выбор адекватных средств и методов, разработка периодизации нагрузок и разработка организационного плана спортивных мероприятий), которое завершается документом под названием Индивидуальный план подготовки спортсмена (ИПП);
– комплексного педагогического контроля (КПК) для текущей коррекции и итоговой оценки эффективности ИПП, что необходимо для повышения успешности подготовки в последующих периодах [61].

При проведении КПК использование отдельных показателей функциональной (обеспечивающих систем), двигательной (НМА), технической (биомеханические параметры движений), тактической (например, «раскладка» по дистанции, тактические ускорения и т.п.) и других видов подготовленности, при одновременном анализе нагрузок, часто лучше решает задачи управления подготовкой, чем ориентация исключительно на спортивный результат как интегральный показатель.

Подчеркнем, что КПК служит еще одной важнейшей задаче – объективизации и формализации хода и результатов тренировочного процесса. Анализ таких данных, во-первых, позволяет тренеру «накопить опыт» даже в том случае, если он использует свою собственную (часто субъективную) систему оценок, во-вторых, служит целям научных исследований. Результатом таких исследований является, например, возможность публиковать научно-методические и учебные материалы, смысл которых, опять-таки, – расширять багаж знаний и подсказывать специалистам новые идеи, проверка которых на практике в конечном итоге и является главным условием дальнейшего повышения эффективности тренировочного процесса в спорте.

В данном разделе обсуждаются результаты исследования тренировочных эффектов в отношении физической подготовленности.

Хорошо известно, что спортсмены в разных ЛЦВС достигают околопредельных физиологических и биохимических показателей, обеспечивающих максимальную работоспособность при работе с субмаксимальной (ниже МПК), максимальной (на уровне критической мощности) и супрамаксимальной (выше МПК) интенсивностью. К ним относят такие показатели, как МПК, ПАНО, кислородный пульс (О2-пульс), максимальный минутный объем кровообращения (МОК), ударный объем сердца (УО), максимальную легочную вентиляцию (МЛВ), объем циркулирующей крови (ОЦК) и эритроцитарную массу, гипертрофию (ППС) окислительных мышечных волокон и их капилляризацию в основных

мышцах, у спринтеров – пиковые значения лактата в крови, некоторых параметров работы нейро-эндокринной системы и др. [2, 8, 62, 170, 171, 172, 173, 174, 175].

Такая направленность подготовки и, соответственно, тренировочные эффекты подготовки в ЛЦВС хорошо известны и не нуждаются в дополнительных комментариях кроме одного аспекта, который, в том числе, будет обсуждаться далее в этой книге. Это вопрос реализации функциональных возможностей спортсмена на соревновательной дистанции.

Интерес к этой проблеме длительное время поддерживается как минимум двумя хорошо известными фактами: зафиксированные пиковые значения аэробных и других традиционных характеристик выносливости у элитных спортсменов уже несколько десятилетий не изменяются, а спортивные результаты растут во всех ЦВС; чемпионы на тех или иных дистанциях крайне редко демонстрируют рекордные показатели в лабораторных тестах. Причем чем выше квалификация спортсменов, тем слабее положительные корреляционные связи их функциональных показателей со спортивным результатом.

Другими словами, при всей важности максимальной аэробной мощности и других подобных характеристик существуют иные факторы подготовленности с оптимизацией воздействия, с которыми связывают дальнейший прогресс результативности.

Прежде всего речь идет о силовой и технической подготовке.

Никогда не было сомнений в их важности. Но в настоящее время интерес к ним снова возрос, причем в ракурсе их взаимообусловленности. Действительно, если высокие функциональные возможности обеспечивающих систем позволяют бежать долго, то способ решения двигательной задачи, традиционно называемый «спортивная техника», напрямую связан со свойствами НМА, которые у спортсменов высокого класса в долговременном аспекте могут быть изменены прежде всего под воздействием целенаправленной силовой тренировки.

Основные аспекты использования силовых упражнений в ЦВС подробно рассматривались в нашей предыдущей работе [18]. В этой книге более подробно рассматривается вопрос влияния силовой тренировки на биомеханические параметры движений, в частности, в связи с периодизацией подготовки в ЛЦВС.

Но вначале в качестве введения в проблему необходимо коротко представить основные эффекты применения нагрузок силовой направленности. Известно, что включение тренировок силовой направленности оказывает положительный эффект на факторы специальной работоспособности и спортивный результат и, в частности, на:

– механическую эффективность и экономичность. Это связывают с изменением соотношения типов мышечных волокон (МВ) в сторону более медленных и, как считается, более экономичных МВ, например переходом волокон типа IIB в IIA; большей силой максимального произвольного сокращения, которая позволяет бежать, используя в большей степени окислительные МВ; повышением скорости развития усилия (градиента силы) и увеличением жесткости мышечно-сухожильных комплексов, которые позволяют лучше использовать энергию упругой деформации [22, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182];
– биомеханические параметры движения спортсменов, которые, в свою очередь, также могут положительно отражаться на экономичности [12, 183, 184, 185];
– скоростные и анаэробные возможности спортсменов [20, 21, 186, 187];
– возможность снижения общего объема тренировочной нагрузки без снижения эффективности соревновательной деятельности [9, 22];
– поддержание высокой специальной работоспособности на протяжении длительного соревновательного периода, так как известно, что эффект даже длительных силовых тренировок начинает снижаться уже через три-четыре недели после их прекращения [1, 188].
– в некоторых исследованиях отмечается, что определенные средства и методы силовой тренировки позволяют повысить эффективность аэробной тренировки [39, 187], в частности, МПК [189]. Тем не менее в настоящее время считается, что возможность повышения собственно аэробных способностей спортсменов (например, анаэробного порога и МПК) средствами силовой подготовки надежно не подтверждена [22, 25, 189, 190]. Нам известна только одна работа, в которой показан существенный прирост МПК после шести недель экспериментальной силовой тренировки высококвалифицированных лыжников-гонщиков [189]. Для лыжниц-гонщиц юниоров женской команды также продемонстрировано положительной влияние силовой подготовки на показатели МПК, однако для мужской команды такой зависимости не зафиксировано [191];
– повышение предельной скорости в ступенчатом тесте и время удержания субмаксимальной мощности нагрузки, которое обозначают как «замедления наступления усталости», без изменения МПК и АнП [20, 192, 193].

Обзор работ, посвященных сочетаниям нагрузок силовой направленности двух типов (тренировка на максимальную и взрывную силу) с тренировками на выносливость, выявил две основные тенденции:

1) тренировки на максимальную силу улучшали экономичность при беге на лыжах;
2) тренировки взрывной силы улучшали скорость развития усилия, время на спринтерских и длинных дистанциях, также положительно сказываясь на экономичности, не вызывая нежелательной гипертрофии [192].

При дифференциальном анализе положительный эффект силовой подготовки отмечен [132, 189, 191, 194]:

– после тренировок на максимальную силу наблюдались:
  1) увеличение пиковой мощности и мощности локомоций на уровне 4 ммоль/л;
  2) уменьшение времени достижения пиковой силы при отталкивании;
  3) увеличение времени до наступления утомления при неизменной частоте движений в ОБШХ;
  4) улучшение экономичности;
  5) уменьшение времени прохождения соревновательной дистанции;
  6) увеличение МПК;
  7) снижение дыхательного коэффициента;
  8) снижение оценки тяжести нагрузки по шкале Борга;
  9) повышение взрывной силы;
– после спринтерских тренировок:
  1) повышение механической эффективности;
  2) увеличение средней и пиковой мощности при ОБШХ;
  3) повышение средней силы и импульса отталкивания;
  4) увеличение частоты движений;
  5) снижение концентрации лактата при стандартной мощности;
  6) увеличение МПК;
  7) увеличение времени до наступления утомления;
– после тренировок на взрывную силу:
  1) повышение средней скорости при прохождении дистанции ОБШХ;
  2) улучшение экономичности.

В то же время оригинальные и обзорные исследования влияния тренировок силовой направленности на работоспособность лыжников длительностью 6–12 недель указали на факты возможной неэффективности или разнонаправленности влияния силовых тренировок с частотой 2–7 тренировок в неделю на прирост функциональных возможностей и результативность спортсменов [25, 132, 189, 194]. В этих работах выявлен ряд показателей, которые могут оставаться без изменений:

– после тренировок на максимальную силу:
  1) МПК и пиковая концентрация лактата;
  2) время прохождения соревновательной дистанции;
  3) пиковая мощность при одновременно бесшажном ходе;
  4) экономичность;
  5) кислородная стоимость выполняемой работы;
  6) ЭМГ активность;
  7) концентрации лактата и ЧСС на субмаксимальных скоростях;
– под воздействием спринтерских и скоростно-силовых тренировок:
  1) экономичность;
  2) время прохождения соревновательной дистанции;
  3) кислородная стоимость нагрузки;
  4) время до наступления утомления в ступенчатом тесте.

Анализируя приведенные исследования, можно заключить, что хотя неоднократно показано, что силовые, взрывные и скоростно-силовые способности, а также силовая тренировка различной модальности являются факторами, влияющими на результат спортсменов высокого класса в ЛЦВС, существуют противоречивые данные, которые не позволяют дать ясный ответ на вопрос об эффективности применения силовых упражнений в отношении результативности, аэробных способностей, ключевых компонентов техники спортсменов и, главное, однозначно определить характеристики эффективной методики силовых тренировок применительно к различным дистанциям, лыжным ходам и категориям спортсменов, в частности, в свете наличия, обсуждаемого выше фундаментального противоречия, согласно которому имеют место конкурентные взаимодействия между гипертрофическим эффектом силовых тренировок и повышением окислительного потенциала мышечных волокон, названный «парадоксом Хиксона». Тем не менее противоречием является то, что, как недавно показал выполненный нами мета-анализ, «парадокс Хиксона» совершенно не мешает спортсменам во многих ЦВС иметь ППС мышечных волокон, особенно окислительных, выше, чем у спортсменов силовых видов спорта. То есть окислительные способности мышечных волокон и гипертрофия волокон I и IIA типов могут повышаться одновременно [62]. Интереса добавляет факт, что данные, указывающие на существование конкурентных взаимодействий между тренировкой нервно-мышечного компонента силы и применением аэробных упражнений даже в больших объемах, в научно-методической литературе очень противоречивы (см. раздел 1.1.4).

В этой связи неоднократно высказывалось мнение, что проблема не в увеличении силы мышц как таковой, особенно у спортсменов высокого

класса, а в эффективности ее реализации в соревновательном движении [18, 58, 68, 195]. Решение последней задачи лежит в плоскости выбора адекватных средств, методов силовой подготовки, а также их сочетаний и распределения во времени, то есть периодизации тренировочного процесса, в частности, влияния системы силовой подготовки на технику спортсменов.

1.2.2 Динамика физической подготовленности

Важно иметь высокие показатели функциональных возможностей и двигательных способностей, однако не менее важно достичь их оптимальных значений в нужное время. Причем не очевидно, что их пик должен совпадать с моментом достижения спортивной формы. Например, согласно закону (принципу) специфичности тренировочного эффекта [196], в наибольшей степени будут возрастать показатели тренируемой на данном этапе функции, но с учетом проявления законов суперкомпенсации (действующего в краткосрочном периоде один – семь дней) и отставленного (кумулятивного) тренировочного эффекта (проявляющегося в течение одного-двух месяцев). То есть какие-то показатели функциональных возможностей и двигательных способностей могут достигать пика раньше или позже, например, момента главного старта, и это не недостаток программирования подготовки, а оптимум. Кроме этого, известно, что в макроцикле и в многолетней подготовке спортивный результат может возрастать, при том что даже ключевые показатели аэробных и кардиореспираторных функций в ЦВС могут снижаться или не изменяться [71, 72, 197].

Таким образом, нужен критерий, когда и какой тренировочный эффект должен быть получен для того, чтобы «результирующая функция» (то есть спортивный результата) имела не только максимальное значение, но и была достигнута в нужное время.

Эта идея многократно высказывалась.

Тем не менее в научной и методической литературе имеется много рекомендаций по распределению нагрузок, а также предлагаются кривые «специальной работоспособности» или гипотетического спортивного результата, подобные той, которая приведена выше на рисунке 6 [48]. Проблемой является то, что эти авторы, так же как и другие, которые предлагали гипотетические графики, не ссылаются на какие-либо данные, на основании которых такие кривые строятся.

Совсем мало информации по фактической или должной динамике показателей тех компонентов функций организма, из которых целевая функция (мощность «соревновательной двигательной системы» по П. К. Анохину) должна складываться. Нам известно только несколько

работ, выполненных на велосипедистах [198], гребцах [71], лыжниках-гонщиках [108]. Их особенностями является то, что они построены по трем точкам, а динамика показателей имеет форму насыщающейся кривой с общей положительной тенденцией от первой точки к третьей. Точно так же по результатам некоторых отечественных исследований известно, что подготовленность спортсменов, в том числе в ЛЦВС, от начала макроцикла и до предсоревновательного этапа имеет тенденцию к улучшению практически по всем специфическим виду спорта показателям, в то время как индексы при тестировании «показателей ОФП» иногда снижаются [109, 110, 111, 112, 113].

И совсем отсутствует экспериментальная информация о том, как тот или иной «блок нагрузки» сказывается на амплитуде и экстремумах не только «целевой функции» – спортивного результата, но и тренируемых систем организма. Исключением являются работы Ю. В. Верхошанского, которому изучение подобных закономерностей позволило обосновать систему «блоков» [42].

Другими словами, наверное, справедливым будет утверждение, что в ЦВС и ЛЦВС детали хода адаптации в подготовительном периоде, а затем их реализации в соревновательном периоде у квалифицированных спортсменов изучены слабо. Наши работы являются практически единственной попыткой проследить помесячную градацию динамики этапного состояния у лыжников-гонщиков высокого класса по комплексу показателей и только в подготовительном периоде [18, 43]. Причем их вид совсем не похож на упомянутую кривую на рисунке 6.

Таким образом, можно сделать вывод, что авторами представляется чисто умозрительная модель динамики специальной работоспособности (в терминологии А. П. Бондарчука [58]), которая была нарисована по аналогии с хорошо известными моделями динамики силовых и скоростных показателей Ю. В. Верхошанского [42], разработанными при исследовании показателей подготовленности прыгунов в длину и тройном, но не в ЦВС. Таким образом, пока нет оснований для суждения, каковой должна быть оптимальная динамика компонентов специальной работоспособности в ЛЦВС.

Тем не менее любая модель периодизации тренировочного процесса должна быть неразрывно связана с моделью динамики показателей подготовленности, отражающих ход адаптационных процессов, и приобретением (совершенствованием) технических навыков. То есть именно модель динамики показателей подготовленности должна использоваться в качестве критерия эффективности тренировки как минимум в подготовительном периоде [18, 19].

1.3 Техническая подготовленность

Более пристальное внимание, которое уделяется проблемам технической подготовки и подготовленности в ЛЦВС, вызвано фактом, что в течение последних двух десятилетий во всем мире наблюдается отчетливая тенденция снижения валовых объемов дистанционных тренировочных средств спортсменов высокого класса почти во всех ЦВС [199]. Кроме этого, хорошо известен факт, что показатели основных кардиореспираторных функций, аэробной мощности и эффективности не изменяются в течение как минимум 50 лет, за исключением измерений при одновременном двушажном ходе у лыжников [200].

При этом результаты постоянно растут, причем не только в тех видах спорта, в которых улучшение дистанционной скорости может быть обусловлено улучшением качества инвентаря.

Тенденция снижения тренировочных объемов предположительно может быть связана, во-первых, с усилением контроля за допингом. Это сделало невозможным выдерживать такие высокие тренировочные нагрузки, которые применяли спортсмены в конце прошлого века.

Другой причиной может быть установление факта, что существенное улучшение спортивного результата связано с рациональным выбором средств, методов, а также повышением доли силовых и скоростно-силовых нагрузок в подготовке даже марафонцев и сверхмарафонцев. Однако аэробные нагрузки могут снижать эффективность силовой подготовки [128]. Это делает бессмысленным использование больших объемов циклических средств, если возрастает доля и значимость силовых.

Третья причина – как уже отмечалось выше, дистанционные средства тренировки позволяют выполнять движение долго. Но кинематические и динамические параметры каждого цикла движения, от которых прямо зависит механическая эффективность, экономичность, локальная перегрузка отдельных мышц и т.п., в большей степени определяются свойствами НМА. Однако существует и взаимовлияние: свойства НМА влияют на параметры техники, но и вариант техники спортсмена, применяемый в течение многих лет подготовки, вполне может формировать свойства НМА «под себя». Ярким подтверждением сказанного является, например, факт экстремальной гипертрофии МВ в наиболее нагружаемых механически мышечных группах спортсменов при выполнении ими соревновательного упражнения (икроножной у бегунов, медиальной головки четырехглавой у велосипедистов, дельтовидной у пловцов и т.п.) [62].

С учетом сказанного становится понятным смещение акцентов на изучение сократительных возможностей скелетных мышц в ЦВС. Это

объясняется не только тем, что использование силовых упражнений позволяет получить много положительных эффектов в отношении результативности в целом, но дает возможность говорить о силовой тренировке как важном элементе совершенствования именно спортивно-технического мастерства спортсменов. Поэтому в данном разделе много внимания уделяется взаимосвязи биомеханических параметров техники с функциональными возможностями НМА в ЦВС.

Вторая особенность нижеприведенного обзора связана с тем, что, несмотря на то, что «техника» в ЛЦВС была предметом многочисленных исследований [2, 184, 185, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212], в доступной русскоязычной литературе практически нет работ, в которых различные факторы биомеханических характеристик движений, экономичности и их связи с особенностями НМА рассматривались бы одновременно в нескольких ЦВС, прежде всего в беге, с целью выявления наиболее общих факторов и закономерностей, влияющих на экономичность и спортивный результат. На наш взгляд, такой перекрестный анализ позволяет более обоснованно интерпретировать экспериментальный материал, полученный и описанный нами в главе 4.

1.3.1 Морфометрические, биомеханические, физиологические и биоэнергетические факторы, связанные с экономичностью и механической эффективностью локомоций

Наряду с МПК, близостью анаэробного (лактацидного) порога к МПК (% от МПК) и анаэробной мощностью, эффективность выполнения механической работы и экономичность перемещения спортсменов по дистанции относят к основным факторам спортивного результата в ЦВС [213, 214, 215, 216, 217, 218, 219].

Существенно, что, несмотря на общую тенденцию более высокой экономичности у спортсменов высокой квалификации, установлено, что энергетическая стоимость механической работы, совершаемой спортсменом, – достаточно вариативный показатель. Например, даже в группе квалифицированных бегунов с одинаковым МПК экономичность может отличаться до 30% и являться лучшим предиктором спортивного результата, чем МПК [214, 216, 217]. А под воздействием различных режимов тренировки у одних и тех же спортсменов, в том числе и высокого класса, экономичность может меняться в диапазоне от 2 до 15% [220]. Следовательно, существуют значимые и устойчивые факторы, которые определяют столь высокую межиндивидуальную вариативность в использовании энергетических ресурсов для выполнения необходимой

для передвижения механической работы. На этом основании делается вывод, что целенаправленной тренировкой можно добиться их более эффективного использования.

Исследованию факторов, определяющих экономичность спортсменов в ЦВС, посвящено очень большое количество работ, результаты которых обобщены в многочисленных обзорах [20, 201, 202, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231]. Лучше всего исследован легкоатлетический бег. Поэтому анализ начинается с этой локомоции. Но существует много исследований в других ЦВС, включая лыжные, позволяющие выделить наиболее общие факторы, которые определяют экономичность спортсменов во всех ЦВС.

1.3.1.1 Пространственно-временные (кинематические) характеристики локомоций

Анализ факторов экономичности имеет смысл начать с кинематических показателей движения, так как высокую эффективность двигательных действий, которая позволяет полностью реализовать «моторный потенциал» спортсменов, традиционно связывают с «хорошей техникой» выполнения СУ. При этом под «хорошей техникой» часто подразумевают внешнюю картину движений, близкую к некоторому эталону (образцу).

Однако интенсивное изучение этой темы привело к выводу, что подавляющее большинство кинематических характеристик с экономичностью не связаны или имеют слабую статистическую связь, то есть определяют межиндивидуальную вариативность показателей экономичности в пределах 10–30% [222]. Этим ЦВС отличаются от других спортивных упражнений.

Тем не менее выявлен ряд показателей, связанных с экономичностью бега. К ним, например, относят оптимальную для данной скорости длину и частоту шагов.

Под оптимальной частотой шагов понимают ту, которую спортсмен сам для себя выбирает в процессе длительной тренировки. В многочисленных исследованиях установлено, что допустимый диапазон отклонений от предпочтительной частоты или длины шагов не превышает 3%. За этими границами энергозатраты на производство полезной работы, как минимум в беге, существенно возрастают [220]. В то же время неоднократно показано, что с ростом спортивного мастерства одновременно возрастает и длина шагов, и экономичность бега. Вместе с тем хорошо установлено, что такая зависимость не работает в велосипедном спорте: спортсмены на дистанции выбирают гораздо бóльшую частоту вращения

педалей (90–110 об/мин) по сравнению с наиболее экономичной, установленной в лабораторных условиях [39, 168, 232, 233]. Таким образом, оптимум энергозатрат не всегда является единственным критерием выбора соревновательной частоты шагов. Другими критериями могут быть оптимальные биомеханические условия работы мышц, использование ЭУД, оптимизация затрат энергии на вертикальные колебания общего центра масс тела (ЦМТ), относительно небольшая амплитуда движения в голеностопном и коленном суставах при взаимодействии с опорой в амортизационной фазе и при отталкивании.

Например, у элитных бегунов амплитуда движения в голеностопном суставе менее десяти градусов. Во многих работах подтверждено, что меньшая степень разгибания ноги в коленном и голеностопном суставе при отрыве ноги от опоры является одной из наиболее информативных характеристик экономичного бега [201, 234, 235, 236]. В серии работ других авторов примерно та же закономерность названа «увеличением угла шага», который определяется как угол наклона прямой, связывающий точку отрыва ноги и ЦМТ [218, 237]. Это объясняется тем, что такая техника потенциально позволяет мышцам-разгибателям ног работать в более благоприятном диапазоне на кривой сила-длина, имея более высокие плечи момента силы реакции опоры к плечу момента силы мышечно-сухожильного комплекса [235, 238]. Также приводится довод, что меньшее разгибание ноги в конце опоры облегчит сгибание ноги (снизит амплитуду) во время переноса маховой ноги. Это потенциально снизит энергию, необходимую для сгибания ноги во время фазы маха [220].

Внимание на эту закономерность обращается потому, что невысокую относительную амплитуду, а, следовательно, и скорость сгибания в суставах опорной ноги в фазе амортизации ассоциируют с высокой «вертикальной жесткостью», «жесткостью ноги» или «квазижесткостью» (далее – «жесткость») [220, 239, 240].

Отношение между кинематикой движений и жесткостью четко доказано [241].

С большей жесткостью связывают такие характеристики бега, как:

– сокращение длительности опоры [220, 241, 242, 243];
– сокращение времени перехода от уступающей к преодолевающей фазе опорного периода [243, 244, 245];
– бóльшую частоту шагов [246, 246].

Однако бóльшая частота шагов как фактор жесткости теснее связан с увеличением скорости, а не с межиндивидуальными различиями между бегунами на одинаковой скорости [247].

Тем не менее существуют исследования, в которых показано, что более экономичные бегуны не отличаются от неэкономичных по указанным признакам.

Причем в обоих случаях приводятся вполне правдоподобные объяснения.

Например, утверждается, что сокращение амортизационной фазы, длительности опоры и времени перехода от эксцентрической к концентрической фазе может улучшить экономичность за счет большей доли неметаболической энергии упругой деформации, прямо связанной с жесткостью [248]. В беге на лыжах этот фактор может работать при сокращении длительности отталкивания палками и повышения экстремумов силы в амортизационной фазе движения.

И напротив, данные о лучшей экономичности более «мягкого бега» с длительным опорным периодом объясняются тем, что при этом снижаются экстремумы силы реакции опоры и, главное, скорость сокращения мышц. Считается, что с точки зрения энергетики это выгодно, так как метаболические затраты в большей степени тратятся на обеспечение высокой скорости сокращения мышц по сравнению с затратами на генерацию силы тяги мышц [222]. В беге на лыжах этот фактор может работать, например, при удлинении фазы отталкивании ногой при одновременном сокращении амплитуды сгибания в суставах.

Указанное противоречие позволяет считать, что существуют некоторые дополнительные факторы, влияющие на экономичность.

Во-первых, это различия в скорости, на которой определялись параметры бега. Более длительный период опоры у экономичных бегунов чаще ассоциируется со скоростью менее 15 км/час. При использовании в исследованиях скорости 16–21 км/час длительность опоры отрицательно связана с экономичностью. Это вполне логично, так как показано, что жесткость увеличивается с ростом скорости бега [249]. Таким образом, влияние скорости бега может объяснять:

а) отсутствие связи с длительностью опоры [250, 251, 252, 253];
б) отрицательную связь – чем короче опора, тем лучше экономичность [218, 242, 248];
в) положительную связь [254, 255, 256], то есть чем больше длительность опоры, тем лучше экономичность.

Во-вторых, известно, что экономичными могут быть бегуны, опускающие стопу на опору: с передней части стопы, на всю стопу или с задней части. Но при этом бегунов, бегущих с пятки, отличает бóльшая длительность опоры [257]. Таким образом, этот фактор также надо

учитывать при интерпретации взаимосвязи экономичности и времени опорного периода.

С учетом имеющихся противоречий о связи длительности опоры и частоты шагов с экономичностью более однозначными признаками экономичного бега можно считать сокращение длительности амортизационной фазы и амплитуды изменения горизонтальной скорости ЦМТ на опоре [242, 258, 259, 260]. Логично предположить, что меньшая длительность фазы амортизации и потеря скорости должны были бы ассоциироваться:

– с более близкой постановкой ноги к проекции ЦМТ;
– меньшей горизонтальной скоростью стопы относительно опоры при постановке ноги;
– бóльшим углом голени относительно горизонтали в момент касания опоры [251].

На тренерском сленге такая особенность работы ноги называется «загребающая (активная) постановка ноги на опору». Показано, что активная постановка маховой ноги является информативным признаком «хорошей техники» в спринтерском беге и теоретически должна улучшать условия для использования упругой энергии [261, 262]. Однако данные, приведенные I. S. Moore в подробном обзоре этой темы, не подтвердили надежности связи перечисленных характеристик работы ноги при постановке на опору с экономичностью [220].

В то же время в этом обзоре приведены еще около десяти информативных показателей техники бега, которые в отдельных работах, как правило, прошлого века, обнаруживали связь с экономичностью. Однако впоследствии эти данные не подтвердились, за исключением только относительно небольших вертикальных колебаний ЦМТ спортсменов [18, 250, 263, 264, 265]. Предполагается, что это позволяет экономить энергию при совершении работы против силы тяжести [220, 266].

Этот вывод также нельзя назвать безусловным в связи с тем, что сокращение времени опорного периода с ростом экономичности, которое обсуждалось ранее при беге с одинаковой скоростью и временем цикла, возможно только при соответствующем увеличении безопорного периода. В силу законов физики это всегда будет сопровождаться увеличением вертикальных колебаний ЦМТ, как минимум в безопорной фазе [218]. В частности, из рисунка 9 следует, что при увеличении длины шага, которое может быть реализовано практически только за счет увеличения длительности безопорной фазы, вертикальная составляющая реакции опоры и импульс силы возрастают.

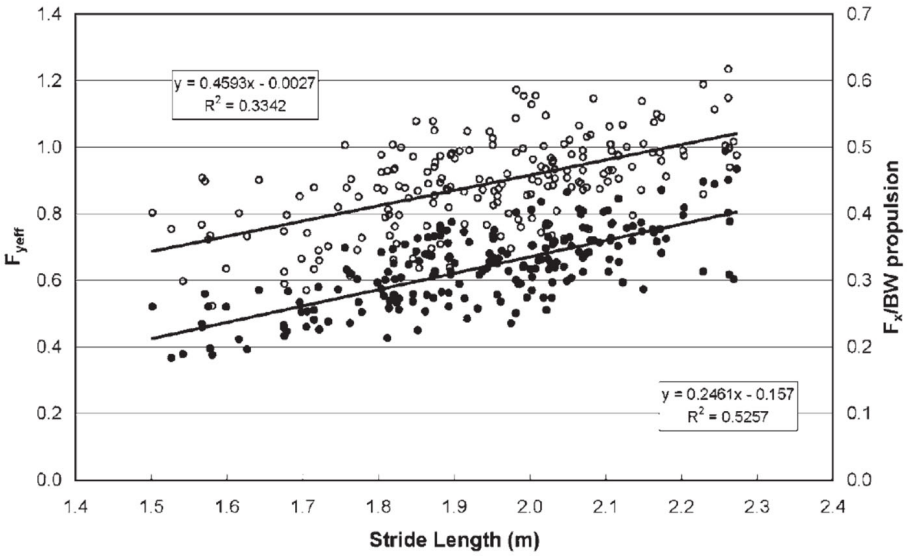


Рис. 9 – Зависимость вертикальной (Fyeff) (белые точки) и относительной продольной (Fx/BW) (черные точки) составляющей силы реакции опоры от длины шагов в беге [242]

Вывод о возможности бежать экономично с относительно высокими вертикальными перемещениями ЦМТ подтверждается рядом работ, в которых показана положительная связь между временем полета и экономичностью [201, 218, 267]. Кроме этого, сообщалось, что меньшие вертикальные колебания ассоциированы с большей частотой шагов и, соответственно, с большей «внутренней работой» по ускорению нижних конечностей и их перемещению относительно ЦМТ. Более высокая внутренняя работа увеличивает потребность в кислороде, снижая экономичность бега [203, 268]. Кроме легкоатлетического бега, такая зависимость показана для велосипеда [221, 233] и бега на лыжах [221]. Особенно это значимо для ЛЦВС, где с ускорением перемещаются не только конечности, но и инвентарь.

Однако меньшая амплитуда изменения углов в суставах опорной ноги на опоре может означать и меньшие вертикальные колебания ЦМТ во время нахождения на опоре. Такая возможность доказана экспериментально [263].

Разнонаправленностью действующих факторов объясняют неоднозначность экспериментальных данных.

Имеется одна работа, в которой показана положительная корреляция между углом наклона туловища относительно вертикали и экономичностью [255]. Группа экономичных бегунов имела наибольший угол – 5,9

градусов, то есть держала корпус более вертикально. При беге на лыжах этот фактор может работать, например, при свободном прокате, так как гипотетически будет снижать напряжение мышц разгибателей бедра.

Кинематической характеристикой, отличающей экономичных бегунов от неэкономичных, в отношении которой пока не получены опровергающие данные, является «индекс следа» – площадь между продольной осью стопы и траекторией центра давления (результирующей силы реакции опоры), которая перемещается в задне-переднем направлении во время опорного периода в беге. Получено, что чем ниже индекс, то есть отклонение траектории центра давления от оси стопы, тем ниже метаболическая стоимость бега (лучше экономичность) [204]. Можно предположить, что этот фактор универсален. Например, на лыжах он также будет снижать излишнюю работу мышц на удержание равновесия.

Постулируется, что индекс следа, отражая медиалатеральное смещение центра давления от оптимальной траектории, характеризует стабильность голеностопного сустава на опоре. В свою очередь, более высокая стабильность позволяет лучше рекуперировать энергию упругой деформации. В той же работе отмечается, что индекс тесно связан с искривлением и жесткостью ахиллова сухожилия.

Изучать пространственно-временные и любые другие показатели, информативные в отношении экономичности и результата лыжников, гораздо сложнее, чем у бегунов. Это связано с проблемой стандартизации условий измерений в очень вариативных внешних условиях движения. Поэтому исследователи, за исключением всего нескольких работ, или изучают в этом контексте бег на лыжероллерах (далее – «роллерах») на третбане, или используют косвенные подходы. Кроме этого, дискриминативные признаки, так же как энергетическая стоимость, могут различаться при использовании различных лыжных ходов [269].

Например, в недавней работе норвежских авторов сравнивались характеристики одновременного бесшажного хода (ОБШХ) у лыжников марафонцев и лыжников-универсалов [205]. Известно, что марафонцы существенно больше используют ОБШХ в тренировке и соревновательной деятельности, чем универсалы. Следовательно, сделано предположение, что их техника более эффективна.

Действительно, показано, что марафонцы имеют лучшее отношение МПК при ОБШХ к МПК при беге, а также лучшую экономичность при ОБШХ, чем универсалы. Однако изучение этих двух групп лыжников показало, что они не различались по длине и частоте шагов ни на одной из исследуемых скоростей. Но в другой работе Ø. Sandbakk обнаружено, что большая длина цикла и, следовательно, более низкая частота шагов

связаны с большей эффективностью во время бега на роллерах на субмаксимальных скоростях у лыжников национального и международного уровней [221].

Тем не менее в работе P.-Ø. Torvik экономичных марафонцев-лыжников отличали:

– более длительное относительное время отталкивания (палками) относительно времени цикла;
– более вертикальное положение палки при касании опоры;
– более высокое положение ЦМТ в фазе отталкивания, которое определялось более вертикальным положением бедра и голени;
– более вертикальное положение туловища на протяжении всего цикла шага [205].

Перечисленное подтверждает наши предположения, сделанные выше, относительно совпадения факторов экономичности в беге и на лыжах. Кроме этого, есть работа, где показано, что те же самые показатели имеют положительную связь со спортивным результатом у элитных лыжников [206].

Найденные дискриминативные характеристики экономичной техники ОБШХ объяснялись авторами тем, что более вертикальное положение при постановке палок позволяет достичь более динамичной и взрывной фазы отталкивания руками у элитных лыжников, когда масса тела эффективно используется для лучшей загрузки мышц плечевого пояса. Это позволяет повысить долю упругой энергии в создании пропульсивной силы при отталкивании.

Более вертикальное положение ЦМТ, поддерживаемое за счет меньших углов сгибания в суставах ног, предположительно может экономить энергию за счет меньших вертикальных колебаний центра масс тела и соответствующего снижения метаболических затрат при уменьшении скорости сокращения мышц.

1.3.1.2 Динамические параметры экономичности движений

Динамические параметры движений анализируются в большинстве случаев путем использования динамографических платформ, позволяющих изучать характеристики реакции опоры в циклах движения, рассчитывать механическую работу и мощность. В комплексе с системой видеоанализа удается изучать моменты сил, работу и мощность в суставах.

Многочисленные исследования реакций опоры привели, по сути, к только одному надежному результату, показанному на рисунке 10. Экономичных бегунов отличают меньшие относительные силы реакции опоры и соответствующих импульсов силы в передне-заднем и медиально-

латеральном (боковом) направлении [201, 255]. Это вполне логично, так как механические и метаболические затраты на торможение и разгон ЦМТ, а также на боковые колебания должны быть минимизированы.

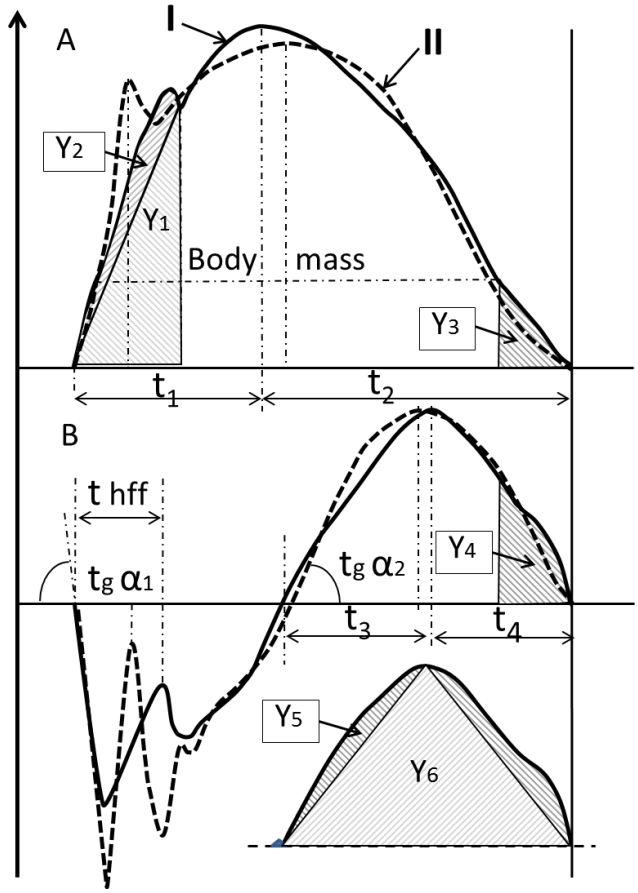


Рис. 10 – Типичные тензограммы спортсменов высокой (I – сплошная линия) и низкой (II – пунктирная линия) квалификации при беге в туфлях с шипами со скоростью около 7 м/с. А – вертикальная составляющая реакции опоры; В – горизонтальная (продольная) составляющая реакции опоры. Буквенные обозначения указывают на информативные характеристики тензограмм применительно к технике бега и влияния на нее разницы в физической подготовленности бегунов на выносливость [259]

Относительно вертикальной составляющей реакции опоры можно было ожидать проявление тех же тенденций, однако результаты исследований противоречивы [220, 242, 253], так как, с одной стороны, действительно уменьшение вертикальной составляющей реакции опоры и соответствующего импульса силы ассоциируется с меньшими верти-

кальными смещениями ЦМТ, что является признаком хорошей экономичности. Однако выше уже обсуждались данные, что в отдельных случаях экономичных бегунов может характеризовать меньший период опоры и больший – безопорного периода при том же времени цикла. В этом случае концентрация усилия во времени на опоре закономерно должна сопровождаться увеличением относительных значений силы реакции опоры и импульса. Кроме этого, более «жесткая кинематическая цепь ноги», которая является характеристикой экономичных бегунов, может способствовать более высоким значениям вертикальной составляющей силы как минимум в амортизационной фазе движения.

Долго считалось, что надежную отрицательную связь с экономичностью имеет первый (ударный) пик вертикальной составляющей реакции опоры [201], который ассоциируется с более жесткой (с пятки) постановкой ноги на опору [263]. Именно поэтому различный тип постановки ноги на опору многократно исследовался в контексте экономичности. Но результаты этой работы впоследствии не подтвердились.

В целом, по совокупности многих исследований можно сделать вывод, что динамические характеристики движения бегунов, так же как кинематические, имеют низкие значения корреляции с экономичностью.

Исследование моментов сил в суставах привело к формулировке достаточно очевидного принципа «механического преимущества мышц-разгибателей конечностей» [270]. Согласно этому принципу, определяемому как отношение средневзвешенного плеча момента мышц-разгибателей к плечу момента силы опорной реакции, чем меньше плечо действия силы реакции опоры относительно момента силы основных суставов, тем экономичнее бег. Проще – чем меньше момент сил в суставах, тем меньше энергии (метаболической и ЭУД) мышцы должны тратить на создание этого момента при данной скорости бега.

Принцип не представляется безусловным, так как в нем не учитывается возможность рекуперации упругой энергии, которая возрастает с увеличением скорости движения. Кроме этого, возможна такая перестройка отдельных фаз движения, при которых больший момент может создаваться относительно суставов с наиболее сильными мышцами и/или большей возможностью накопления упругой энергии, например, голеностопного сустава. В пользу возможности такой перестройки свидетельствуют многочисленные исследования, приведенные в обзоре I. S. Moore, в которых сообщалось о самых разных кинематических показателях, которые у некоторых контингентов спортсменов или при некоторых условиях и скорости бега оказывались связанными с экономичностью или спортивным результатом [220].

Наиболее типичные тензограммы классического хода в беге на лыжах при отталкивании лыжами и палками от снега в лыжном туннеле показаны на рисунке 11.

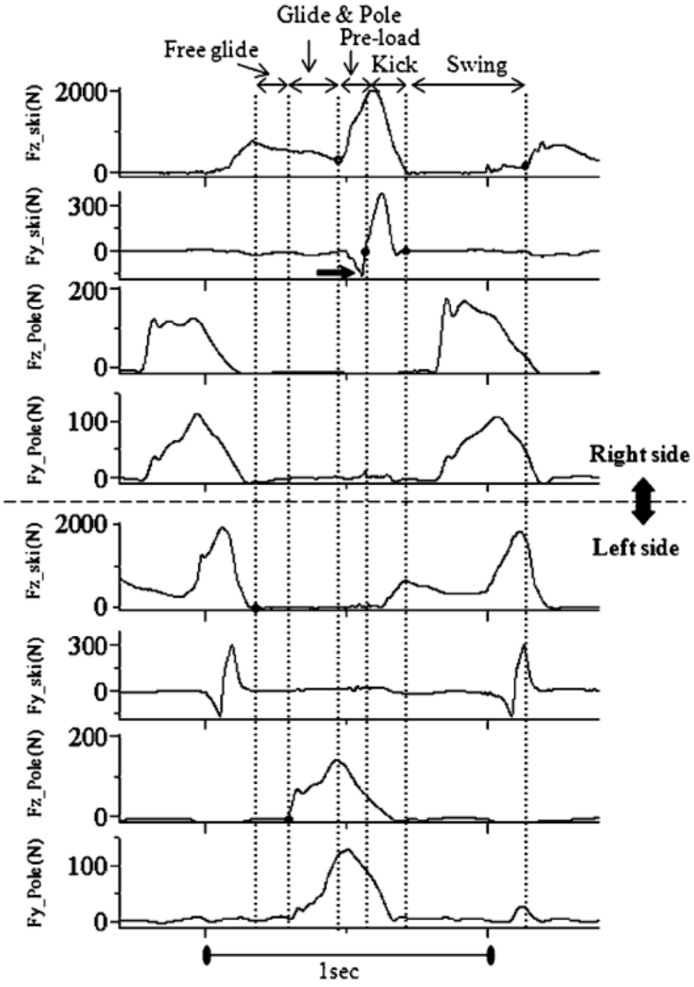


Рис. 11 – Пример записи для всех рядов силовых датчиков правой и левой лыж и палок в вертикальном (Fz) и горизонтальном (Fy) направлениях [269]

Достаточно интересным фактом является то, что, несмотря на указания, имеющиеся в методической литературе о минимизации внутрицикловых колебаний горизонтальной скорости в лыжных ходах как критерии экономичности или «эффективности техники» [271] и даже наличии практических рекомендаций о приемах снижения трения лыжи о снег [272], в доступной нам литературе нет данных о связи такого показателя с экономичностью движения на лыжах. В то же время приводятся дан-

ные, что сильнейшие лыжники отличаются не столько большей силой отталкивания при лыжных ходах, сколько большей величиной ее горизонтальной составляющей [273]. Вероятно, речь идет об отталкивании палками, что подтверждается и в других работах.

Динамические характеристики прямо связаны с работой мышц, поэтому безусловный интерес представляет исследование ЭМГ активности мышц в разных локомоциях в связи с экономичностью движения.

1.3.1.3 Параметры электрической активности мышц

Паттерны электрической активности мышц в беге на выносливость исследовались многократно. Все многообразие имеющихся данных в беге на выносливость можно свести к двум основным выводам:

1) повышенная активность мышцы всегда отрицательно связана с экономичностью, включая механизм коактивации мышц-антагонистов коленного сустава на опоре. Последнее утверждение выглядит не совсем логично, так как этот механизм, в частности «запирание» коленного сустава, может участвовать в повышении накопления ЭУД. Есть работы, в которых коактивация некоторых мышц-антагонистов на опоре положительно связана с экономичностью. Тем не менее надежно установлено, что в процессе тренировки по мере улучшения экономичности уменьшается средняя электромиографическая активность мышц [230, 243, 274, 275, 276];
2) обнаружено более высокое отношение суммарной активности мышц в фазе амортизации по сравнению с фазой отталкивания у более экономичных бегунов. И наоборот, снижение соотношения активности мышц в амортизационной и концентрической фазе, например, при утомлении по дистанции совпадало с ухудшением экономичности бега [277, 278].

Повышенная мышечная активность до и в начальной фазе контакта с землей может повысить экономичность бега за счет повышения жесткости ног и максимального использования накопленной ЭУД. При этом высокая электрическая активность, видимо, не сопровождается большими метаболическими затратами, так как большинство мышц работает в экономичных уступающем или квазиизометрическом режимах [266].

Хорошая преактивация мышц, вероятно, также является важным инструментом повышения жесткости ноги в эксцентрической фазе и способствует лучшему использованию ЭУД [242, 243], так как предварительная активность мышц повышает чувствительность мышечных веретен за счет усиления коактивации альфа-гамма веретен, вызы-

вая усиление стретч-рефлекса в последующей эксцентрической фазе движения [279]. Более высокая чувствительность мышечных веретен приводит к увеличению возбуждения афферентов типа Ia и, следовательно, к облегчению активации а-мотонейронов, что в конечном итоге приводит к увеличению ЭМГ в вовлеченных мышцах-разгибателях [280, 281], причем в очень существенной степени. Так, была показана более высокая ЭМГ мышц ног во время фазы торможения и в предконтактной фазе бега по сравнению с максимальным изометрическим напряжением мышц [282].

Такой механизм позволяет экономить энергию в концентрической фазе, когда метаболические затраты энергии при высокой скорости укорочения мышц могли бы резко вырасти.

В то же время подобное объяснение целесообразности высокого соотношения ЭМГ-активности в уступающей и преодолевающей фазах входит в некоторое противоречие с имеющимися данными, согласно которым высокая ЭМГ-активность перед постановкой ноги на опору (преактивация) отрицательно связана с экономичностью [283]. Таким образом, этот вопрос, видимо, нуждается в дополнительном исследовании на уровне детального анализа работы различных групп мышц, так как эффективная постановка ноги на опору всегда рассматривалась как важный элемент беговой техники [261] и обеспечивается сочетанной работой практически всех основных мышц маховой ноги с использованием механизма преактивации.

ЭМГ-исследование ОБШХ у лыжников выявило в целом те же тенденции, что и у бегунов. В частности, в уже цитировавшемся исследовании P-Ø Torvik показано, что более вертикальное положение тела экономичных лыжников позволяет им иметь меньшую ЭМГ прямой мышцы живота и двуглавой мышцы бедра на большинстве скоростей [205].

Есть все основания считать, что механизм Stretch-Shortening Cycle (SSC) работает в мышцах-разгибателях локтевого сустава (особенно в triceps brachii) в лыжных гонках, особенно при ОБШХ [207].

В «классическом» попеременном двушажном ходе на лыжах более низкая мышечная активность во время концентрической фазы по сравнению с эксцентрической фазой также была интерпретирована как повышенная механическая эффективность за счет ЭУД [284].

1.3.1.4 Масса, длина и пропорции тела

Экономичность парадоксально отрицательно связана с размерами тела. Другими словами, более крупные бегуны экономичнее, что продемонстрировано на рисунке 12 [222].

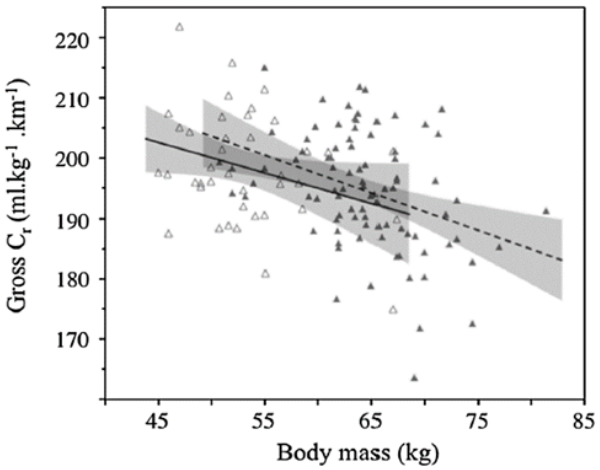


Рис. 12 – Зависимость кислородной стоимости бега (мл/кг/км) от массы тела у женщин (белые треугольники) и мужчин (черные треугольники) [222]

Исследование этой зависимости позволило уточнить, что основным антропометрическим фактором, влияющим на экономичность, является масса тела. В этой связи при исследовании взаимосвязи различных показателей с экономичностью или при сравнении спортсменов между собой рекомендуется выполнять нормализацию данных на массу тела испытуемых.

Однако, судя по имеющейся литературе, большие споры вызвала величина поправочного коэффициента. Приводятся данные разных работ, согласно которым удельные энергозатраты или потребление кислорода используются в оценках после возведения массы тела в степень от 0,67 до 0,90 [222].

Для уточнения величины поправочного коэффициента для контингента испытуемых, привлеченных к нашим исследованиям, мы провели собственное исследование зависимости между массой тела и механической эффективностью работы руками на лыжном эргометре и в беге на третбане с палками, измеренной и рассчитанной по стандартизированной методике, лыжниками и биатлонистами высокого класса (возраст 20–34 года, женщины, n = 53, масса тела 48–69 кг, мужчины, n = 66, масса тела 66–87 кг).

Несмотря на достаточную выборку, которая охватывала практически всю генеральную совокупность российских спортсменов этих специализаций, включенных в состав сборной спортивной команды России в 2014–2021 годах, никакого сколько-нибудь заметного тренда выявлено не было. Коэффициенты линейной регрессии, показанные на рисунках 13 и 14, составили для женщин: –0,04 (эргометр) и +0,004 (третбан), для мужчин, соответственно: +0,015 и –0,013.

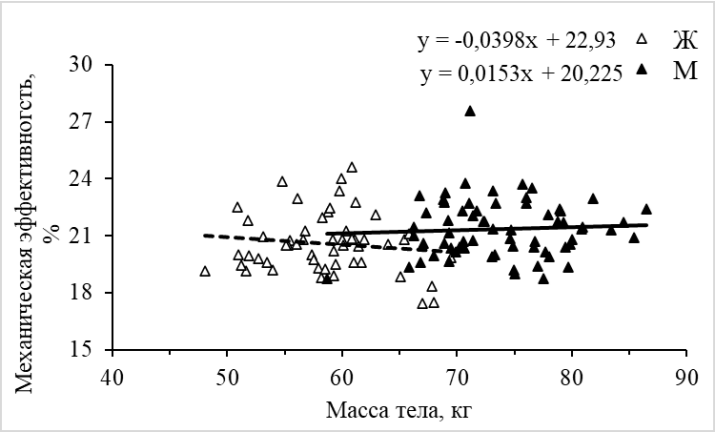


Рис. 13 – Зависимость механической эффективности (%) от массы тела при работе на лыжном эргометре SkiErg лыжников и биатлонистов высокого класса, полученная авторами при разработке методики тестирования спортсменов

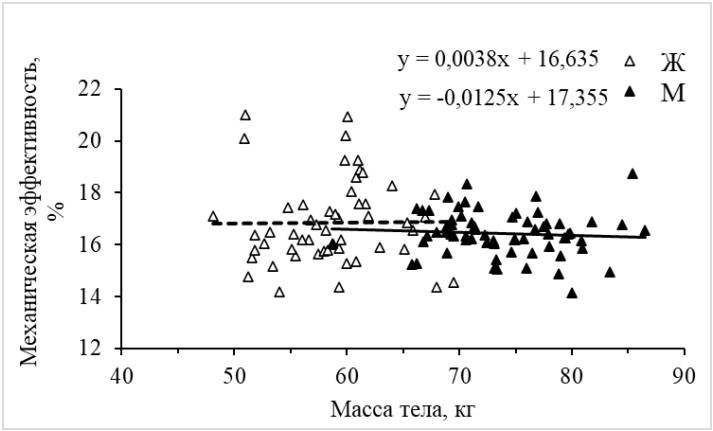


Рис. 14 – Зависимость механической эффективности (%) от массы тела при беге на третбане с палками лыжников и биатлонистов высокого класса, полученная авторами при разработке методики тестирования спортсменов

В этой связи в наших исследованиях было принято решение не использовать нормализацию энергозатрат спортсменов на массу тела при расчете механической эффективности и экономичности.

В экспериментах с добавлением дополнительного веса к различным частям тела было установлено, что для экономичного бега более выгодно проксимальное расположение массы. В этой связи предполагается, что более высокое расположение центра масс сегментов тела у африканских бегунов является одной из причин их высокой экономичности [285]. Такая же закономерность установлена для лыжных гонок [286].

Однако в исследовании Kovács пришли к выводу, что результаты в марафоне на исследуемой выборке спортсменов положительно связаны с площадью поперечного сечения дистально расположенной камбаловидной мышцы и трехглавой мышцы голени (ТМГ) в целом, так же как площадь поперечного сечения (ППС) ахиллова сухожилия [287]. Очевидно, что массивная голень может создавать другие и более весомые метаболические и биомеханическе преимущества бегунам с такой особенностью.

Исследование корреляции пропорций тела с экономичностью ни в беге, ни в ЛЦВС не привело к выявлению каких-либо значимых взаимосвязей.

В то же время хорошо установленным фактором экономичности бегунов является отношение длины пяточного бугра к длине стопы спортсменов, который подробно рассмотрен в следующем разделе.

1.3.1.5 Плечо момента силы ахиллова сухожилия

В настоящее время считается хорошо установленным, что плечо момента силы ахиллова сухожилия (среднее расстояние от сухожилия до оси голеностопного сустава, которое напрямую связано с длиной пяточного бугра) отрицательно связано с экономичностью [288].

Более короткое плечо момента силы позволяет увеличить силу, растягивающую ахиллово сухожилие при постановке стопы на опору при приземлении. Это, как предполагают, увеличивает количество ЭУД, запасенной в сухожилии, повторное использование которой снижает энергозапрос при беге.

В этом ряду неожиданным выглядит отрицательная корреляция между длиной стопы и экономичностью [255]. При длинной стопе должен работать тот же механизм, что и при коротком пяточном бугре, однако экспериментально это не подтверждено. Причина может быть в том, что длинная стопа имеет относительно большой вес, что отрицательно сказывается на экономичности [289].

Второй механизм влияния обсуждаемого фактора – в том, что длина бугра пяточной кости положительно связана с объемом и, следовательно, массой голени [290], а это увеличивает момент инерции, снижая экономичность [291].

Третий механизм связан с отрицательной связью между длиной бугра и жесткостью ноги, которая обсуждалась ранее и которая положительно связана с экономичностью. Предполагается, что маленький момент силы ахиллова сухожилия, создавая высокое растягивающее усилие на сухожилие и ТМГ, в силу действия рефлекторных механизмов (например, стретч-рефлекса) позволяет обеспечивать большую жесткость всей кинематической цепи ноги и туловища [222].

1.3.1.6 Композиция мышечных волокон

Считается, что бóльшая доля механической работы, совершаемой медленными мышечными волокнами при передвижении с той же скоростью, приводит к экономизации метаболической энергии [243, 292, 293, 294], так как имеются следующие данные:

– при уступающем, изометрическом напряжении или при медленном сокращении мышцы ее медленные МВ первого типа тратят в 1,6–2,1 меньше энергии АТФ, чем быстрые мышечные волокна второго типа [295, 296, 297]. Однако есть работы, где для динамических режимов получен противоположный результат [298, 299]. Кроме этого, надо учитывать, что различия в термодинамической эффективности сглаживаются с ростом скорости сокращения [245] и при высокой скорости и мощности сокращения быстрых МВ начинают проявлять тенденцию к большей эффективности использования АТФ на единицу развиваемой мощности [299, 300, 301]. В этом плане очень показательны результаты E. Machado [302], из которых следует, что на низкой скорости (12 км/час) экономичность связана с параметрами «медленной» камбаловидной мышцы, а при более высокой скорости (16 км/час) – с характеристиками икроножной «быстрой» мышцы. Другими авторами высказывалось предположение, что разницы в эффективности различных типов МВ вообще не должно быть, так как механизм сокращения один и тот же. Следовательно, при одинаковой скорости и нагрузке МВ различных типов должны тратить равное количество АТФ [299];

– наибольшая мощность, которую мышечные волокна могут развить, и, следовательно, оптимум затрат энергии на генерацию мощности достигаются при скорости сокращения, которая сильно различается у разных типов волокон. Например, оптимальная скорость сокращения медленных МВ примерно в два-три раза меньше, чем быстрых МВ [295, 299];
– реальная скорость сокращения мышц в концентрической фазе в большинстве ЦВС при передвижении с соревновательной скоростью гораздо ближе к оптимуму мощности медленных МВ, чем к оптимуму мощности для быстрых МВ [295, 303];
– практически во всех локомоциях существуют:
  1) фаза растягивания мышц;
  2) период, когда мышцы работают в околоизометрическом режиме;
  3) фаза укорочения мышцы.

Поэтому в эксцентрической и изометрической фазах, когда нагрузка на мышцу максимальная, с точки зрения энергетики гораздо выгоднее, чтобы в этих фазах бóльшую долю нагрузки несли на себе медленные,

но при минимальном рекрутировании быстрых МВ [294, 304]. Такое возможно, так как детерминантом рекрутирования быстрых МВ является требуемая величина силы, а не мощности [245], под воздействием тренировки на выносливость сила, скорость и особенно мощность окислительных МВ существенно возрастают [305], а длительности периода преактивации мышечных волокон, срабатывания механизмов спайковой активности, стретч-рефлекса и длительности фазы амортизации может вполне хватить, чтобы такие волокна успели развить достаточно высокое усилие, а мышца в целом – «сэкономить» на рекрутировании быстрых МВ, несмотря на то, что волокнам типа I требуется только 100–140 мс, а волокнам типа IIA – 55–85 мс для создания максимального напряжения и, следовательно, силы [306].

Это будет справедливо даже в том случае, когда в момент экстремума силы в фазе амортизации потребуется кратковременное участие наиболее высокопороговых МВ.

Но и без перечисленных предположений хорошо известен факт, что центральная нервная система (ЦНС) обладает способностью формировать «функциональные группы МВ», то есть группы рекрутируемых двигательных единиц (далее – ДЕ), которые позволяют решать данную двигательную задачу оптимальным образом с позиции рекрутирования мышц и МВ. И если окислительные МВ приобретут требуемую сократительную мощность, ЦНС подстроится под использование таких волокон наилучшим способом [307, 308, 309]. В частности, изучение этого вопроса показывает, что, например, в лыжных гонках при ОБШХ длительности преактивации и эксцентрической фазы вполне хватает, чтобы медленные МВ использовались практически с максимальной эффективностью до скорости 16–21 км/час, которая наиболее типична для реальной гонки. И, наоборот, при максимальной скорости длительность указанных периодов сокращается до 100 мс, что, вероятно, резко уменьшает вклад медленных МВ в движение [207].

Кроме самой по себе тренировки выносливости, повышающей силу и сократительную мощность медленных МВ [181, 305, 310], есть все основания предполагать, что силовая тренировка с высокой степенью напряжения мышц является эффективным способом улучшения этих параметров МВ за счет нейронального компонента и тем самым улучшения экономичности даже в тех локомоциях, где вклад упругой энергии в экономизацию минимальный [243, 311, 312]. Например, показано, что высокоинтенсивная силовая тренировка может повысить гипертрофию [313] и скорость сокращения [314] медленных МВ (как минимум у начинающих), а это, как предполагается, также уменьшит рекрутирование быстрых МВ при той же скорости.

Если сказанное справедливо, то увеличение вклада медленных МВ в генерацию требуемой мощности при заданной скорости позволит повысить экономичность. Это достигается за счет увеличения силы мышц в целом или силы только медленных МВ.

Факт лучшей экономичности у спортсменов с большей долей медленных МВ экспериментально подтвержден [243]. Хотя есть и противоположные данные [301]. Но в последней работе результат получен в беге с относительно высокой скоростью у бегунов с большей силой ног, то есть в условиях, когда решающими могут быть другие факторы экономичности.

Эффект повышения экономичности за счет увеличения силы целостной мышцы многократно подтвержден, однако влияние избирательного увеличения силы окислительных МВ или их преимущественной гипертрофии на экономичность пока непонятно, так как сами по себе методы избирательной гипертрофии таких волокон нуждаются в дополнительном исследовании [265].

Путь экономизации через увеличение вклада окислительных МВ будет, видимо, основным в тех видах спорта, где возможности использовать рекуперацию упругой энергии будут минимальны или отсутствовать (велосипед, плавание, гребля на байдарке и каноэ, работа ног в ЛЦВС коньковыми ходами).

В то же время все сказанное пока плохо сочетается с хорошо доказанным фактом худшей экономичности у спортсменов и не спортсменов, имеющих относительно высокие аэробные способности во всех основных видах локомоций. Данный факт зафиксирован не только при исследовании общих показателей аэробных способностей типа МПК и АнП, но и на уровне отдельных мышц [315].

Парадокс заключается в следующем: высокие аэробные и окислительные способности (МПК, АнП, активность окислительных ферментов) имеют положительную корреляционную связь с процентом медленных МВ в основных мышцах. Процент медленных МВ положительно [243, 316] и, соответственно, процент быстрых МВ отрицательно связаны с экономичностью [300, 315]. Но при этом аэробные способности организма, в целом, и окислительные способности мышц, в частности, как на глобальном уровне в динамическом режиме, так и на локальном уровне в изометрическом режиме связаны с экономичностью отрицательно.

Однако парадокс может разрешиться очень легко, если принять во внимание фактор естественного отбора: одних и тех же результатов (как правило, высоких) с равной вероятностью могут достичь как спортсмены с высокими аэробными способностями, но низкой экономичностью, и наоборот, экономичные, но с низкими кислородтранспортными возможностя-

ми. Поэтому в одной выборке спортсменов близкой квалификации могут оказаться и первые, и вторые, что и приведет к проявлению обсуждаемого «парадокса», который на самом деле не существует. А чемпионом будет спортсмен, имеющий и высокий МПК, и выдающуюся экономичность.

1.3.2 Взаимосвязь параметров локомоций со скоростью передвижения

1.3.2.1 Легкоатлетический бег

Прямые измерения экономичности (метаболической стоимости) движения в беге установили, что на групповом уровне экономичность со скоростью или не изменяется [208, 317, 318], или имеет небольшой тренд к снижению (ухудшению) [319, 320], или может несколько улучшаться у квалифицированных бегунов с проявлением некоторого «оптимума» на скорости около уровня анаэробного порога [321, 322, 323].

Причиной различий в динамике может быть одновременное действие нескольких факторов, которые разнонаправленно изменяются со скоростью.

В тех случаях, когда экономичность измеряется в единицах кислородной стоимости метра пути, к улучшению значений в диапазоне скоростей до уровня анаэробного порога приводит увеличение калорического эквивалента кислорода. Если экономичность измеряется в единицах расхода энергии, то этот фактор не действует.

При скорости выше анаэробного порога расчет основан на учете калорического эквивалента накопления лактата в крови как характеристики участия анаэробных гликолитических процессов в энергообеспечении мышечной деятельности. В качестве его значения при расчетах принимается 3 мл кислорода на каждый ммоль лактата крови уровня покоя, приведенные к килограмму массы тела [209].

Однако необходимо учитывать, что концентрация лактата в крови зависит, во-первых, от баланса не только скорости продукции, но и его удаления, во-вторых, от параметров применяемой тестовой процедуры в каждом конкретном случае. В этой связи процедура оценки экономичности при скорости выше аэробного/анаэробного порогов применяется только в отдельных, чисто исследовательских целях, но редко для тестирования уровня подготовленности спортсменов.

Одновременно со скоростью увеличивается механическая работа, совершаемая спортсменом во время бега. Общую механическую работу принято разделять на внешнюю – по перемещению ЦМТ и внутреннюю – механическую работу, выполняемую по перемещению сегментов тела относительно ЦМТ [230].

Внешняя механическая работа с ростом скорости или не изменяется, или немного снижается [220, 242]. Отражением этого является динамика вертикального и горизонтального компонентов силы реакции опоры и соответствующих импульсов силы при взаимодействии спортсмена с опорой, представленных на рисунках 15 и 16, в то время как внутренняя механическая работа экспоненциально возрастает с увеличением скорости бега [230].

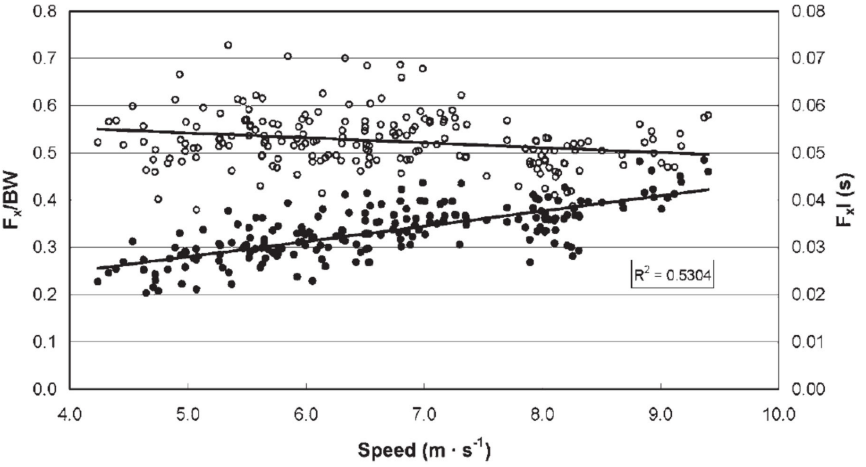


Рис. 15 – Зависимость пикового значения продольной составляющей силы (черные точки) и продольного импульса силы (белые точки) реакции опоры от скорости бега [242]

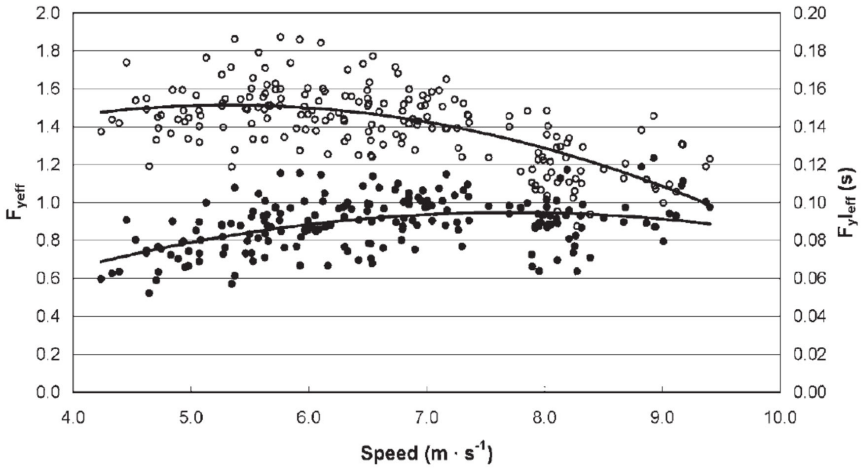


Рис. 16 – Зависимость пикового значения вертикальной составляющей силы (черные точки) и импульса силы (белые точки) реакции опоры от скорости бега [242]

На рисунке 17 показано, что частота шагов увеличивается при стабилизации их длины. Экспоненциальный характер этой кривой и закономерно связанное с этим увеличение ускорений при смене направления движения конечностей позволяют говорить, что изменение внутренней механической работы – основной фактор, влияющий на повышение энергозапроса при увеличении скорости бега [266].

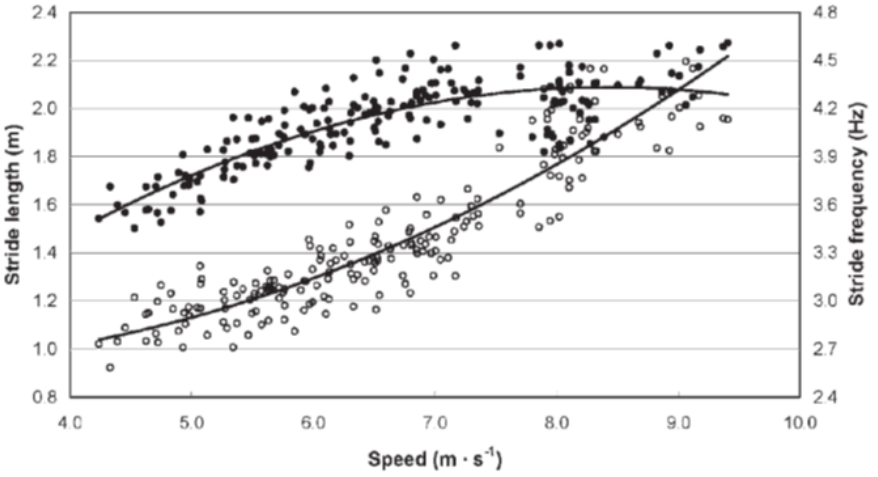


Рис. 17 – Зависимость длины шагов (черные точки) и частоты шагов (белые точки) от скорости бега [242]

Очевидно, что необходимость совершать бóльшую механическую работу, повышение скорости и ускорений при движениях сегментов тела отражается на увеличении ЭМГ активности основных мышц [251].

Аналогичные закономерности действуют во всех ЦВС, в большей мере – в лыжных гонках и гребле, так как увеличение частоты циклов движения предполагает дополнительные затраты на перемещение инвентаря.

Перечисленные выше факторы с ростом скорости приводят к экспоненциальному росту энергозатрат. Из данных рисунка 18 следует, что до средней скорости бега коньковым ходом на лыжах механическая эффективность растет, затем снижается вместе с ускоренным возрастанием частоты шагов (верхняя кривая) на самой высокой скорости. Однако более наглядно эта тенденция проявляется в том случае, если спортсменов просили бежать под метроном с большей или меньшей частотой относительно произвольно выбираемой. Наименьшая эффективность наблюдалась при самой высокой частоте шагов. Высокая частота также негативно отразилась на длительности бега «до отказа» (правый график).

Можно также отметить, что эффективность на самой высокой скорости была выше при наименьшей частоте шагов [233]. Вероятно, что, кроме меньшей внутренней механической работы, на такой результат повлияло лучшее использование ЭУД при наиболее сильном и мощном отталкивании, которое имеет место на высокой скорости. Примечательно, что часть испытуемых продемонстрировала лучший результат в беге на роллерах до отказа при использовании более низкой частоты (большей длине) шагов.

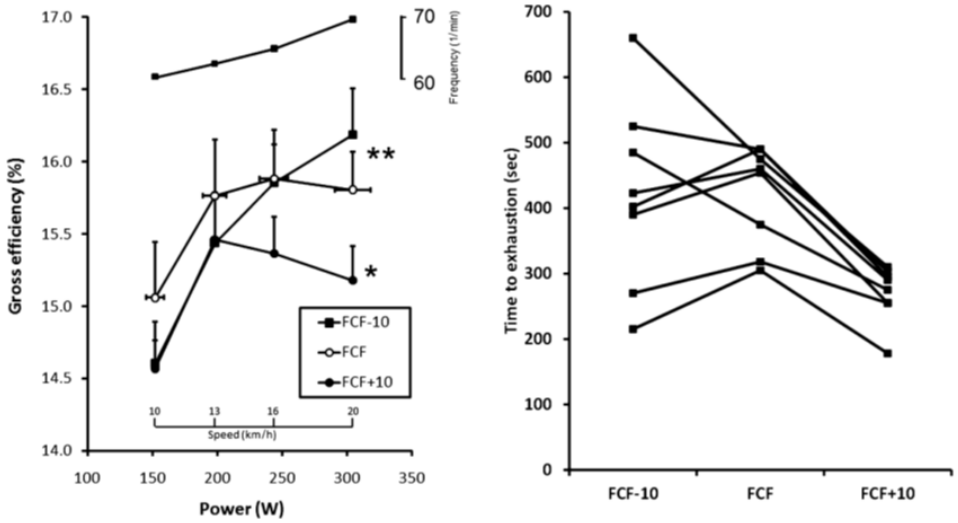


Рис. 18 – Общий КПД (gross-efficiency – GE) по отношению к скорости/мощности для разной частоты шагов при ООКХ: произвольно выбираемой частоте шагов/мин. (FCF) (квадраты) FCF-10 (кружки), и FCF+10 (закрашенные кружки). В верхней части левой диаграммы (правая ось), показано, что средняя FCF увеличивается со скоростью/мощностью. Столбики погрешностей – стандартная ошибка среднего (SEM). Горизонтальные столбцы представляют SEM для мощности как следствие различий в массе тела (показаны только для FCF). На правой диаграмме представлены индивидуальные данные для трех значений частоты шагов. * – ниже GE на высокой частоте при максимальной скорости/мощности (P = 0,003). ** – влияние скорости/мощности на GE (P = 0,006) [233]

Аналогичные тенденции обнаружены при ОБШХ лыжников [210].

Однако обратим внимание на важнейший момент, который почему-то не принимается во внимание при обсуждении подобных данных: сопротивление качению (на роллерах) и сила трения лыж об снег имеют различные зависимости от скорости. Следовательно, не все закономерности, полученные на роллерах, можно автоматически переносить на лыжи.

Другим важным наблюдением, сделанным в работе S. Leirdal, является то, что ни на одной скорости и ни при одном варианте используемой

частоты движений не было никаких существенных различий между ЧСС, потреблением кислорода, дыхательном коэффициентом, вентиляцией или лактатом в крови [233]. То есть различия в эффективности при различной частоте движений вызвано практически только разными биомеханическими условиям работы мышц. Следовательно, изменяя свойства мышц определенными тренировочными воздействиями в направлении обеспечения их большей специфичности соревновательному упражнению, можно воздействовать на такие ключевые факторы спортивного результата, как экономичность (эффективность) мышечной работы и, видимо, локальную нагрузку на отдельные мышечные группы. Последнее заключение следует из факта, что как минимум в велосипедном спорте и лыжных гонках спортсмены используют частоту шагов выше, чем оптимальная, при которой наблюдается наилучшая метаболическая эффективность [210, 324, 325].

Другими словами, при беге коньковым ходом на лыжах (или роллерах), так же как и в других локомоциях, одновременно с ростом скорости движения в той или иной степени возрастает доля использования ЭУД в связи с возрастанием «жесткости». Это позволяет снижать удельные затраты метаболической энергии, повышая механическую эффективность движения, но с поправкой на изменение коэффициентов сопротивления качению и силы трения.

В беге увеличение использования ЭУД с ростом скорости связывают прежде всего с повышением жесткости кинематической цепи при взаимодействии с опорой в фазе амортизации [239, 247], отражением этого, как обсуждалось выше, является увеличение ЭМГ-активности мышц в фазе амортизации с ростом скорости [326]. Увеличение жесткости, проиллюстрированное на рисунке 19, происходит в том числе за счет повышения преактивации мышц перед контактом с землей и укорочения латентной фазы рефлекса на растяжение [327] при сокращении времени опорной фазы бегового цикла, который имеет место при возрастании скорости.

В результате большей величины силы тяги мышц-разгибателей суставов удается увеличить степень растяжения компонентов последовательного упругого компонента.

Второй механизм позволяет повысить степень использования ЭУД в мышечно-сухожильных комплексах маховой ноги в двух фазах:

1) в начале выноса ноги вперед после завершения отталкивания;
2) при остановке ноги перед касанием стопой опоры.

На рисунке 19 показано, что увеличение ускорений маховой конечности в граничных фазах движения с увеличением скорости происходит в связи с сокращением времени бегового цикла – как за счет длительности опоры, так и длительности безопорной фазы. ЭУД накапливается

в сгибателях тазобедренного сустава сразу после окончания опоры – эта часть ЭУД используется при махе (выносе) ноги вперед. Во второй фазе ЭУД накапливается в разгибателях тазобедренного и сгибателях коленного суставов при торможении маховой ноги перед постановкой ноги на опору – эта энергия участвует в создании пропульсивной силы движения бегуна вперед (положительной части горизонтальной составляющей реакции опоры), что было продемонстрировано на рисунке 11.

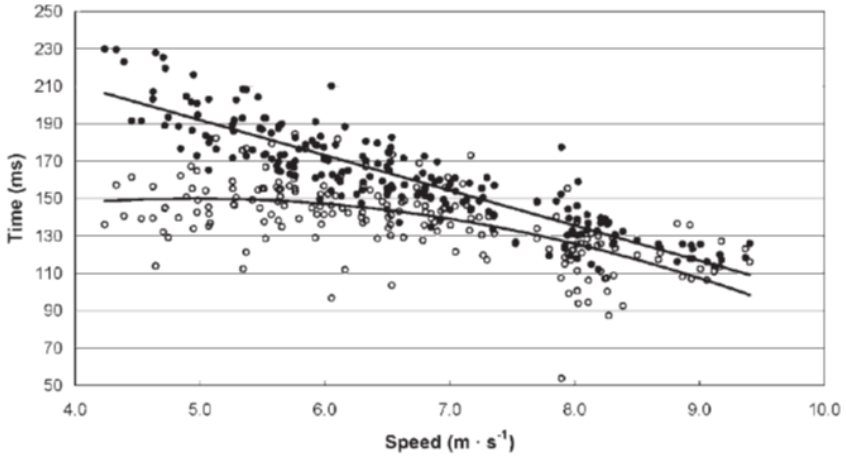


Рис. 19 – Зависимость времени опоры (черные точки) и времени безопорной фазы бегового цикла (белые точки) от скорости бега [242]

1.3.2.2 Бег на лыжах и лыжероллерах

В последние два десятилетия средние скорости даже на длинных дистанциях возросли из-за улучшения качества инвентаря и лыжных мазей [203]. В этой связи появились новые модификации известных лыжных ходов. Также установлено, что бóльшая в целом скорость движения характеризуются более высокими реакциями опоры при отталкивании ногами и руками, более коротким контактом с опорой, но более длительной фазой проката и большей длиной цикла по сравнению с традиционными техниками бега на лыжах. Это сразу подняло перед специалистами и тренерами вопрос об оптимальных тренировочных способах улучшения способности создавать требуемые параметры силы и градиента силы при отталкивании в лыжах [187, 203].

Одно из наиболее полных исследований изменения различных параметров ОБШХ на третбане у лыжников высокого класса при изменении от медленной (9 км/ч) до максимальной скорости (далее – Vmax) выполнено S. J. Lindinger [207]. Приведем основные результаты.

Получено, что время опоры постепенно сократилось почти втрое с 702 ± 33 мс при скорости 9 км/ч до 243 ± 9 мс (P<0,05) при максимальной скорости. Одновременно пиковая сила на палке удвоилась с 132 ± 11 Н до 269 ± 16 Н, а время достижения пиковой силы на палке сократилось с 223 ± 14 до 70 ± 4 мс, что привело к почти семикратному увеличению скорости развития (градиенту) силы с 560 ± 158 до 3826 ± 275 Н/с. Минимальный угол в локтевом суставе снизился с 74 до 58 градусов.

При этом амплитуда движений при сгибании в локтевом суставе увеличивалась с 26о ± 4 до 45о ± 5, а время сгибания в локтевом суставе постепенно сокращалось с 229 ± 16 до 131 ± 28 мс на скорости 21 км/ч (средней скорости бега в гонке) и далее еще ниже до 93 ± 4 мс при Vmax. Соответственно, угловая скорость сгибания в локтевом суставе увеличилась примерно в четыре раза с 2,0 ± 0,5 до 8,4 ± 0,7 рад/с. В этой связи есть все основания считать, что на высокой скорости в мышцах локтевого сустава используется механизм рекуперации ЭУД.

Аналогично тенденциям, описанным ранее для легкоатлетического бега, с ростом скорости увеличивалось время преактивации мышц от отрицательных значений при скорости 9 км/час до максимальных значений 244 ± 20 мс при максимальной скорости в трехглавой мышце плеча, большой грудной мышце, широчайшей мышце спины и большой круглой мышце. С высокой вероятностью в этом так же, как в увеличении силы и сокращении времени отталкивания палкой, проявляется механизм повышения жесткости кинематических цепей, который повышает долю ЭУД в совершении механической работы.

Одновременно проявилась тенденция существенного увеличения ЭМГ активности всех ключевых мышц. Причем амплитуда ЭМГ некоторых мышц, например, latissimus dorsi, возросла более чем на 60%, а teres major – на 177 ± 47% относительно максимального изометрического сокращения. Это можно интерпретировать как наличие рефлекторного вклада в амплитуду ЭМГ [207].

Второй тенденцией, аналогичной бегу, явилось то, что амплитуда ЭМГ возрастала со скоростью в большинстве мышц только в фазе амортизации, в то время как в фазе отталкивания ЭМГ возрастала относительно немного до скорости 15–21 км/час, а затем начинала снижаться. В этом проявляется механизм накопления ЭУД при эксцентрике с последующей ее реализацией в концентрической фазе. А соотношение ЭМГ в первой и второй фазе, так же как в беге, можно рассматривать как критерий эффективности работы механизма ЭУД, который может быть фактором повышения экономичности движения.

Классически лыжный ход на роллерах и лыжах в связи со скоростью бега исследовался в нескольких работах [272, 328, 329, 330].

Основные результаты представлены в таблице 3.

С увеличением скорости бега на лыжах уменьшались:

– общее время цикла;
– время отталкивания палками и ногой;
– время маха.

Однако время фазы свободного скольжения и предварительной загрузки не изменялось со скоростью (лыжи). Длина свободного скольжения и длина шагов возрастали [330].

Таблица 3

Динамические и кинематические характеристика циклов бега на лыжах попеременным двушажным ходом на разной скорости (среднее значение ± SD) [330]

Характеристика	Скорость			
	низкая	средняя	быстрая	максимальная
Скорость, м/с	3,7±0,4	4,2±0,5[a]	5,0±0,5[a]	5,6±0,4[a, б, с]
Длина цикла, м	5,1±0,0	5,3±0,1	5,8±0,1	5,7±0,1[a]
Время цикла, с	1,39±0,12	1,27±1,13[a]	1,15±0,10[a]	0,99±1,12[a, б]
Время отталкивания палками, с	0,64±0,05	0,60±0,06[a]	0,57±0,07[a]	0,49±0,07[a, б, с]
Время контакта лыж со снегом, с	0,91±0,08	0,85±0,08[a]	0,75±0,08[a, б]	0,64±0,06[a, б, с]
Время маха (переноса лыж), с	0,48±0,08	0,43±0,08	0,34±0,06[a]	0,31±0,12[a, б]
Время фазы свободного скольжения, с	0,11±0,04	0,12±0,03	0,14±0,05	0,12±0,04
Время фазы одновременного скольжения и отталкивания палками, с	0,28±0,02	0,25±0,04	0,21±0,03[a]	0,15±0,06[a, б, с]
Время преднагрузочной фазы (амортизации ноги), с	0,09±0,03	0,09±0,03	0,08±0,02	0,10±0,03
Время фазы отталкивания ногой, с	0,17±0,04	0,14±0,03	0,14±0,02[a]	0,12±0,02[a]
Среднее значение за цикл суммарных вертикальных сил на лыжах, Н	620±68	616±61	609±83	607±59
Среднее значение за цикл суммарных горизонтальных сил на лыжах, Н	7±3	12±6	17±6[a]	22±6[a, б]
Среднее значение за цикл суммарных вертикальных сил на палках, Н	41±7	45±8	44±8	44±15
Среднее значение за цикл суммарных горизонтальных сил на палках, Н	28±5	27±4	29±7	30±8

Примечания: [a] – достоверные различия от низкой скорости; [б] – достоверные различия от средней скорости; [с] –достоверные различия от высокой скорости.

Из динамических и ЭМГ характеристик:

– при увеличении скорости бега уменьшалась вертикальная составляющая давления на лыжу в фазе скольжения одновременно с увеличением активности прямой мышцы живота;
– в фазе предварительной загрузки силы торможение лыж по обеим осям не изменялись, несмотря на более высокую ЭМГ-активность мышц разгибателей спины;
– сила отталкивания по обеим осям в фазе толчка ногой увеличилась, при этом ЭМГ-активность икроножной мышцы не менялась;
– значение средней силы на палках не менялось в зависимости от скорости и составляет 6–10% от массы лыжника, следовательно, вклад работы рук в движение уменьшился.

На роллерах, в отличие от бега на лыжах по снегу, можно отметить следующие дополнительные тенденции изменения показателей со скоростью, представленные в таблице 4 [329]:

– уменьшалась относительная длительность свободного скольжения и импульса силы в продольном и вертикальном направлениях;
– возрастали пиковая сила отталкивания палкой от твердой опоры и градиенты силы при отталкивании руками и ногами;
– сила отталкивания ногами не менялась.

Следовательно, абсолютные значения силы мышц ног могут не играть существенного значения в обеспечении эффективности отталкивания и скорости лыжников, однако этого нельзя сказать в отношении мышц плечевого пояса, как минимум в отношении ОБШХ. При этом скоростно-силовые возможности, необходимые для обеспечения высокого градиента силы и, возможно, жесткости пояса верхних и нижних конечностей, безусловно, важны.

Таким образом, общими для бега и лыжных гонок с ростом скорости являются: уменьшение длительности периодов опоры, увеличение частоты и длины шагов, градиента сил, включая маховые движения, увеличение сил реакции опоры, преактивации и ЭМГ-активности мышц, особенно в эксцентрической фазе. Это позволяет использовать механизм ЭУД для повышения эффективности движений. При этом в концентрической фазе отталкивания активность мышц может не возрастать.

В работе T. Stöggl на разной скорости сравнивались динамические и кинематические характеристики трех лыжных ходов при беге на третбане [203]:

1) одновременный одношажный коньковый ход (ООКХ);
2) одновременный бесшажный ход (ОБШХ);
3) классический попеременный двушажный ход (ПДШХ).

Таблица 4

Пространственно-временные и динамические характеристики попеременного двушажного хода при беге на роллерах с разной скоростью на лыжном третбане шведских лыжников высокой квалификации (n=11) [329]

Характеристика	Скорость		
	средняя	высокая	максимальная
Скорость, км/ч	12,6±1,1	16,2±1,4	20,2±2,2
Время цикла, с	1,15±0,07[бв]	1,01±0,10[ав]	0,69±0,09[аб]
Время отталкивания палками, с	0,45±0,07[бв]	0,38±0,04[ав]	0,27±0,03[аб]
Время маха руки, с	0,70±0,04[бв]	0,63±0,09[ав]	0,41±0,07[аб]
Время свободного скольжения, с	0,42±0,05[бв]	0,36±0,08[ав]	0,19±0,07[аб]
Время предварительной загрузки, с	0,07±0,01	0,06±0,01	0,05±0,01
Время отталкивания, с	0,19±0,03[бв]	0,16±0,02[ав]	0,14±0,02[аб]
Время маха ноги, с	0,47±0,06[бв]	0,43±0,06[ав]	0,32±0,05[аб]
Относительное время отталкивания палкой, %	39,4±4	38±4	40±3
Относительное время маха руки, %	61±4	62±4	60±3
Относительное время скольжения, %	36±3[в]	36±5[в]	27±8[аб]
Относительное время предварительной загрузки, %	6±1	6±1	7±1
Относительное время толчка, %	17±2[в]	16±2[в]	20±2[аб]
Относительное время маха ног, %	41±5[в]	43±5[в]	46±7[аб]
Пиковая сила отталкивания рукой, Н	100±24[бв]	118±36[ав]	197±44[аб]
Пиковая сила отталкивания ногами, Н	1531±217	1538±184	1448±187
Градиент силы отталкивания рукой, кН/с	1,0±0,9[бв]	1,6±1,5[ав]	5,8±1,5[аб]
Градиент силы опорной реакции ноги во время фазы загрузки лыж, кН/с	10,1±2,4[бв]	12,6±2,3[ав]	13,9±2,4[аб]
Импульс силы отталкивания руками, Н·с	22±4	22±5[в]	18±2[аб]
Импульс силы отталкивания ногами, Н·с	235±39[в]	215±27[в]	174±21[аб]

Примечания: [а] – достоверные различия от средней скорости; [б] – достоверные различия от высокой скорости; [в] –достоверные различия от максимальной скорости.

Получено, что частота шагов для всех трех лыжных ходов возрастала, а длина шагов при ОБШХ и ПДШХ снижалась, но сохранялась при ООКХ. Также время отталкивания руками и ногами были разными для всех трех техник и закономерно меньшими при более высокой скорости. Однако эта закономерность не распространялась на время отталкивания ногой при ПДШХ, которое достигало наименьших значений при субмаксимальной скорости и далее с ростом скорости не изменилось. Точно так же при ПДШХ не изменилось время достижения максимума силы при отталкивании ногой. Это говорит о том, что мышцы ног, видимо, работа-

ют с максимальной скоростью развития силы уже при немаксимальных скоростях бега и не существует резерва в большем увеличении пиковой силы отталкивания, а, следовательно, и импульса силы. И напротив, можно предположить, что увеличение градиента силы путем силовых и скоростных тренировок может привести к смещению этого временного ограничения в сторону меньшей продолжительности и тем самым позволит увеличить импульс силы отталкивания.

Самое короткое время отталкивания руками наблюдалось при ООКХ, затем следовали ОБШХ и ПДШХ. При увеличении скорости сила отталкивания палками при ПДШХ и отталкивания ногой в ООКХ увеличивалась. Этому способствовало более длительное время активной фазы. Следовательно, сила тяги мышцы успевала достичь более высоких значений. Это отражается на том, что импульс силы на палках был связан со Vmax, тогда как пиковая сила такой связи не имела. Это предполагает, что способность генерировать максимальную силу при предельной скорости имеет второстепенное значение.

На субмаксимальной скорости была обнаружена положительная корреляция между временем отталкивания палками и временем достижения пиковой силы на палках для ОБШХ, а частота шагов была связана с пиковой и импульсом силы при отталкивании палками при ОБШХ.

На субмаксимальной скорости как при ПДШХ, так и ООКХ динамические характеристики работы ног не были связаны со скоростью. Только при ООКХ импульс силы на палке показал положительную связь со скоростью. Это позволяет предположить, что в этой технике большое значение имеет работа мышц верхней части тела. Такое большее использование верхней части тела может привести к разгрузке ног и объяснить данные, что более квалифицированные лыжники имеют более высокие силовые возможности мышц плечевого пояса, чем менее результативные. Такую тенденцию можно проследить на примере корреляции между максимальной мощностью в жиме лежа и пиковым усилием на палке на субмаксимальной скорости с использованием ООКХ.

Наиболее интересной частью исследования было то, что обнаружены две разные стратегии отталкивания палками при ОБШХ, показанные на рисунке 20. Лыжники, использующие стратегию А, показали:

а) более высокую максимальную скорость;
б) одинаковые пиковые усилия на палках как при постановке палки, так и при активном усилии (второй пик на рисунке 20);
в) более высокий пик активной силы на максимальных скоростях;
г) большее расстояние, пройденное во время каждой фазы отталкивания палками на обеих скоростях;

д) соответственно, более длительное время отталкивания палками на субмаксимальной скорости;
е) более длинные циклы шагов на обеих скоростях;
ж) более длительное время до пиковой силы на субмаксимальной скорости.

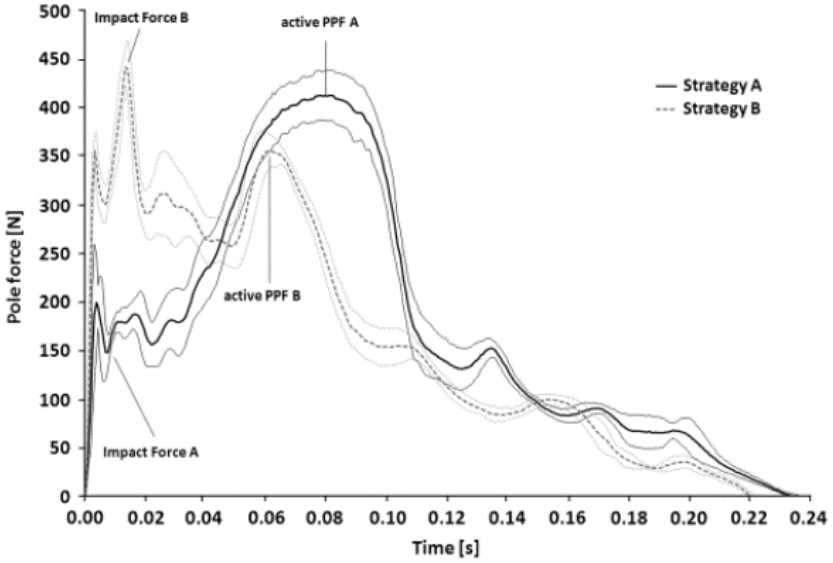


Рис. 20 – Сравнение кривых усилия на палке между двумя лыжниками, представляющими две разные стратегии ОБШХ при отталкивании руками на высоких субмаксимальных спринтерских скоростях. Стратегия А характерна для более быстрых по скорости, а стратегия В – более медленных спортсменов [203]

Время до пика силы на палке, особенно на высоких субмаксимальных скоростях, было положительно связано с максимальной скоростью. Это означает, что лыжники, которые продемонстрировали более длительное время достижения максимальной силы на палке и, следовательно, более низкую скорость развития силы на высоких субмаксимальных скоростях, достигли более высокого значения максимальной скорости. И наоборот, это не означает, что более быстрые лыжники не могут показать более высокий градиент развития силы и сократить время до достижения пиковой силы, но указывает на то, что при движении на высоких скоростях использование этой стратегии может быть нецелесообразным.

Тем не менее в ОБШХ более медленные лыжники (стратегия В) показали неожиданную закономерность, достигая пика силы уже при постановке палки, после чего их сила давления на палку слегка умень-

шилась. Напротив, пиковая сила более быстрых (квалифицированных) лыжников была выше и сдвинута ближе к окончанию опоры, что видно на рисунке 20. Следовательно, в точке, где палки имеют меньший угол наклона относительно поверхности, то есть там, где имеется возможность увеличить продольную (наиболее полезную) составляющую отталкивания, более быстрые лыжники создавали большие усилия, в отличие от более медленных. Кроме того, более быстрые лыжники имели большую длину проката за время отталкивания палками и показали большую длину шагов. Авторы делают предположение, что при такой технике палки ставятся на опору на большем расстоянии от ЦМТ. Это подтверждается корреляцией между пройденным расстоянием и временем достижения максимальной силы на палке. Большее пройденное расстояние и время фазы опоры, как это имеет место при стратегии А на рисунке 20, позволяют увеличить длительность приложения усилий, и, следовательно, пиковая сила на палках во время фазы опоры может быть выше.

В ПДШХ также были обнаружены две разные стратегии отталкивания палками: более быстрые лыжники демонстрировали пик силы на опоре позже. Создание большего усилия в более поздней части периода опоры выгодно для создания ускорения вперед, удлиняет фазу проката и позволяет телу занять лучшее положение для предстоящего отталкивания ногой.

Несколько лыжников на максимальной скорости перешли на «беговой» вариант ПДШХ без фазы скольжения. При такой технике наблюдается более ранний пик приложения силы, а фаза проката может исчезать. Тем не менее «беговая» стратегия ПДШХ может быть более быстрой, но менее экономичной, а также требовать на максимальной скорости максимального градиента силы при отталкивании ногой.

Большинство лыжников начали переключаться на технику одновременного двушажного конькового хода при приближении к своей индивидуальной максимальной скорости. Преимущества этой смены лыжного хода объяснялось:

а) более широким использованием цикла растяжения-укорочения;
б) меньшим боковым смещением во время первой фазы контакта с землей;
в) большей направленностью проката лыжи вперед и, следовательно, большим расстоянием, пройденным вперед во время каждого цикла;
д) возможностью создания дополнительного усилия во время первой фазы по сравнению с непропульсивным скольжением при ООКХ.

Анализ корреляционной структуры на высоких скоростях показал следующее. Длина цикла была положительно, а частота – отрицательно связана со скоростью при ОБШХ и ПДШХ на субмаксимальных скоростях, а также при ОБШХ и ООКХ на максимальной скорости, что согласуется с предыдущими исследованиями. Интересно, что скорость в ОБШХ на субмаксимальных скоростях была отрицательно связана с усилиями на палке. Это свидетельствует о том, что лыжники, способные прикладывать большее усилие к палкам, бегут с большей длиной шагов. Примечательно, что даже несмотря на то, что у лыжников были разная Vmax, более квалифицированные лыжники продемонстрировали большую длину шагов на более высоких скоростях по сравнению с менее результативными. Отсутствие взаимосвязи между продолжительностью цикла и максимальной скоростью при ПДШХ может быть связано с различными стратегиями. Более того, продолжительность маховых фаз и для рук, и для ног во всех лыжных ходах на субмаксимальных скоростях была тесно связана со значением скорости. Сделан вывод, что техника, предполагающая короткие, но предельно активные периоды отталкивания, позволяет иметь более длинный шаг и лучшую максимальную скорость.

Все перечисленные закономерности изменения параметров лыжных ходов с ростом скорости, но с добавлением анализа метаболических параметров, экономичности (энергетической стоимости) и механической эффективности бега на лыжах для мужчин и женщин, были подтверждены в наиболее поздней работе известного шведского исследовательского коллектива, показанные на рисунке 21 [331].

Получено, что энергетическая стоимость пути (экономичность) при беге на лыжах обеими стилями с ростом скорости улучшается, даже несмотря на достаточно большой угол наклона ленты третбана. При этом КПД (gross-efficiency) снижается. Последнее не выглядит парадоксальным, так как в подобных исследованиях по какой-то причине никак не учитывается «внутренняя» механическая работа, совершаемая по ускорению и перемещению конечностей и лыжного инвентаря, что, очевидно, имеет высокую стоимость, возрастающую со скоростью, как это показано в работах, обсуждаемых ранее. Тем не менее, в отличие от работы S. Leirdal, механическая эффективность с ростом скорости не снижалась [233]. Возможно, что это связано с меньшей субмаксимальной скоростью бега испытуемых и неиспользованием бега на максимальной скорости.

В связи с выполненным анализом необходимо обсудить также следующие моменты.

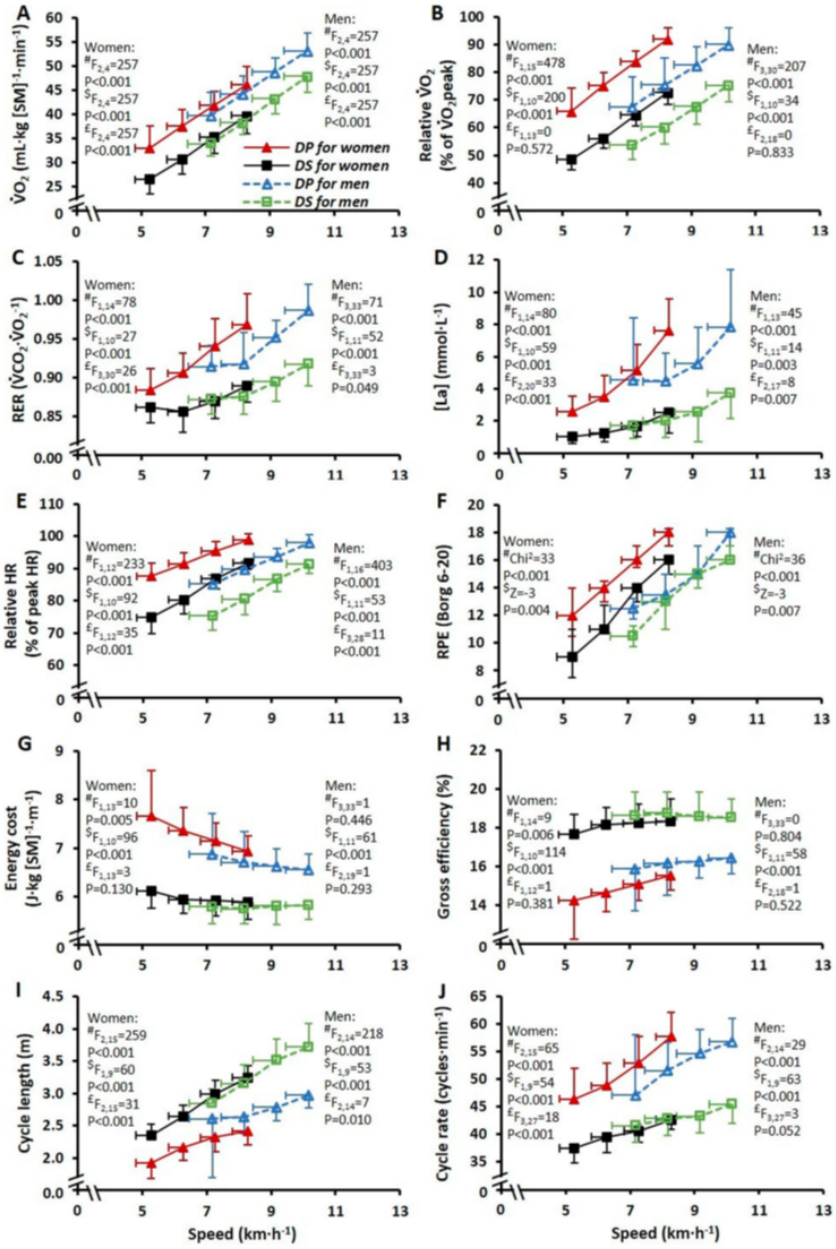


Рис. 21 – Физиологические и биомеханические параметры бега в подъем (5 град.) на роликовых лыжах с использованием одновременного двушажного (треугольные маркеры) и классического (квадратные маркеры) лыжных ходов на четырех субмаксимальных скоростях для мужчин (синий и зеленый маркеры) и женщин (красный и черный маркеры). Параметры F и P представлены для: # – влияния скорости; $ – влияния подтехники. Оценка воспринимаемой нагрузки (RPE). Потребление кислорода (VO2), коэффициент дыхательного обмена (RER), концентрация лактата (La) в крови, частота сердечных сокращений (HR) [331]

В некоторых работах показано, что отношение времени скольжения ко времени отталкивания (ритмовой коэффициент) не имеет четкой динамики с ростом квалификации, а значит, соревновательной скорости лыжников [332]. Однако ранее в работе австрийских авторов для спринтерского бега на лыжах, получено, что лучшие результаты ассоциировались с большим ритмовым коэффициентом [24]. Аналогичные результаты получены для ОБШХ [333].

Это частично может быть объяснено фактом, что при коротких и мощных отталкиваниях, сочетающихся с длинным периодом скольжения, артериовенозная разница по лактату ниже, как и общая концентрация лактата в крови, поэтому возможно, что по этой причине спортсмены высокого класса регулируют темпо-ритмовую структуры своего бега в эту сторону [333, 334].

В то же время во всех известных нам исследованиях, как это подробно обсуждалось ранее [335], получено, что с ростом скорости существенно увеличиваются градиенты силы ($\Delta F/\Delta t$) при отталкивании ногой и особенно рукой. Точно так же многократно показана высокая положительная взаимосвязь между силой отталкивания на лыжне и уровнем скоростно-силовых способностей лыжников. Это полностью совпадает с тенденциями, полученными в исследованиях бегунов (при анализе механизмов создания высокой «жесткости» ног).

В целом, считается, что для лучшего использования упругих сил при отталкивании современная техника основного классического хода требует выполнять менее глубокое, но быстрое подседание. Соответственно, может быть актуальным вопрос тренировки способности к быстрому проявлению оптимального по величине усилия. При этом имеет смысл обратить внимание, что, в отличие от легкоатлетического бега, отношение времени проката ко времени отталкивания не проявляет себя как дискриминативный признак уровня квалификации, скорости или физической подготовленности спортсменов.

Однако здесь необходимо обратить внимание на важную деталь, что время отталкивания ногой очень короткое, – у сильнейших лыжников длительность фаз амортизации и отталкивания в сумме составляет 0,12–0,14 на снегу [272, 336] и 0,18–0,2 с на роллерах [203]. Это близко по времени взаимодействия с опорой в легкоатлетическом спринте при беге с максимальной скоростью [261]. Следовательно, для эффективного отталкивания даже с немаксимальной силой (1.8–2.0 массы тела) лыжники должны создавать очень высокий градиент силы. Поэтому может иметь основания вывод, что такие характеристики отталкивания могут быть обеспечены только (или в основном) за счет работы быстрых

ДЕ скелетных мышц ног. В то же время активный период отталкивания руками, уровень активации musculus biceps brachii относительно максимума и транзитивное время прохождения крови через капилляры в силу ускоренного кровотока в фазе расслабления существенно выше [334]. Перечисленное позволяет предположить, что существенная часть механической работы при работе руками, в отличие от мышц ног, может быть и должна быть выполнена за счет МВ типа I (как обсуждалось выше), однако этого, по всей видимости, не происходит, так как известно, что:

– во время бега на лыжах с высокой скоростью мышцы плечевого пояса генерируют лактат, а мышцы ног его потребляют [337];
– мышцы ног экстрагируют из притекающей крови существенно больший процент кислорода, чем мышцы рук [334, 338];
– в musculus biceps brachii элитных лыжников имеет место высокая степень гипертрофии МВ типа II, в то время как МВ типа I гипертрофированы существенно меньше, и наоборот, в одной из основных мышц разгибателей ноги в коленном суставе musculus vastus lateralis гипертрофия быстрых МВ относительно контроля практически отсутствует, а гипертрофия медленных МВ слабо выражена [181, 339, 340].

Другими словами, в настоящее время сложно объяснить, за счет каких факторов (нейромышечных, морфологических, связанных с моторным контролем и тому подобное) формируется способность лыжников к быстрому отталкиванию ногами и, соответственно, какие тренировочные средства и методы будут наиболее эффективными. Другой вывод – при соответствующей тренировке существует принципиальная возможность повышения доли медленных ДЕ в генерации усилия при отталкивании руками за счет гипертрофии МВ типа I. Это особенно актуально с учетом факта (который, правда, иногда справедлив не для всех мышц), что процент быстрых МВ в мышцах рук выше, чем в мышцах ног [341].

1.3.3 Изменение параметров локомоций в связи с утомлением

Наступление утомления – это закономерное явление, объективная причина, которая не позволяет спортсмену показать более высокий результат в ЦВС [342, 343]. Можно утверждать, что тренировочный пресс направлен на такую адаптацию организма спортсмена, которая позволит ему двигаться с большей скоростью до объективно наступающего момента, когда он уже не сможет поддерживать необходимую эффективность движения.

Изучение экономичности, биомеханических и ЭМГ-показателей локомоций в связи с наступлением утомления интересно также с позиции выявления факторов, воздействие на которые в тренировочном процессе позволит отдалить или в существенной степени компенсировать снижение эффективности движения [344].

Если рассматривать биомеханический аспект утомления, то в отечественной литературе длительно обсуждалось предположение, что бег в утомленном состоянии наиболее «экономичен» в силу самооптимизации движения со стороны ЦНС [220, 266]. Однако наиболее часто встречающимся результатом исследования влияния утомления на энергетическую стоимость бега является ее увеличение до 18% по сравнению с неутомленным состоянием [345].

В то же время сообщается еще о двух стратегиях изменения параметров в связи с утомлением. Первое: увеличение стоимости бега может быть небольшим или вообще отсутствовать, но некоторые параметры бега могут изменяться существенно. Из этого делается вывод, что тренированные бегуны могут динамически оптимизировать биомеханику своего бега в зависимости от своего физиологического состояния [222]. Вторая: изменения биомеханических характеристик бега, например, таких как частота шагов, вертикальные колебания, могут быть минимальными, а сдвиг стоимости бега – очень существенным, что означает, что несколько других физиологических и биомеханических факторов могут приводить к ухудшению экономичности во время утомления [346, 347].

Предполагаемые механизмы увеличения энергетической стоимости в процессе преодоления дистанции включают метаболические факторы, механические факторы, характерные для бега, и изменения в рекрутировании мышц.

Метаболические факторы могут в какой-то степени отвечать за восходящий дрейф в потреблении кислорода на постоянной скорости. Наиболее очевидная причина – переход к окислению жирных кислот, о чем свидетельствует снижение дыхательного коэффициента. Это может отвечать за 40% общего увеличения потребления кислорода (VO2) при марафонском беге [348]. При более высокой интенсивности, наоборот, происходит постепенное смещение дыхательного коэффициента к 1,0 из-за большей зависимости от углеводов. Это снижает потребление кислорода, но не влияет на энергозатраты. В упражнениях с интенсивностью, лежащей между лактатным (анаэробном) порогом и критической скоростью, реакция VO2 после начала забега имеет экспоненциальную функцию [349], происходит накопление лактата в крови. Однако показа-

но, что сам по себе лактат не стимулирует потребность в O2 [350]. Более вероятный кандидат на эту роль – ионы водорода (молочная кислота), которые стимулируют гипервентиляцию для компенсации неметаболического ацидоза [39]. Но оценка вклада повышенной вентиляции также противоречива. С одной стороны, известно, что усиленная работа дыхательной мускулатуры требует дополнительного кислорода: например, подсчитано, что увеличение потребления кислорода с 80 до 170 мл/мин связано с изменением вентиляции до 22,3 л/мин [351, 352], но, с другой, при движении с постоянной скоростью ниже анаэробного порога дрейф вентиляции не столь велик, чтобы существенно влиять на VO2. При более высокой скорости оценка самой экономичности достаточно дискуссионна из-за сложности определения баланса продукции и удаления лактата. Тем не менее усредненно считается, что увеличение вентиляции примерно на 20 л/мин будет способствовать ухудшению экономичности примерно на 7% [353].

Следующим метаболическим фактором, ответственным за дрейф VO2, может быть повышение ректальной температуры, которая может влиять на митохондриальное дыхание. Однако корреляция между повышением ректальной температуры и дрейфом VO2 не подтверждена [354].

Также предполагалось, что дрейф VO2 связан с действием биохимических веществ, таких как брадикинины и простагландины, высвобождаемые поврежденными мышцами. Однако экспериментального подтверждения этой гипотезы также нет [348].

Оценка взаимосвязи кинематических параметров бега с увеличением стоимости бега не всегда давала совпадающие результаты. Наиболее часто сообщалось о небольшом компенсаторном увеличении частоты шагов [222, 344]. Это повышает внутреннюю механическую работу и энергозапрос.

С другой стороны, высказывалось мнение, что в связи с тем, что бóльшая частота может быть связана с увеличением жесткости ног, по крайней мере в неутомленном состоянии [247], такое изменение кинематики может объясняться попыткой сохранить механическую эффективность движения. Тем не менее во всех случаях измерения жесткости, а также сопутствующего вертикальной составляющей реакции опоры в связи с утомлением было получено их снижение [344]. Однако длительность опорного периода, которая связана с частотой шагов и жесткостью кинематической цепи, такой однозначной связи не демонстрировала [355, 356]. В то же время большая часть исследований подтвердила увеличение длительности опорного периода при утомлении [344], и это согласуется с параллельным уменьшением жесткости.

Среди угловых характеристик наиболее согласующимся среди нескольких исследований было увеличение пикового угла сгибания в коленном и тазобедренном суставах, а также снижение угла в голеностопном при постановке ноги на опору [344]. Такие изменения – наиболее вероятные причины уменьшения жесткости биомеханической системы, но в то же время, как считается, одновременно и стратегия снижения риска травматизма при ухудшении функциональности мышц [357]. При этом общая амплитуда движения в суставах возрастала в связи с большей длительностью опорного периода, а значит, и перемещения ЦМТ во время контакта. Однако амплитуда движения таза уменьшалась – повышалась его локальная стабильность. Импульс силы и механическая работа на опоре не изменялись. Интегрированная миограмма за цикл движения систематически снижалась у двуглавой мышцы бедра и икроножной мышцы. При этом снижалась преактивация мышц голени [344].

В работе S. Lazzer показано, что наибольшую роль в ухудшении экономичности при наступлении утомления сыграло увеличение индекса следа (отклонение траектории центра давления от продольной оси стопы), за которым следовали изменения частоты шагов и вертикальных перемещений ЦМТ [204].

В нашей работе показано, что в стадии компенсированного утомления (без изменения скорости) снижается время полета без изменения времени опоры. Уменьшаются все параметры, связанные с работой и мощностью в вертикальном направлении, и, соответственно, уменьшаются вертикальные перемещения ЦМТ. Снижаются экстремумы силы в горизонтальном направлении, но без изменения потери горизонтальной скорости на опоре [262]. Это противоречит тезису, что в утомленном состоянии бег становится более «экономичным» [263].

Третий предполагаемый механизм прогрессивного дрейфа VO2 заключается в рекрутировании дополнительных мышц и более высокопороговых ДЕ мышц ног, что может быть связано с потерей способности эффективно генерировать необходимую силу. Ряд авторов сообщил о закономерном снижении силы максимального произвольного сокращения и активации мышц ног в утомленном состоянии и корреляции между этими нарушениями и увеличением потребности в кислороде [345, 348, 358]. Сравнение эксцентрического и концентрического соотношения для интегрированной ЭМГ-активности мышц-разгибателей ног в утомленном и неутомленном состояниях показало, что продолжительность эксцентрической и концентрической фаз не изменилась, ЭМГ эксцентрической фазы не изменилась, но ЭМГ концентрической фазы увеличилась примерно на 30%, по-видимому, чтобы компенсировать

снижение использования накопленной ЭУД [278]. Предполагаемым механизмом в этом отношении может быть более длительная задержка между растяжением и укорочением [359], а также снижение градиента силы утомленных мышц. Это все в совокупности может снижать эффективность использования ЭУД.

Сравнение интегрированной миограммы в лыжном спринте в конце первого забега (на фоне компенсированного утомления) и третьего забега (некомпенсированное утомление) показано на рисунке 22 [360].

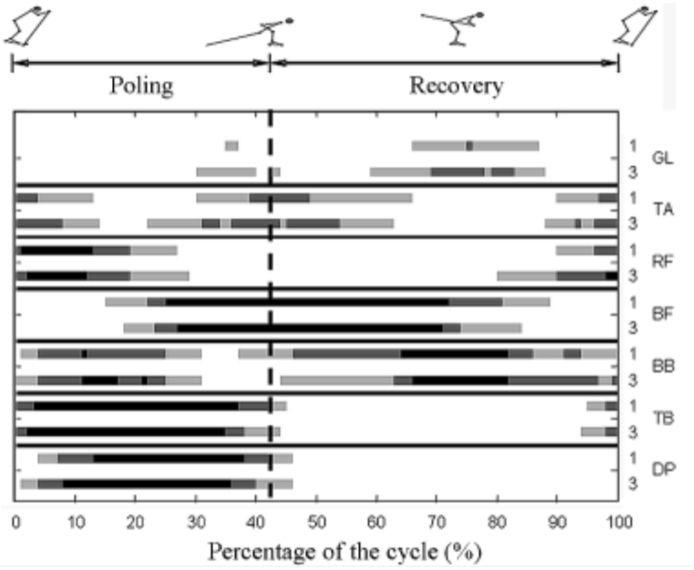


Рис. 22 – паттерны активности мышц в конце первого (1) (компенсированное утомление) и третьего (3) (некомпенсированное утомление) забега в лыжном спринте с использованием ОБШХ. Мышцы: deltoid posterior (DP), triceps brachii (TB), biceps brachii (BB), biceps femoris (BF), rectus femoris (RF), tibialis anterior (TA) и gastrocnemius lateralis (GL). Градации штриховки указывают на степень активации мышцы в соответствующей фазе цикла: черная – более 75%; темно-серая – 50–74%; светло-серая – 25–49%; не заштрихованные участки – мышца практически не активна [360]

Представленные данные указывают на важность мышц верхней части тела при выполнении ОБШХ [333]. Мышцы верхней части тела демонстрировали явные признаки утомления, которые были выше, чем у мышц нижней части тела, так как при отталкивании механическая сила в основном генерируется за счет последовательной активации мышц верхней части тела. Кроме этого, мышцы рук и плеч, такие как triceps brachii, biceps brachii, tibialis anterior, также используются для движения и стабилизации локтевого и плечевого суставов; следовательно, они

играют фундаментальную роль в управлении движениями палками. Среди проанализированных мышц triceps brachii и biceps brachii оказались наиболее утомляемыми, тогда как deltoid posterior не показывали явных признаков утомления. Последнее – неожиданный факт, так как хорошо известна роль этой мышцы как в выполнении маха, так и отталкивания в лыжных гонках. Фактически у пяти спортсменов из восьми изменений не было, но у трех спортсменов снижение частоты спектра deltoid posterior составляло от 2,5 до 8%. Две гипотезы могут объяснить этот результат. Во-первых, deltoid posterior примерно на 60% состоит из волокон типа I, которые медленно утомляются [341]; следовательно, у спортсменов высокого уровня эта мышца, вероятно, может длительно работать без существенного утомления. Во-вторых, низкая утомляемость этой мышцы в основном связана с режимом ее работы, она существенно активируется в уступающем и изометрическом режимах, выполняя функцию передачи генерируемой механической силы от верхней части тела к ногам, но не в преодолевающем.

Высокий уровень утомления triceps brachii и biceps brachii можно легко объяснить тем, что эти две мышцы демонстрируют в ОБШХ высокий уровень активности, так как непосредственно участвуют в сгибании локтя в начале фазы опоры и в последующем его разгибании. Утомление в мышце biceps brachii в основном проявляется во время сгибания локтя в начале фазы опоры. Это закономерно, поскольку было показано, что при высокой скорости пиковое усилие на палке возникает в момент полного сгибания локтя [361]. Причина утомления triceps brachii также очевидна, так как эта мышца создает основное пропульсивное движение при отталкивании руками. Таким образом, показано, что в лыжных гонках ответственным за снижение частоты шагов на финише является утомление мышц рук. При этом показано, что в длительной (марафонской) гонке утомление приводит к уменьшению амплитуды сгибания в локтевом суставе и увеличивает значение среднего угла в цикле движения в плечевом суставе. Угол в голеностопном суставе при этом увеличивается [362].

В мышцах ног также наблюдаются признаки прогрессирования утомления, особенно в мышцах rectus femoris и tibialis anterior в начале фазы опоры во время сгибания голеностопного сустава и бедра [360]. Это явление также может быть объяснено важной функцией этих мышц, а также их миотипологией – в этих мышцах преобладают быстросокращающиеся волокна [341].

В заключение раздела следует отметить, что нет информации по изменениям биомеханики с утомлением в других лыжных ходах.

1.3.4 Факторы повышения эффективности локомоций, связанные с механизмами работы нервно-мышечного аппарата (вместо заключения по разделу 1.3)

Используя данные предыдущих разделов, можно более системно обсудить вопрос тренировочного воздействия на механизмы, присущие организму спортсмена, для повышения эффективности движения по дистанции.

Техника спортсмена при преодолении дистанции должна позволять эффективно решать двуединую задачу: с одной стороны, обеспечивать экономное расходование метаболической энергии и удаление продуктов распада субстратов, прежде всего при преодолении подъемных участков, с другой – позволять достигать высокой скорости при тактических и финишном ускорениях, используя имеющийся у спортсмена двигательный потенциал.

При решении данной двигательной задачи спортсмен задействует определенные механизмы, имеющиеся в его организме и обеспечивающие: выработку метаболической энергии, создание механической тяги или сопротивления мышц, а также перемещения звеньев тела по траекториям, определяемыми биомеханическими требованиями соревновательного упражнения.

Критериями успешности решения задачи (работы задействованных механизмов) являются:

1) эффективность использования кислорода и энергетических субстратов, а также минимизация продукции и скорость удаления побочных продуктов при ресинтезе АТФ, используемого для обеспечения активности скелетных мышц;
2) эффективность использования энергии АТФ для выполнения механической работы движения в суставах;
3) эффективность использования механической работы для создания горизонтальной скорости перемещения центра масс тела спортсмена по дистанции. При не максимальной скорости критериями являются экономичность расхода энергии и минимизация продукции, скорость удаления побочных продуктов, при ускорениях – собственно максимальная доступная скорость передвижения для данных условий.

Спортивная тренировка, направленная на повышение результата, должна воздействовать на факторы, которые могут повысить эффективность работы соответствующих механизмов.

Анализ литературы позволяет сделать вывод, что существуют относительно небольшие возможности улучшения экономичности мышечной

работы за счет повышения эффективности ресинтеза АТФ из расчета на моль потребленного кислорода или расхода основных энергетических субстратов. Другими словами, положительное влияние на экономичность движения таких факторов, как гипоксическая тренировка, гипертермическая тренировка, применение некоторых продуктов питания (например, содержащих нитраты) и т. п., которые встречаются в некоторых исследованиях, на самом деле обусловлены другими причинами, отличными от повышения эффективности сопряжения окисления с фосфорилированием в нормальных физиологических условиях тренировочной и соревновательной деятельности.

Эффективность использования энергии АТФ для выполнения так называемой общей (внешней и внутренней) механической работы теснее всего связано с механизмами рекуперации (то есть повторного использования) механической энергии, которая генерируется мышцами.

Выделяют три механизма рекуперации:

– первый механизм: переход кинетической энергии в потенциальную и обратно;
– второй механизм: передача механической энергии от одного звена кинематической цепи к другому звену двумя путями:
  1) передача энергии от звена к звену через сустав как жесткое сочленение;
  2) за счет сочетанного действия односуставных и двусуставных мышц, которые передают энергию через два сустава от звена к звену, непосредственно не соединенных суставными сочленениями;
– третий механизм: накопление энергии упругой деформации, связанной с предварительным растяжением упругих элементов опорно-двигательного аппарата в эксцентрической фазе движения, которая затем используется в качестве силовой «добавки» к тяговому усилию мышц в концентрической фазе рабочего усилия [363].

Механизмы передачи энергии от звена к звену через сустав как жесткое сочленение и ее передачи от звена к звену присущи опорно-двигательному аппарату человека, однако они не изучаются в качестве объекта, на который можно влиять тренировочными воздействиями.

В этой связи наиболее часто обсуждаемым механизмом повышения механической эффективности при передвижении спортсмена по дистанции является рекуперация (сохранение) ЭУД в структурах опорно-двигательного аппарата человека – прежде всего в мышечно-сухожильных комплексах (единицах). С этим механизмом, по всей видимости, связана и эффективность передачи энергии через два сустава от звена к звену за счет сочетанного действия односуставных и двусуставных мышц.

Кроме упругих свойств сухожилий и других элементов «параллельного» упругого компонента, в последнее время в качестве структуры, участвующей в использовании ЭУД, все чаще обсуждается такой эластичный компонент мышечных волокон, как титин. Титин является крупным эластичным белком, действующим в качестве якоря между Z-линиями и миозином в саркомере, который может играть существенную роль в использовании ЭУД, так как оказывает влияние на эластические характеристики мышечных волокон [301, 363].

Участие этих механизмов в сохранении энергии в движущейся системе и повышении доли полезной механической работы вытекает из факта, что механическая эффективность, например при беге, рассчитываемая как отношение суммы совершаемой внешней и внутренней работы к метаболическим энергозатратам, существенно превышает 22–23%, которые считаются нормой (например, при педалировании на велоэргометре), когда рекуперация механической энергии отсутствует [266, 364].

На эффективность использования ЭУД влияет «жесткость» биокинематической цепи, взаимодействующей с опорой (поверхность земли, спортивный инвентарь), а также длительность переключения между эксцентрической и концентрической фазами активности мышц.

Жесткость определяется главным образом силой тяги мышц в данном движении, зависящей от площади поперечного сечения (ППС) и угла перистости мышц, и рассчитывается как отношение действующей силы (например, вектора силы реакции опоры) к величине деформации кинематической цепи (например, ноги) или как отношение силы реакции опоры к амплитуде перемещения ЦМТ [222, 365].

При этом жесткость соединительно-тканных элементов последовательного упругого компонента мышечно-сухожильного комплекса заведомо больше, чем жесткость даже максимально активированной сократительной части мышцы. Таким образом, чем большую силу развивает мышца, тем больше ЭУД может быть запасено в параллельном и последовательном упругом компоненте этой мышцы. Тем не менее принято говорить о жесткости мышечно-сухожильных комплексов, так как в реальном движении он выступает как единая морфофункциональная единица, а в процессе тренировки изменения происходят во всех его морфологических компонентах.

Положительная связь между жесткостью, рассчитанной обоими способами, или ее улучшением в процессе тренировки, экономичностью и спортивным результатом подтверждена во многих исследованиях [180, 243, 247, 302, 366, 367, 368, 369]. И наоборот, показана отрицательная связь между «гибкостью» нижних конечностей и туловища с экономичностью [370].

Для понимания того, как бóльшая «жесткость» мышц позволяет экономить энергию, можно привести следующее объяснение.

Затраты энергии АТФ увеличиваются пропорционально скорости и длине укорочения мышцы в концентрической фазе [245, 371]. Причем энергетическая стоимость генерации силы будет минимальна, если миофиламенты работают при оптимальной длине с меньшей экскурсией [372]. В уступающем и изометрическом режимах затраты АТФ существенно меньше при генерации той же величины силы. Таким образом, если за счет большей жесткости (большей изометрической силы) удается сократить величину насильственного удлинения миофиламентов мышцы в фазе амортизации и увеличить степень растяжения упругих элементов, то в пропульсивной фазе (фазе отталкивания) мышца должна будет сократиться на меньшую длину за то же самое время, то есть с меньшей скоростью и, соответственно, затратит меньше метаболической энергии. Таким образом, оба этих фактора – меньшая длина и меньшая скорость сокращения мышцы в концентрической фазе – позволят уменьшить количество АТФ, а следовательно, и количество необходимого кислорода и энергетических субстратов в цикле шага. А необходимая механическая работа будет выполнена за счет ЭУД энергии, запасенной в мышечно-сухожильных комплексах, использование (рекуперация) которой не требует затрат АТФ. Действительно, показано, что миофиламенты камбаловидной мышцы, которая вместе с икроножными выполняет до 70% механической работы в период опоры в беге [373], работает в режиме, близком к изометрическому [302, 374], а основная механическая работа производится с использованием ЭУД, причем этот механизм задействуется в большей степени с ростом скорости движения, а значит, и сил развиваемой мышцей [375]. Все сказанное особенно справедливо и хорошо изучено на примере ТМГ и ахиллова сухожилия у бегунов [302], но с высокой вероятностью аналогичные закономерности имеют место при работе НМА плечевого пояса в лыжных ходах и при работе ног при ПДШХ. При работе ног в коньковых ходах рекуперация упругой энергии, возможно, тоже имеет место, но в существенно меньшей степени, так как экстремумы моментов сил в суставах меньше, чем при классическом попеременном, а скорость перехода от эксцентрики к концентрике и общая длительность отталкивания существенно больше. Данные по кинематике ООКХ, представленные в четвертой главе книги, имеет смысл интерпретировать с учетом этой закономерности.

Однако существует строго противоположное мнение [245]. A. Monte на модели подсчитано, что повышение величины силы, которой мышца вынуждена противодействовать при маленьком плече (то есть большей

величине силы при меньшем удлинении), вызовет больший расход энергии, чем при большом плече, когда мышца работает с меньшим усилием, но большим удлинением и скоростью. В поддержку данного расчета приводится только одно доказательство: элитные кенийские бегуны на длинные дистанции, известные своим исключительно высоким уровнем экономичности, имеют большую длину плеча силы тяги ахиллова сухожилия и более короткую длину передней части стопы по сравнению с японскими и европейскими бегунами на длинные дистанции, прошедшими аналогичную подготовку.

Тем не менее существует большое количество других работ, результаты которых свидетельствуют в пользу большей жесткости ноги как фактора лучшей экономичности, связанной в том числе с длиной пяточной кости и/или отношением длины пяточной кости к длине стопы.

Разрешить противоречия помогает факт, полученный в работе K. Kubo, где было показано, что более низкая жесткость ахиллова сухожилия была связана с улучшением бега на 5000 м у бегунов на длинные дистанции [376]. Это позволяет внести уточнения в принятые представления, а именно: для механической эффективности важна «жесткость», создаваемая сократительными элементами мышц, но при одновременной «эластичности» (податливости) сухожилий и других соединительно-тканных элементов. Возможно, что именно при таком сочетании создаются условия, когда мышцы будут работать в более «изометрических» условиях, а в сухожилии и других структурах сможет накопиться большее количество ЭУД, особенно при его большей анатомической длине [246, 377].

В то же время имеются убедительные данные, что у бегунов экономичность положительно коррелирует с толщиной, а значит, и жесткостью (модулем Юнга) ахиллова сухожилия, а также углом перистости мышц [180, 302]. При этом длина сухожилия не подтвердила своей связи с экономичностью [302].

Описанный механизм улучшает экономичность в видах спорта, где в цикле локомоции в явном виде имеет место так называемый SSC – цикл быстрой смены растяжения на сокращение. Повышение эффективности/мощности мышечной работы во время SSC связывают с:

а) накоплением и высвобождением ЭУД;
б) повышением величины пикового напряжения мышц в цикле движения, вызванной стретч-рефлексом, что отражается на градиенте силы и времени достижения пиковой силы, а значит, и использования ЭУД.

Кроме этого, при анализе движений по конкретным дисциплинам необходимо учитывать различие между медленными (длиннее 250 мс)

и быстрым SSC (короче 250 мс) в связи с тем, что быстрый SSC характеризуется тремя отличительными характеристиками:

– большей скоростью перехода между фазами растяжения и сокращения;
– наличием преактивации мышц (перед эксцентрической фазой);
– рефлекторной активностью (срабатыванием стретч-рефлекса) и короткой общей продолжительностью SSC.

В отличие от этого, медленный SSC характеризуется:

– большим временем перехода между фазами;
– отсутствием преактивации;
– отсутствием вклада в движение стретч-рефлекса [378].

В ЦВС встречаются оба вида SSC. Например, если взять за критерий длительность взаимодействия с опорой, то короткий SSC имеет место в беге при скорости выше 5–5,5 м/с, при работе ног в классическом попеременном двушажном лыжном ходе, при работе рук в лыжном спринте и в спринтерских дисциплинах конькобежного спорта. Длинный SSC – при медленном беге (сверхмарфон) и тренировочном медленном беге, при работе ног в коньковом ходе лыжных гонок и биатлона (0,4–0,5 с), при работе рук всеми стилями в дистанционных лыжных дисциплинах, при работе ног и рук в гребле и дистанционных дисциплинах конькобежного спорта.

Такие различия необходимо учитывать при анализе механизмов, влияющих на эффективность движения и выбор тренировочных средств, так как тренировочные эффекты упражнений, в которых используются разные типы SSC, не переносятся один на другой.

Например, предлагается рассматривать следующие механизмы улучшения состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов при двух описанных вариантах взаимодействия с опорой [18].

Для условий медленного преодоления значительного внешнего сопротивления необходимы следующие перестройки в НМА:

– изменение силового потенциала мышц за счет:
  1) гипертрофии медленных МВ и, по необходимости, быстрых МВ;
  2) увеличения (объемной) доли медленных МВ (только по необходимости);
  3) повышения жесткости сухожильной части мышцы, что позволит ей проявить большее по величине усилие в начале рабочего напряжения;
– изменение нервно-мышечной координации за счет:
  1) снижения порога активации ДЕ;

2) сохранения повышенной частоты импульсации в процессе сокращения мышц;
3) синхронизации активности ДЕ в начале рабочего напряжения мышц;
4) снижения коактивации и повышения реципрокной иннервации мышц агонистов-антагонистов;

– изменения координации рефлекторных механизмов регуляции мышечных усилий за счет снижения мощности тормозящего сухожильного рефлекса клеток Гольджи в момент создания сильного напряжения (деформации) в сухожильной части мышцы.

Для условий быстрого преодоления незначительного внешнего сопротивления необходимы следующие перестройки в НМА:

– изменение силового потенциала мышц за счет:
1) гипертрофии, по необходимости, быстрых МВ;
2) увеличения (объемной) доли быстрых МВ;
3) повышения эластичности сухожилия, что позволит ему накопить больше энергии упругой деформации, которая будет служить силовой «добавкой» к тяговому усилию, развиваемому мышцей;

– изменение нервно-мышечной координации за счет:
1) снижения порога активации ДЕ;
2) увеличения частоты импульсации в начале рабочего напряжения;
3) синхронизации активности ДЕ в начале рабочего напряжения мышц;
4) снижения коактивации и повышения реципрокной иннервации мышц агонистов-антагонистов;

– изменения координации рефлекторных механизмов регуляции мышечных усилий за счет:

1) повышения мощности возбуждающего миотатического рефлекса на растяжение, что позволит создать высокое напряжение мышц в уступающей фазе движения и за счет этого накопить энергию упругой деформации в сухожильной части;
2) снижения мощности тормозящего сухожильного рефлекса клеток Гольджи в момент создания высокого градиента мышечного напряжения, вызванного возбуждающим миотатическим рефлексом на растяжение мышц в уступающей фазе движения. В этом случае снизится торможение мотонейронов основных мышц со стороны тормозящего сухожильного рефлекса и будут созданы условия для проявления высокой мощности двигательных усилий в преодолевающей фазе движения.

В беге энергия упругой деформации может накапливаться в мышечно-сухожильных комплексах мышц – разгибателей ноги в начале опорной

фазы; в мышцах, сгибающихтазобедренный сустав в начале фазы полета – сразу после отрыва маховой ноги от опоры; в мышцах задней поверхности бедра в конце маха (переноса ноги) в момент остановки разгибания маховой ноги в колене перед постановкой на опору. Те же механизмы работают в лыжных гонках (особенно при работе рук), гребле, конькобежном спорте.

Вклад описанного механизма повышения механической эффективности увеличивается с ростом скорости передвижения или при таком варианте техники, когда удается увеличить экстремумы силы и/или сократить длительность SSC. Но для этого необходима специальная подготовка мышц и, видимо, основных сухожилий.

Например, показано, что у бегунов ППС ахиллова сухожилия выше, чем у не бегунов [379]. Это увеличивает жесткость сухожилия, связано с объемом тренировочного бега и положительно коррелирует с экономичностью [380, 381].

Большая толщина сухожилий отражает их адаптацию к высоким механическим нагрузкам, которые имеют место при беге. Через бóльшую ППС сухожилия действующая сила распределяется по большему поперчнику сухожилия и прикладывается к большей поверхности мышечной ткани, что, кроме прочего, снижает вероятность травм в месте перехода [382]. Кроме этого, большая площадь перехода от сухожилия к мышце, возможно, позволяет сильнее растянуть сухожилие при большей силе, а это фактор большего накопления ЭУД [302]. Таким образом, сухожилия с большей ППС, имея более высокую жесткость, могут запасать больше энергии упругой деформации, чем тонкие сухожилия при одинаковой степени их удлинения [383].

Длительность смены уступающей и преодолевающей фаз работы мышц (сокращение SSC) зависит от биомеханических условий работы мышц, например, длительности опорного периода, сочетанного изменения углов в суставах, которые обслуживаются двусуставными мышцами. Важность сокращения времени между сменой режимов сокращения мышц существенная потому, что в НМА существует такое явление как «диссипация» (рассеивание) ЭУД, которая понижает эффективность использования этого механизма [266]. Следовательно, при прочих равных условиях эффективность механической работы, а при благоприятных обстоятельствах и экономичность, будут обратно пропорциональны длительности цикла растяжение-сокращение [244].

Эффективность использования совершаемой механической работы для создания горизонтальной скорости перемещения центра масс тела спортсмена по дистанции связано с уменьшением доли «лишней работы» за счет:

– снижения потерь горизонтальной скорости в цикле шага;
– уменьшения боковых колебаний и «скручивания» тела;
– уменьшения внутренней механической работы за счет снижения частоты шагов;
– уменьшения вертикальных колебаний ЦМТ;
– снижения пиковых значений давления лыжи на снег;
– разумеется, уменьшения массы инвентаря и улучшения качества смазки.

Считается, что совершенствование движения за счет этих факторов, кроме последнего, в значительной степени связано с обучением спортсмена рациональной технике данной локомоции.

Кроме перечисленного, к механизмам улучшения экономичности можно отнести так называемую «автоматизацию навыка» бега по мере роста тренированности и/или объемов бега с определенной скоростью. Это выражается в снижении интегрированной или средней ЭМГ по амплитуде и длительности, снижении степени и вариативности коактивации антагонистов (то есть большей точности и избирательности активации мышц в фазах движения), меньшей вариабельности движений от цикла к циклу [230, 243, 276].

1.4 Тренировочные факторы, влияющие на эффективность техники выполнения соревновательного упражнения

С точки зрения практики тренировочного процесса наиболее интересным является вопрос: как, используя знания закономерностей техники, технической подготовленности, факторов экономизации, можно повлиять на технику в требуемом направлении?

По итогам предыдущих подразделов раздела 1.3 можно выделить следующие основные положения, касающиеся механизмов влияния тренировочных воздействий на экономичность и биомеханические параметры локомоций.

При анализе материалов, обсуждаемых в данном разделе, предполагалось, что добиться более высокой среднедистанционной скорости бега и улучшить возможности спортсменов к выполнению тактических ускорений и преодолению сложных участков дистанции при условно неизменном двигательном потенциале спортсмена, то есть повысить реализационную эффективность выполнения соревновательного упражнения в ЛЦВС, можно путем применения определенных упражнений, которые изменяют в необходимом направлении биомеханические ха-

рактеристики лыжных ходов, а также изменяют свойства НМА и других систем организма в направлении улучшения механической эффективности и экономичности движения спортсмена по дистанции, прежде всего в направлении улучшения «жесткости» или «квазижесткости».

Данная гипотеза основана на данных, согласно которым улучшение жесткости кинематической цепи, взаимодействующей с опорой или инвентарем, является одним из основных факторов, лежащих в основе улучшения экономичности движения после силовых тренировок [384]. Кроме этого, улучшение жесткости как таковой и применение необходимых для этого тренировочных воздействий улучшают скоростные и анаэробные способности спортсменов. Такие эффекты обусловлены воздействием на определенные механизмы, присущие функционированию опорно-двигательного аппарата, при условии, что тренировочный процесс строится с учетом закономерностей распределения и взаимодействия нагрузок с различной степенью специфичности соревновательному упражнению на этапах подготовительного периода.

Тем не менее, как обсуждалось выше, различия в экономичности бега между спортсменами близкой квалификации и опыта тренировок, зафиксированные в разных исследованиях, лежат в достаточно широком диапазоне – 4,3–30%.

При этом разница кинематических параметров движений определяет дисперсию экономичности между спортсменами в пределах не более 10–30%, или такая связь вообще не обнаруживается. Следовательно, можно сделать вывод, что, помимо обучения «рациональной технике», существуют другие факторы, воздействуя на которые можно эффективно улучшать параметры соревновательного упражнения, приводящие в итоге к улучшению спортивного результата.

В данном разделе обобщены результаты многочисленных исследований, в которых удавалось улучшить параметры соревновательного упражнения, экономичности движения или спортивного результата без сопутствующих изменений аэробных или анаэробных возможностей спортсменов.

Среди таких тренировочных факторов, которые оказывали достоверное влияние на улучшение характеристик СУ, включая его экономичность, в исследованиях различной длительности (от шести недель до девяти лет) выделяют [220]:

– плиометрическую тренировку, включая спринт по равнине и в гору;
– самые различные варианты собственно силовой тренировки (с повышенным сопротивлением);
– использование вибрационных тренажеров;

– высокоинтенсивную интервальную тренировку;
– длительные регулярные занятия данной локомоцией.

1.4.1 Взаимосвязь показателей экономичности и биомеханических параметров локомоций с физическими способностями спортсменов

В связи с тем, что важнейшим фактором экономичности и, как следствие, спортивного результата в ЦВС является степень жесткости опорно-двигательного аппарата, который он демонстрирует в движении и которая предположительно связана с силовыми способностями спортсменов, наличие такой взаимосвязи проверялось экспериментально в некоторых исследованиях.

Было обнаружено, что более экономичные бегуны демонстрируют бóльшую силу мышц подошвенных сгибателей и большую жесткость сухожилий-апоневрозов в ТМГ [385].

F. Li изучал связь между нервно-мышечными свойствами нижних конечностей и экономичностью бега на трех разных скоростях (12, 14 и 16 км/ч). На экономичность бега со скоростью 12, 14 и 16 км/ч существенное влияние оказывали эксцентрическая сила в жиме ногами (r = 0,52–0,63), а также реактивная сила (r = 0,41–0,57) и квазижесткость ног (r = 0,68–0,76), определяемая при тестировании в прыжках в глубину [386].

В другом исследовании проверялась гипотеза о взаимосвязи биомеханических параметров бега на скорости 7+0,18 м/с с показателями силовых, скоростно-силовых и спринтерских возможностей бегунов на длинные и средние дистанции квалификации от второго разряда до МС [259]. Получено следующее.

С силой мышц – разгибателей ног положительно связаны:
– длина шагов и продольное перемещение ЦМТ за время опоры;
– среднее ускорение ЦМТ на опоре;
– вертикальный компонент механической работы;
– отношение ускорений и механической работы в вертикальном и продольном направлениях.

Со скоростно-силовыми показателями и максимальной скоростью бега положительно связаны:
– частота шагов;
– длина шагов;
– продольное перемещение ЦМТ за время опоры;
– скорость перехода отрицательной составляющей продольной реакции опоры к положительной, которая интерпретирована как «активность сведения бедер на опоре».

Отрицательно связаны:

– время полета;

– отношение времени полета ко времени опоры.

С коэффициентом «биомеханического качества» мышц голени, который рассчитывался как отношение показателей жесткости и демпфирования ТМГ, была положительно связана частота шагов и отрицательно – потеря горизонтальной скорости на опоре [373, 387, 388].

Потеря горизонтальной скорости на опоре большинством авторов рассматривается как наиболее информативный показатель экономичности бега. Валидность такой связи с жесткостью мышц голени подтверждается данными позже проведенных исследований, в которых показано, что угол перистости камбаловидной мышцы, а также ППС ахиллова сухожилия, которые в сумме существенно влияют на жесткость ТМГ, тесно связаны с экономичностью бега [302]. Следует отметить, что показатель потери горизонтальной скорости на опоре, кроме жесткости мышц голени, также с высокой достоверностью ($p < 0,01$) отрицательно был связан с изометрической силой мышц – сгибателей коленного сустава (то есть мышц задней поверхности бедра), а также отношением: сила сгибателей/сила разгибателей коленного сустава.

Для уточнения полученных взаимосвязей в цитируемой работе [259] было проведено дополнительное исследование, в котором было установлено, что, кроме биомеханических свойств мышц голени, которые с высокой вероятностью связаны с их сократительными возможностями, перистостью и жесткостью сухожилия [302], на биомеханические показатели бега наиболее сильное влияние оказывает «баланс» силы мышц передней и задней поверхностей бедра.

В частности, проведение межгруппового анализа двух групп спортсменов одинаковой квалификации ($n=20$), но существенно различающихся по изометрической силе мышц – разгибателей коленного сустава (первое исследование) и соотношению мышц – сгибателей и разгибателей (второе исследование), позволило сделать следующие выводы.

Спортсмены с разным соотношением силы мышц – сгибателей и разгибателей коленного сустава не различаются по механической стоимости метра дистанции, частоте и длине шагов, времени опоры и полета.

И наоборот, с высокой долей вероятности можно утверждать, что бóльшая сила мышц задней поверхности бедра положительно связана с ускорением, механической работой и перемещением ЦМТ в вертикальном направлении. Но при этом такие спортсмены используют другой ключевой фактор экономизации – они тратят меньше энергии на разгон и торможение ЦМТ в продольном направлении, что выражается

в меньшем ускорении и экстремумах продольной составляющей реакции опоры. С учетом того, что основные мышцы задней поверхности бедра и голени – двусуставные, в отмеченную закономерность вполне укладывается отрицательная взаимосвязь между показателем «жесткости» ТМГ и величины потери скорости на опоре.

Среди дифференциальных показателей технику бега таких спортсменов отличает «активное сведение бедер» в середине опоры и бóльшая активность всех движений в фазе отталкивания. Анализ различий некоторых частных биомеханических показателей позволяет предположить, что спортсменам с относительно более сильными мышцами задней поверхности бедра, кроме меньшей потери скорости, присущи большая жесткость ноги и ее активное взаимодействие с опорой в фазе вертикали и отталкивания. Обусловлено ли это использованием ЭУД или сократительной активностью мышц при завершении отталкивания, непонятно. Эти данные следует уточнить с использованием ЭМГ-исследования.

В то же время практически нет данных, как влияет сила других мышц-разгибателей ног, которые, наряду с мышцами задней поверхности бедра, через механизм коактивации двусуставных мышц потенциально могут повышать «жесткость» биокинематической цепи ноги в фазе амортизации и середине опоры [275].

Проведение исследования, в котором сравнивались две группы спортсменов, имеющих разную силу мышц – разгибателей ног, измеряемую без участия мышц голени [259], выявило следующее.

Наиболее выраженной особенностью спортсменов с большей силой разгибателей ног является бóльшая относительная длина шагов. Так же, как и у спортсменов с большей силой сгибателей коленного сустава, у таких спортсменов короче период опоры и большее отношение механической работы, совершаемой в вертикальном направлении по сравнению с горизонтальным.

В отличие от спортсменов с сильными мышцами-сгибателями коленного сустава, сильные мышцы – разгибатели ног ассоциируются с более упругой постановкой ноги на опору, предположительно с передней части стопы. Первый пик вертикальной силы на рисунке 10 у них сдвинут ближе к началу опоры (более «жестко» встречают опору). Из этого можно сделать вывод, что они активнее используют механизм накопления ЭУД в мышцах-разгибателях ноги. По этому элементу техники спортсмены с большей силой мышц – разгибателей ноги диаметрально отличаются от спортсменов с более сильными мышцами – сгибателями коленного сустава.

Фаза отталкивания у них также имеет признаки высокой концентрации усилий, сдвинутых ближе к окончанию опоры.

Таким образом, оказывается, что бóльшая сила мышц ног – как сгибателей коленного сустава, так и разгибателей ног – ассоциируется с относительно маленькими потерями горизонтальной скорости на опоре и меньшим периодом опоры, то есть лучшим соотношением длительности фаз напряжения и расслабления мышц. Это может быть одним из факторов экономичности и/или повышения результативности, которые спортсмены приобретают, улучшая свои силовые возможности.

При этом вертикальные колебания ЦМТ при бóльшей силе разгибателей ног оказываются высокими. Однако это не приводит к увеличению механических затрат на метр пути за счет сокращения продольного компонента механической работы и более длинного безопорного периода бега, но может ассоциироваться с лучшим использованием упругой энергии в мышцах – разгибателях суставов ног.

Следовательно, имеются все основания предполагать, что, наряду с большей «жесткостью» ТМГ и стопы, бóльшая сила мышц ног может положительно отражаться на экономичности бегунов на средние дистанции на скорости 7 м/с вне связи с квалификацией спортсменов, их аэробными способностями и тренировочным этапом в рамках макроцикла.

Вторым выводом цитируемого исследования было то, что особенности силовой подготовленности бегунов могут быть связаны с определенными дифференциальными биомеханическими характеристиками бега в фазе амортизации, в середине опоры, в фазе отталкивания и таким образом влиять на экономичность и механическую эффективность бега.

Очень похожая по замыслу работа была выполнена спустя 40 лет после предыдущей [185].

Молодым здоровым испытуемым не бегунам предлагалась программа комплексных тренировок с использованием последовательно применяемых трех видов силовых упражнений, выполняемых на все группы мышц медленно (длительность цикла – четыре секунды под метроном), а именно: а) многоповторных (то есть низкоинтенсивных <70% ПМ, режим НСНИ)); б) «на гипертрофию» (80% ПМ, режим НССИ) и (в) на максимальную силу (>80% ПМ, режим НСВИ). Тренировались мышцы:

– разгибатели ног;
– сгибатели коленного сустава;
– подошвенные сгибатели стопы.

Исследовалось влияние такой тренировки на биомеханические параметры бега, механическую работу, механическую эффективность и экономичность.

Получено, что в ответ на существенное увеличение силовых показателей достоверно увеличилось только время опоры (на низкой скорости 2,78

м/с). Частота шагов увеличилась, а длина шагов снизилась, но на уровне тенденции (p = 0,24). Все компоненты механической работы имели слабую тенденцию к снижению, кроме внутренней механической работы, что связано с увеличением частоты шагов. При этом экономичность достоверно улучшилась на 9%, а механическая эффективность не изменилась.

Данная работа подтверждает предыдущие в двух моментах:

а) силовая тренировка повышает экономичность бега;

б) улучшение экономичности на низкой (не спортивной) скорости положительно связано с увеличением времени опоры, с тенденцией снижения вертикальных колебаний и потери скорости в фазе амортизации.

При этом данные по изменению биомеханических показателей оказываются строго противоположными относительно предыдущей работы. Возможным и новым объяснением может быть то, что именно формирование навыка выполнения силовых упражнений с медленной скоростью сокращения мышц приводят к указанным изменениям в технике бега, так как тренировка в беге, спринтерские и скоростно-силовые упражнения в этой работе не применялись.

Кроме этого, данная работа позволяет выдвинуть предположение, что улучшение экономичности после применения медленных силовых упражнений может задействовать другие механизмы, кроме повышения доли использования ЭУД, например, такие, как снижение скорости сокращения мышц, что может быть связано со снижением удельных энергозатрат на производство механической мощности, а также улучшением капилляризации, повышением окислительных способностей и повышением доли мышечных волокон типов I и IIA, которые могут иметь место после упражнений в таком режиме [18]. Кроме этого, существенное повышение силы мышц (33–40%) позволяет снизить актуальность энергозатратного механизма коактивации мышц для повышения жесткости кинематической цепи [230, 276], а также повысить долю использования, как предполагается, более энергетически выгодных медленных ДЕ [294].

Соответственно, эти данные подтверждают вывод, что с ростом скорости (в том числе сокращения мышц) и применением различных по биомеханическим условиям и эффектам тренировочных упражнений могут изменяться механизмы экономизации движения в ЦВС.

В двух подробно проанализированых выше работах показано, что существует явная взаимосвязь биомеханических параметров бега с силовыми и скоростно-силовыми способностями спортсменов, а также с изменением биомеханики бега после периода силовых тренировок. Тем не менее перечисленные пункты входят в явное противоречие со

сложившимся мнением, что силовые тренировки, очевидно влияя на экономичность, оказывают очень слабое влияние на биомеханику бега. Другими словами, противоречат мнению, что посредством только силовых упражнений существенно повлиять на биомеханические параметры бега сложно [27, 389, 390].

В лыжных гонках было показано, что параметры силы, такие как пиковое усилие на палках, градиент силы и время до пикового усилия во время ОБШХ, связаны с экономичностью работы, максимальной скоростью и результатом в лыжных гонках [333].

С другой стороны, перечисленные параметры надежно связаны с различными проявлениями силовых возможностей лыжников в специфических и неспецифических тестах, а также с их улучшением после силовой тренировки. В особенности это касается мышц плечевого пояса [124, 187, 391, 392, 393].

И наоборот, в работе T. Stöggl [203], в которой с результатами в силовых тестах сравнивались динамические и кинематические характеристики трех лыжных ходов при беге на лыжном третбане: одновременный одношажный коньковый ход (ООКХ), одновременный бесшажный (ОБШХ), классический попеременный двушажный ход (ПДШХ), получено, что ни один из измеренных параметров изометрической силы ног не был значимо связан с Vmax ни в одном из лыжных ходов.

В то же время в подтверждение ранее выполненных работ при ОБШХ как на субмаксимальной, так и на максимальной скорости длина цикла была связана с изометрической силой и максимальной мощностью при тяге штанги лежа. Силовая выносливость мышц – сгибателей бедра и брюшного пресса была связана с длительностью цикла (длиной шагов) только на субмаксимальной скорости. Пиковая сила и импульс силы на палках при ОБШХ на субмаксимальной скорости были связаны с максимальной силой в тяге лежа и максимальной мощностью движений в жиме лежа, тогда как при максимальных скоростях бега значимой связи обнаружено не было.

Что касается ПДШХ, то при субмаксимальной скорости ни один из показателей силовых тестов не был значимо связан с динамическими показателями отталкиваний на палках и при отталкивании ногой. Однако при максимальной скорости движения на лыжах пиковое усилие и градиент силы на палке были связаны с максимальной силой в жиме лежа. Градиент силы в прыжке из приседа был связан только со скоростью развития силы отталкивания ногой при ПДШХ при беге на максимальной скорости.

Для техники ООКХ на роллерах как при субмаксимальной, так и при максимальной скорости пиковая сила ноги была связана с максимальной

силой при жиме одной ногой в изометрическом режиме, а также с высотой прыжка из приседа. Импульс сил отталкивания ногами при беге на лыжах был связан с высотой прыжка в приседе. Скорость развития силы отталкивания ногой на максимальной скорости была связана с максимальным изометрическим жимом одной ногой, а также с высотой прыжка. Пиковое усилие и градиент силы на палке при коньковой технике на субмаксимальной скорости были связаны с максимальной мощностью движений при жиме штанги лежа.

В результате исследования делается вывод, что так как техника ООКХ имеет самый короткий опорный период при отталкивании палками при наименьшем диапазоне движений в локтевых суставах, то высокая максимальная сила в жиме лежа при постановке палки на опору может быть предпосылкой для стабилизации локтевого сустава и передачи бóльших усилий на палке, а также веса тела – на опору.

В таблице 5 представлены данные по значениям коэффициентов корреляции Пирсона между максимальной скоростью в различных лыжных ходах и силовыми тестами, биомеханическими показателями на субмаксимальных и максимальных скоростях. Однонаправленность достоверных коэффициентов корреляции показателей силовых тестов и биомеханических параметров со скоростью подтверждают процитированные выше выводы работы по взаимосвязям между силовыми и биомеханическими параметрами лыжников [203] и подтверждают выводы, сделанные ранее для бегунов.

Тем не менее на основе факта об относительно умеренных значениях коэффициентов корреляции в силовых тестах с биомеханическими показателями и максимальной скоростью бега разными лыжными ходами авторы работы сделали вывод о том, что достаточно высокое значение имеет «внутренняя координация» в работе мышц и различных движений, особенно координация работы рук и ног, проще – техника бега. В подтверждение приведены данные двух лыжников, один из которых имел самые высокие показатели силы (лыжник А), а второй – относительно скромные. При этом максимальная скорость при ПДШХ у них была сопоставима.

Таким образом, сделан вывод, что общая сила и взрывная сила сами по себе не являются основными факторами, определяющими результат элитных лыжников-спринтеров, в то время как координация этих способностей в комплексном лыжном движении с взаимодействием рук и ног, по-видимому, имеет бóльшее значение. Другими словами, может существовать определенный оптимальный уровень общей силы и других силовых способностей. В остальном результат связан с «техникой», под которой, однако, понимается не некоторое сочетание биомеханических параметров, а хорошая «координация в работе рук и ног».

Таблица 5

Сводные значения коэффициентов корреляции Пирсона между максимальной скоростью в ОБШХ, ПДШХ, ООКХ и силовыми тестами, биомеханическими показателями на субмаксимальных и максимальных скоростях [203]

Показатели	ОБШХ	ПДШХ	ООКХ
Силовые тесты			
Пресс, повторы	0,65**	0,51	0,26
1 ПМ в жиме лежа, кг	0,24	0,28	0,57*
Мощность при 70 кг в жиме лежа, Вт	0,66**	0,50*	0,37
1 ПМ в тяге к груди, кг	0,51	0,61**	0,48
Мощность при 60 кг в тяге к груди, Вт	0,67**	0,72**	0,43
Пиковая мощность в тяге к груди, Вт	0,48	0,71**	0,43
Высота прыжка из приседа, м	0,43	0,59*	0,68**
Пиковая сила прыжка из приседа, Н	0,68**	0,55*	0,23
Скорость развития силы прыжка из приседа, Н/с	0,75**	0,66**	0,27
Биомеханические параметры на субмаксимальных скоростях			
Частота цикла, Гц	-0,70**	-0,62**	-0,41
Длина цикла, м	0,73***	0,64**	0,40
Время отталкивания, с	0,72**	0,38	0,14
Время между отталкиванием, с	0,70**	0,62**	0,44
Время полета и скольжения ног, с	–	0,64**	0,54*
Время до пиковой силы отталкивания палками, с	0,90***	0,72**	0,17
Скорость развития силы на палках, Н/с	-0,02	-0,58*	0,40
Импульс силы при отталкивании палками, Н·с	0,60*	0,08	0,62**
Биомеханические параметры на максимальных скоростях			
Длина цикла, м	0,62**	0,28	0,67**
Время отталкивания палками, с	0,01	-0,65**	-0,33
Расстояние фазы толчка палками, м	0,69**	-0,20	0,28
Время отталкивания ног, с	–	-0,26	-0,70**
Время до пиковой силы ног, с	–	-0,30	-0,76***
Скорость развития силы ног, Н/с	–	0,55*	0,67**

Примечания: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$.

Кроме этого, сделан очевидный вывод, что силу и взрывную силу следует тестировать в специфических тестах, например, при использовании роликовых досок и лыжных эргометров ОБШХ.

Насколько можно судить из имеющейся литературы, вопрос взаимосвязи специфических свойств обеспечивающих систем и параметров локомоций в ключе влияния на биомеханические параметры локомоций не изучался.

В то же время некоторые выводы можно сделать из сравнения биомеханических характеристик движения и специализации спортсменов,

прежде всего в контексте различий между спортсменами, специализирующимися на средних, длинных и марафонских дистанциях.

Существует несколько исследований, в которых целенаправленно изучались различия у спортсменов, выступающих на разных по длине дистанциях. Данные по лыжникам из работы [205] приведены в подразделе 1.3.1.1.

В исследовании Е. Б. Мякинченко сравнивались бегуны на средние дистанции и стайеры на одинаковой скорости бега [263]. Закономерно, что стайеры имели более высокий порог анаэробного обмена. Также показано, что из 38 изучаемых биомеханических показателей, стайеров достоверно отличала только меньшая средняя сила реакции опоры в вертикальном направлении и более высокий первый (постановочный) вертикальный пик реакции опоры, который в этой работе ассоциирован с постановкой ноги на опору больше с пятки, чем с носка стопы. На уровне тенденции ($p < 0,1$) стайеры имели несколько меньшую длину шагов, меньшие потери горизонтальной скорости на опоре и, соответственно, меньшее среднее ускорение ЦМТ при взаимодействии с опорой. Другими словами, если сопоставить эти данные с описанными выше зависимостями биомеханических параметров с силовыми показателями спортсменов, то можно заключить, что разница между стайерами и средневиками в большей степени обусловлена возможной разницей в силовой, но не аэробной подготовленности. Такой вывод и сделан в цитируемой работе.

Таким образом, показано, что существует взаимосвязь между физической подготовленностью, прежде всего силовой, и биомеханическими параметрами движения. Но с точки зрения формирования эффективной и экономичной техники в процессе тренировки наиболее важной является информация о том, как различные виды воздействий отражаются на биомеханических параметрах, экономичности и через них на спортивном результате в ЦВС.

Изучению этого предмета посвящено много исследований. Их обзор представлен в следующем разделе.

1.4.2 Влияние тренировки на экономичность и биомеханические параметры движений

Многократно подтверждено, что регулярная фитнес-тренировка с применением бега или спортивная тренировка бегунов приводит к постоянному тренду в улучшении экономичности. Факторами улучшения экономичности являются или длительность регулярных занятий, или тренировочный объем бега, или сочетание тренировок различной направленности [243].

Например, в обзоре K. R. Barnes приведены данные об улучшении экономичности на 8,8% у женщин-новичков, тренировавшихся в беге в течение десяти недель [243]. Три месяца втягивающей тренировки олимпийского бегуна на средние дистанции Джима Райана после года детренировки привели к улучшению экономичности на 7% в течение трех месяцев, несмотря на потерю веса на пять кг (6%). Точно так же сообщается, что у чемпиона мира в беге на длинные дистанции возобновление тренировок после двух лет бездействия привело к улучшению экономичности на 13% в течение десяти недель, несмотря на снижение массы тела на 6%. Причем важно, что такие улучшения экономичности были достигнуты при тренировке, состоящей в основном из низкоинтенсивного бега. Применение в течение последующих недель в этих исследованиях спринтерской и интервальной тренировки не привело к дальнейшему улучшению экономичности.

Большая группа исследований, в которых изучались длительность занятий бегом или тренировочного объема на экономичность, позволяет сделать два достаточно очевидных заключения.

Как длительность занятий, так и специфический объем в большинстве случаев положительно связаны с экономичностью. Однако это не распространяется на спортсменов высокого класса. Предполагают, что у этой категории, вероятно, более весомы врожденные факторы экономичности [243].

Во-вторых, экономичность улучшается на той скорости движения, на которой выполняется наибольший тренировочный объем.

Тем не менее в литературе имеется множество исследований, согласно которым в тех случаях, когда основной вид тренировки спортсменов, тренирующих выносливость, низкоинтенсивная «аэробная» работа частично заменялась или дополнялась упражнениями, предполагающими более интенсивную мышечную деятельность, имели место достоверные улучшения экономичности.

В целом, за исключением нескольких исследований, показано, что в течение 6–14 недель высокоинтенсивная интервальная тренировка бегунов или бег в гору, силовые тренировки с большими отягощениями и взрывные или плиометрические тренировки улучшают экономичность бегунов на выносливость, независимо от уровня их подготовки [222].

Следующий фактор, который прямо связан с длительностью занятий и объемом бега, – это квалификация спортсменов.

В двух обзорах обобщены результаты исследований, в которых сравнивались тренированные лица с нетренированными или спортсмены средней квалификации с элитой [222, 243].

Сообщается, что начиная с 1963 года, когда разницу в потреблении кислорода при беге между тренированными и нетренированными бегунами продемонстрировал Margaria с соавторами, такими известными исследователями, как De Ruiter, Cavanagh, Laniels и Morgan, показано, что диапазон различий между бегунами-новичками и бегунами-спортсменами по экономичности бега составляет от 6 до 24%.

Подобные исследования обобщены в обзорах по лыжным гонкам и велосипедному спорту [211, 394]. Продемонстрированы те же тенденции, однако с меньшим диапазоном, так как исследования касались в большей степени спортсменов высокого класса.

Таким образом, с одной стороны, очевидно, что тренировка улучшает экономичность, но межгрупповые исследования не позволяют оценить, в какой степени улучшение экономичности обусловлено тренировкой, массой тела или другими, например, врожденными факторами. Поэтому существует большой пласт исследований влияния тренировки различной направленности на экономичность и другие характеристики соревновательного упражнения в ЦВС.

Ниже представлен анализ дифференцированных воздействий.

1.4.3 Высокоинтенсивная интервальная тренировка

Теоретически высокоинтенсивная интервальная тренировка (далее – HIIT) 90–110% от МПК, включая спринт, должна приводить к улучшению экономичности, так как бег с высокой скоростью выполняется при высокой величине мышечных напряжений, которая сопровождается высокой жесткостью ног, быстрым переходом от уступающей к преодолевающей работе и другим признакам, отличающим экономичный бег от неэкономичного. Следовательно, должен иметь место положительный эффект в отношении экономичности.

Однако исследования влияния HIIT на экономичность привели к противоречивым результатам [243]. Основная причина может заключаться в том, что экономичность измеряется на скорости существенно ниже, чем скорость HIIT или спринт. Поэтому в силу специфичности тренировочного эффекта, улучшения в работе НМА или в биомеханических характеристиках бега с высокой скоростью, даже если они существуют, могут не в полной мере переноситься на более медленную скорость. С учетом небольшой длительности экспериментальных периодов положительные изменения могут себя не проявлять.

Кроме этого, бег с высокой скоростью биомеханически отличается от бега на меньшей скорости. Например, при сравнении эффектов HIIT при 94%, 106% и 132% от скорости МПК получено, что экономичность бега

улучшилась в группах 94 и 106%, но не в группе, которая тренировалась при 132% от МПК [395].

Однако тренировочный эффект, особенно в отношении бега на средние дистанции, вполне может присутствовать. Например, в исследовании, в котором сравнивались биомеханические характеристики бега на скорости 4,5 м/с и 7 м/с в двух группах одних и тех же спортсменов, существенно различающихся по экономичности, получено, что различия в показателях техники бега имеют схожую структуру на обеих скоростях [259]. Точно так же в лыжных гонках показано [396], что лыжники, экономичные в одном лыжном стиле, оказываются более экономичны, чем их менее экономичные коллеги не только в других лыжных ходах, но и в легкоатлетическом беге. Из этого можно сделать вывод, что взаимный перенос эффектов тренировки с разной скоростью, а также между разными локомоциями, все же может иметь место или, как минимум, что факторы, делающие спортсменов экономичными на одной скорости или в одной локомоции, скорее всего, будут экономичны и на более высокой – соревновательной скорости и в соревновательной локомоции, однако с учетом заключения, которое мы сделали выше, – что в беге на скорости около 5 м/с может происходить «переключение» в значимости одних факторов экономичности на другие.

С учетом того, что бег в гору предъявляет повышенные требования к работе мышц голени и нагружает ахиллово сухожилие и своды стопы, предпринимались попытки оценки эффективности HIIT в гору не только в отношении спортивного результата, что вполне доказано, но и его влияния на экономичность бега. Однако на сегодняшний день не существует данных, свидетельствующих о положительном влиянии такого тренировочного метода на экономичность. Аналогично нет данных о положительном влиянии бега по мягкой поверхности (песок, пашня, снег) на экономичность [243]. В то же время существует одно исследование, в котором получено преимущество спринтерского бега в гору в отношении экономичности спортсменов по сравнению с другими видами интервальной беговой тренировки в гору [397].

1.4.4 Тренировки силовой направленности

С учетом хорошо установленного факта, что повышение жесткости ноги при постановке ноги на опору и в первой фазе контакта с поверхностью положительно сказывается на экономичности, многочисленные исследования были проведены с целью определения оптимальной формы силовой или скоростно-силовой тренировки для улучшения экономичности.

Традиционно выделяются следующие виды силовой тренировки, достаточно четко различающиеся по биомеханическим и физиологическим условиям работы мышц [18], а именно:

– высокоинтенсивная (с высоким отягощением/сопротивлением) «на максимальную силу» (>85% ПМ, режим НСВИ) с медленным сокращением мышц;
– среднеинтенсивная «на гипертрофию» (70–85% ПМ, режим НССИ) с медленным сокращением мышц;
– низкоинтенсивная многоповторная с медленным режимом сокращения мышц (<70% ПМ, режим НСНИ) «на силовую выносливость»;
– низкоинтенсивная многоповторная с быстрым/взрывным режимом сокращения мышц (<70% ПМ, режим ВСВИ) «на силовую выносливость»/«круговая тренировка»;
– взрывная (30–70% ПМ, режим ВСВИ) с предельно высокой интенсивностью/скоростью сокращения мышц в концентрической фазе;
– скоростно-силовая (плиометрическая), выполняемая, как правило, в форме прыжковых упражнений (режим ВСВИ).

1.4.4.1 Высокоинтенсивная силовая тренировка с медленным сокращением мышц

Силовая тренировка с околопредельными сопротивлениями и медленной скоростью сокращения мышц (режим НСВИ), как считается, способствует повышению силы за счет нервно-мышечного компонента. Однако такой вид силовой тренировки является наименее специфичным режимом по отношению к упражнениям на выносливость. Тем не менее существует достаточно большое количество исследований, в которых показано, что именно такой режим является эффективным или даже наиболее эффективным в отношении спортивного результата и/или экономичности практически во всех ЦВС [178, 268, 312, 398, 399, 400, 401, 402].

В некоторых работах, кроме самого факта улучшения экономичности и результата, делались попытки объяснить механизмы, за счет чего НСВИ режим оказывается эффективным в ЦВС.

К таким механизмам относили:

1) увеличение жесткости ног за счет лучшей активации мышц (частоты импульсации и синхронизации ДЕ, подавления тормозных рефлексов и коактивации антагонистов [252, 403, 404];
2) повышение устойчивости спинальных и супраспинальных нервных центров к наступающему утомлению во время длительных упражнений на выносливость [405];

3) улучшение экономичности бега также может быть связано с увеличением мышечной силы, которое вызывает положительные изменения в биомеханике движения (то есть повышает биомеханическую эффективность), что позволяет бегуну выполнять меньше механической работы при данной скорости бега [177].

1.4.4.2 Среднеинтенсивная силовая тренировка с медленным сокращением мышц

Считается, что основным эффектом НССИ режима является гипертрофия мышечных волокон. Кроме этого, в отношении спортсменов, для которых силовая тренировка в целом не является основной, вполне возможен такой же эффект совершенствования механизмов активации мышц, как и при максимальных отягощениях.

Такие эффекты в комплексе могут приводить к улучшению экономичности и/или спортивного результата [177, 406, 407, 408].

Имеются данные, что такой вид силовой тренировки более эффективен для женщин, чем для мужчин [409].

Тем не менее, если сравнивать среднюю величину сдвигов в экономичности и результатах в ЦВС при применении НСВИ и НССИ режимов, то можно отметить некоторое преимущество первой [243, 401].

Кроме положительного влияния на механизмы активации и коактивации мышц, выдвигаются гипотезы, что положительное влияние такого вида силовой тренировки на экономичность может быть связано с гипертрофией волокон типа I и IIA, что приводит к активации меньшего количества ДЕ для создания требуемой силы [410] и может предположительно улучшать эффективность за счет большего использования мышечных волокон первого типа, как это обсуждалось в разделе 1.3.

В качестве негативных эффектов отмечается возможное увеличение массы тела. Однако, как показал анализ многочисленных данных влияния конкурентной тренировки (на «силу» и «выносливость») на массу тела спортсменов в ЦВС, такой вид воздействия не сопровождается достоверным увеличением массы тела даже в случае повышения физиологического поперечника тренируемых мышц [18].

1.4.4.3 Изометрическая тренировка и вибрационные тренажеры

Существует исследование китайских авторов, в котором показано, что регулярные тренировки на вибротренажере у бегунов-любителей привели к улучшению экономичности на 7,8% [404]. Однако известно только одно исследование такого рода, поэтому можно считать, что данное средство нуждается в дополнительном исследовании. Точно так же

есть исследование, в котором показано, что изометрическая тренировка на основные мышечные группы по своей эффективности в отношении экономичности бегунов не уступала плиометрической тренировке [411].

Считается, что вибрационная и изометрическая тренировка должна положительно сказываться на экономичности благодаря повышению жесткости кинематической цепи в силу тренировки нервно-мышечных механизмов [27], однако прямая проверка этой гипотезы дала отрицательный результат [411]. Хотя, проведя анализ имеющихся немногочисленных данных, авторы предположили, что в силу своей неспецифичности изометрическая тренировка может положительно сказываться на жесткости ноги и, как результат, на экономичности бега только после достаточно длительного периода тренировок [26]. Интересно, что в этом же обзоре не найдено никакой взаимосвязи между приростом результатов в силовых и скоростно-силовых тестах и улучшением экономичности., – вероятно, в силу тех же существенных различий в биомеханике бега, силовых и скоростно-силовых тестов.

1.4.4.4 Многоповторные силовые упражнения

НСНИ режим (многоповторные силовые упражнения, <70% ПМ) были неоднократно предметом исследований в связи с предположением, что они улучшают «силовую выносливость». Следовательно, они могут положительно сказаться на спортивном результате, в том числе за счет улучшения экономичности спортсменов и перестройки биомеханики движений. Однако в известных нам исследованиях такая гипотеза не подтверждена [412].

Более того, в одном исследовании на элитных лыжниках-гонщиках показано, что тренировочный этап применения статодинамических упражнений привел к существенному приросту потребления кислорода на уровне анаэробного порога [43], в то время как пороговая мощность увеличилась, но только на уровне слабой тенденции. Соответственно, механическая эффективность (как отношение мощности к энергозатратам), рассчитываемая на уровне анаэробного порога, существенно снизилась.

Однако в этом эксперименте и множестве подобных имеется, на наш взгляд, два серьезных методологических недостатка. Такие эксперименты начинались в начале втягивающего этапа подготовительного периода, когда спортсмены находились в детренированном состоянии. Поэтому любая последующая тренировка, в том числе с использованием гипобарической гипоксии или большого арсенала силовых средств, должна была приводить и действительно приводила к улучшению подготовленности, в том числе по показателю экономичности. Поэтому «контрольная груп-

па» в таких исследованиях обычно просто лишалась части привычных компонентов подготовки. Таким образом, в таких случаях чаще изучался эффект неиспользования силовой и других подобных видов тренировки, чем эффект их «добавления».

Второй недостаток связан с тем, что согласно исследованиям Ю. В. Верхошанского и факта, хорошо известного любому специалисту по теории и методике спортивной тренировки, после острого периода или «блока» концентрированного применения неспецифических тренировочных средств, например, таких как силовые упражнения для бегунов, необходим период «реализации» [30]. В этот период морфофункциональные перестройки должны быть окончательно «встроены» в систему двигательных действий. Проще говоря, нужен период, в течение которого спортсмен или испытуемый «привыкнет» к новому, измененному состоянию его исполнительного аппарата и/или других систем организма. В этот период спортсмен учится использовать в движении новые свойства нервно-мышечного аппарата. При этом также следует учитывать факт, что после каждой силовой тренировки имеет место «острый» период (24–72 часа), в течение которого мышечная ткань повреждена, нервно-мышечные механизмы активации угнетены, а экономичность оказывается снижена [27]. Все это может искажать реальный эффект тренировок. Поэтому до окончания такого периода «привыкания», который занимает не одну неделю, может оказаться невозможным оценить действительный эффект того или иного тренировочного воздействия. Например, есть исследование, которое подтверждает сказанное: эффект улучшения экономичности возрос в два раза через четыре недели после полного прекращения силовых тренировок, несмотря на снижение приобретенных силовых возможностей [413].

Неучет таких особенностей адаптации к физическим нагрузкам предположительно является одной из причин высокой вариативности эффектов даже после однотипных программ «вмешательства», как это следует из данных, собранных во многих обзорных исследованиях [26, 27, 220, 222, 243]. Величину изменений в значениях экономичности или других параметров после тренировочных вмешательств стоит интерпретировать также с обязательным учетом этих замечаний. Однако это делается редко, отсюда и большая несогласованность результатов.

Кроме этого, более информативными могут быть сравнительные исследования без вмешательства, например, когда среди действующих, то есть привычных к тренировке спортсменов необходимой категории формируются группы, существенно различающиеся по признаку, влияние которого на параметры локомоции требуется установить, к примеру,

в данном случае различающиеся по силе, «жесткости» и «гибкости». Большинство классических исследований прошлого века были выполнены по такой схеме, часть из них описана в разделе 3.2.

1.4.4.5 Взрывные или плиометрические упражнения, спринт

В качестве основного достоинства скоростно-силовых и взрывных упражнений считается их высокая специфичность биомеханических условий работы мышц тому режиму, который имеет место в ключевых фазах движения в большинстве локомоций при взаимодействии с опорой или инвентарем по сравнению с медленными силовыми упражнениями с отягощением. При этом во время плиометрических или взрывных упражнений соблюдается принцип превышения скорости и/или нагрузки относительно соревновательного упражнения, который необходим для получения тренировочного эффекта [183].

Кроме этого, чаще используется режим быстрого перехода от уступающего к преодолевающему режиму, тренировка характеристик которого позволяет улучшить использование ЭУД путем повышения жесткости мышечно-сухожильной системы и сокращение длительности SSC. Это позволяет спортсмену более эффективно накапливать и использовать ЭУД, как правило, путем сокращения времени контакта с опорой или амортизационной фазы [182, 230, 248].

Тем не менее точные механизмы, ответственные за улучшение экономичности, до конца не понятны. Возможно, что основную роль в улучшении экономичности и спортивного результата играет улучшенная нервно-мышечная активация, включая адаптацию на уровне рефлекторного аппарата. Однако это предположение основано на косвенных показателях, таких как уменьшение времени контакта и увеличение высоты в прыжках, повышение градиента силы и других подобных эффектов, получаемых, как правило, после тренировки. Однако при всем множестве исследований работа таких механизмов не была подтверждена более прямыми измерениями характеристик работы мышц, например, ЭМГ-активности.

Таким образом, считается, что пока рано делать вывод, что адаптация в результате плиометрической и подобной тренировки действительно приводит к более эффективным паттернам рекрутирования мышечных волокон или адаптации рефлексов.

Однако имеется обширная литература, в которой подтверждена высокая эффективность тренировки, при которой обычная циклическая тренировка низкой или средней интенсивности дополнялась плиометрической или взрывной. При этом можно отметить две тенденции в полученных результатах. Первая – величина сдвигов в экономичности или

основных биомеханических параметрах движения при плиометрической тренировке не превышает таковые при силовой тренировке с большим весом/сопротивлением, а часто уступает им [243]. Второе – при исследовании экономичности на разной скорости бега более значимые изменения происходили на большей скорости [414]. Это вполне согласуется с результатами, полученными при использовании HIIT

Аналогичные результаты получены при исследовании эффективности силовых, взрывных и плиометрических упражнений у лыжников-гонщиков, велосипедистов и гребцов [22, 187, 221, 272, 367, 420, 421, 422].

В качестве отличия таких исследований можно отметить, что в этих видах спорта преимущество использования медленных силовых упражнений с высокой нагрузкой по сравнению с взрывными и плиометрическими выражено более явно.

В качестве возможной причины можно отметить более длительный период активного взаимодействия с опорой. Это делает медленные силовые упражнения более специфичными соревновательной локомоции. Кроме этого, имеются данные, что возрастает роль устойчивости нервных центров при длительной генерации усилий высокой интенсивности, которая, как считается, лучше тренируется при силовых упражнениях в медленных режимах [18, 423].

В исследованиях лыжников чаще обсуждается такой фактор улучшения биомеханических характеристик движения, как увеличение скорости развития усилия (градиента силы). Считается, что, кроме улучшения использования ЭУД (в том числе и инвентаря), этот механизм, позволяя сократить длительность активного периода работы мышц, создает более длительный период восстановления между сокращениями мышц. Последнее приводит к лучшей перфузии крови и, таким образом, повышает экономичность работы или, как минимум, улучшает условия работы мышц, что положительно сказывается на результате. Кроме этого, считается, что для лыжников более важно, что силовые тренировки позволяют понизить величину усилий на палках относительно максимальной силы спортсменов [187, 367].

1.4.4.6 Комплексные тренировки

Основные виды силовой и скоростно-силовой тренировки показали свою эффективность в отношении биомеханики и экономичности спортсменов, поэтому закономерно, что были выполнены исследования по оценке эффектов комплексных программ. При этом тренировка с большим сопротивлением и плиометрическая тренировка использовались как наиболее частое сочетание средств силовой тренировки в игровых

и спринтерских видах спорта, а также в исследованиях бегунов на длинные дистанции из-за доказанной их роли в улучшении силовых возможностей и параметров SSC, которые вносят решающий вклад в улучшение бега в этих видах спорта [180, 399, 419].

При использовании такого сочетания, а также других, получено, что величина улучшения экономичности была приблизительно в тех же пределах, что и при применении однонаправленных силовых тренировок.

Например, Paavolainen L.M. с соавторами сообщили об улучшении экономичности на 7,5% после девятинедельной тренировки, состоящей из спринта, прыжков и упражнений с отягощениями с высокой скоростью (мощностью) движения, одновременно с уменьшением объема бега на выносливость [248]. Но нам известна только одна работа, в которой был получен лучший эффект комплексной тренировки (плиометрия+силовая) по сравнению с тренировкой на максимальную силу: 7,68% и 4,89%, соответственно. Преимущество комплексной тренировки получено в улучшении максимальной скорости спринтерского бега, порога анаэробного обмена и спортивного результата в беге на 5000 м. Существенно, что только комплексная тренировка вызвала улучшение в высоте прыжка после спрыгивания в глубину и в индексе реактивной силы (отношение высоты прыжка ко времени опоры), которые считаются основными индикаторами качества SSC [419]. Правда, последнее могло быть вызвано просто лучшей освоенностью техники прыжка в глубину испытуемыми комплексной группы, так как это упражнение использовалось в ней как тренировочное.

1.5 Заключение по первой главе

Различные аспекты подготовки и подготовленности в ЛЦВС служили объектами многочисленных исследований. Достаточно хорошо изучен весь спектр тренировочных средств и методов. Имеются их различные классификации. Тем не менее для анализа распределения нагрузок и адаптационных изменений в организме в ответ на различные упражнения мы посчитали необходимым разработать классификацию тренировочных средств на основе режимов работы мышц. При этом предполагалось, что именно режим работы мышц при выполнении любых упражнений является основным триггером, определяющим направленность адаптационных изменений. Кроме этого, такая классификация основана на едином признаке и позволяет существенно сократить количество параметров, охватывая при этом практически весь спектр используемых

упражнений. Например, в мероприятиях НМО сборных команд по ЛЦВС фиксировались 39–43 тренировочных упражнения, и все они закономерно классифицировались по тому или иному режиму работы мышц.

В основу разработки классификации были положены два основных параметра: скорость сокращения/растяжения мышц и степень напряжения (интенсивность) сокращения относительно повторного максимума. Это позволило выделить четыре ведущих режима сокращения мышц при выполнении упражнений силовой направленности:

- низкоскоростной низкоинтенсивный режим (НСНИ);
- низкоскоростной среднеинтенсивный режим (НССИ);
- низкоскоростной высокоинтенсивный режим (НСВИ);
- высокоскоростной высокоинтенсивный режим (ВСВИ).

Аналогично для анализа распределения циклических нагрузок упражнения также были подразделены по четырем режимам сокращения мышц, а именно:

- НСНИ режим – для нагрузок в первой-второй зонах интенсивности по ЧСС;
- НССИ режим – нагрузки в третьей зоне интенсивности по ЧСС;
- НСВИ режим – аэробно-силовой метод в третьей-четвертой зонах интенсивности по ЧСС;
- ВСВИ режим – нагрузки в четвертой-пятой зонах интенсивности по ЧСС с околосоревновательной скоростью.

Выявление данных режимов позволило выделить 13 групп упражнений с учетом специфики и ожидаемых эффектов каждого из них, которые, с одной стороны, могут являться кратким пособием по применяемым в ЛЦВС группам упражнений, с другой – являются своего рода «расшифровкой» непривычных аббревиатур, которые мы для строгости, однозначности и краткости будем применять в тексте последующих глав. Но главное, применение разработанной классификации при изучении современных моделей периодизации позволило установить основные закономерности и различия в организации системы нагрузок различной направленности на уровне микро-, мезоциклов и месяцев подготовительного периода у спортсменов разного пола и специализации в ЛЦВС, представленных во второй главе.

На основании анализа данных по существующим моделям периодизации тренировочного процесса практически однозначным выводом явилось то, что в большинстве случаев применяется «классическая периодизация», подробно представленная в трудах Л. П. Матвеева и его последователей (А. П. Бондарчук, В. Н. Платонов, Т. Бомпа и др.). В отношении блоковой периодизации Ю. В. Верхошанского и попыток

ее иной интерпретации В. Б. Исуриным можно предположить, что она применяется главным образом при организации силовой тренировки. Но общим и неоспариваемым для всех описанных моделей является поэтапное повышение специфичности в применении тренировочных нагрузок от переходного до соревновательного периодов.

С учетом главной темы книги – влияния нагрузок, в том числе через изменения в физической подготовленности, на кинематику лыжных ходов, прежде всего были проанализированы морфометрические, биомеханические, физиологические и биоэнергетические факторы, связанные с экономичностью и механической эффективностью наземных спортивных локомоций, а также параметры локомоций, закономерно изменяющихся в связи с изменением скорости передвижения и утомлением спортсменов на дистанции. Это позволило сделать ряд выводов.

Прежде всего выявлено, что экономичность спортсменов, являющаяся важнейшим фактором спортивного результата у спортсменов высокого класса в ЦВС, в относительно небольшой степени определяется отдельными биомеханическими параметрами движения или их сочетаниями, а также метаболическими факторами, связанными с эффективностью преобразования энергии на уровне клеток, работой сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Напротив, хорошо установлено, что наиболее весомым фактором экономичности является «жесткость биокинематической цепи», взаимодействующей с опорой.

Основным механизмом, за счет которого большая жесткость взаимодействующей с опорой конечности позволяет улучшить экономичность, является использование энергии упругой деформации. Обращает на себя внимание факт, что биомеханические параметры движения, которые в той или иной степени ассоциированы с высокой жесткостью, а значит, и с экономичностью, закономерно в той же тенденции изменяются с ростом скорости перемещения, особенно в том случае, когда речь идет об относительно высокой интенсивности упражнений (на уровне или выше АнП), на которой спортсмены соревнуются в большинстве видов спорта. С другой стороны, изменения, происходящие в структуре движения в связи с наступающим утомлением, имеют противоположный характер: снижается жесткость конечностей, закономерно изменяются параметры, с этим связанные.

В подтверждение такого вывода показано, что существует такой фактор, отличающий экономичных бегунов от менее экономичных, как плечо тяги ахиллова сухожилия. Экономичные спортсмены имеют короткое плечо, которое позволяет им сильнее растягивать сухожилие и другие

упругие компоненты трехглавой мышцы голени, что при высоких силовых возможностях ТМГ увеличивает вклад неметаболической ЭУД в производство механической работы при перемещении спортсмена.

Таким образом, жесткость мышечно-сухожильных комплексов и эффективное использование этого свойства опорно-двигательного аппарата при движении можно считать наиболее существенным для его изучения в связи с проблемой повышения экономичности и в целом спортивно-технического мастерства спортсменов.

В то же время в данный момент не существует единого мнения в отношении причин положительной связи экономичности с массой тела спортсменов – более тяжелые спортсмены более экономичны при прочих равных условиях. Неизвестно, связано ли это с большей механической нагрузкой на нервно-мышечный аппарат при беге и, соответственно, с лучшим использованием ЭУД, или нет.

Среди других биомеханических факторов экономичности в беге выделяют величину потери горизонтальной скорости в амортизационной фазе и, соответственно, относительно короткую длительность этой фазы. В лыжных гонках в этом ряду можно отметить длину проката спортсменов после отталкивания. Вероятно, более длительная пассивная фаза и соответствующее увеличение времени расслабления мышц в цикле движения могут создавать определенные преимущества спортсменам, обладающим такими способностями, но данные не однозначны.

В отношении длины и частоты шагов, времени опорных и полетных фаз, а также вертикальных колебаний ЦМТ в беге данные также расходятся. Это противоречит концепции высокой жесткости как значимого фактора экономичности, так как жесткость всегда ассоциируется с меньшим опорным периодом, большим градиентом силы и ее экстремумами при взаимодействии с опорой и чаще всего – с более высокими вертикальными колебаниями и временем безопорной фазы. В качестве объяснения данного противоречия можно отметить тенденцию, согласно которой критерии экономичности могут меняться с увеличением скорости. Соответственно, на низкой скорости более значимыми являются факторы меньшей механической работы, совершаемой спортсменом, на более высокой скорости – лучшее использование ЭУД.

Анализ закономерностей формирования и особенностей выполнения соревновательных упражнений спортсменами в ЦВС позволил обозначить подходы к главной методологической дилемме настоящего исследования: формирование рациональных биомеханических параметров движения спортсменов высокого класса в большей мере зависит от обучения «рациональной технике» или от целенаправленного формирова-

ния свойств опорно-двигательного аппарата и обеспечивающих систем в направлении большей специфичности требованиям соревновательного упражнения? Наиболее ожидаемым ответом на этот вопрос могло бы быть: «От обоих факторов». С высокой вероятностью это – правильный ответ, однако возникает вопрос соотношения вклада этих двух формирующих факторов в экономичность и спортивный результат спортсменов и, соответственно, выбор стратегии тренировочного процесса. В ходе анализа установлено, что решающий вклад в функциональное совершенствование движения, от которого зависит скорость, должно вносить «силовое наполнение движения». Из этого следует, что решающим фактором является повышение сократительных способностей мышц, устойчивости нервных центров, активирующих ДЕ, и способность обеспечивающих систем к поставке энергии и удалению метаболитов. Наиболее весомым доводом в отношении такой формулировки стратегии повышения спортивно-технического мастерства спортсменов ЦВС является факт высокой устойчивости (низкой вариативности) ключевых биомеханических параметров (длины и частоты шагов), а также высокой стабильности основных параметров техники у спортсменов высокой квалификации.

Тем не менее есть основания полагать, что очень существенный вклад в совершенствование обоих компонентов, определяющих высокую реализационную эффективность спортсменов, вносят факторы, связанные не только с рациональным построением силовой подготовки, но и с обеспечением оптимального взаимодействия ее эффектов с другими разделами подготовки в рамках целостного тренировочного процесса. Такой процесс должен в целом обеспечить максимальную степень морфофункциональной специализации организма спортсмена в отношении решения конкретной двигательной задачи к моменту главного старта, выраженной в оптимальных параметрах движения, от которых зависит скорость.

В этой связи возникает необходимость не просто изучения эффектов силовых упражнений и тренировок другой направленности на биомеханические параметры и экономичность техники, но и изучения «распределения» и «взаимодействия» эффектов различных упражнений на этапах подготовительного периода. По результатам анализа был сделан вывод, что данный вопрос, несмотря на его высокую значимость для программирования реального, а не экспериментального построения тренировочного процесса, до сих пор практически не был предметом исследования.

Таким образом, исследование закономерностей и механизмов воздействия тренировочных факторов, посредством которых возможно целенаправленно изменять (формировать) характеристики нервно-мышечного

аппарата спортсменов и обеспечивающих систем для придания им свойств, специфичных требованиям эффективности выполнения соревновательных упражнений, позволяет сделать однозначный вывод о том, что наиболее эффективным средством повышения реализационной эффективности спортсменов в ЦВС, то есть способности более полно реализовать свои функциональные способности в спортивном результате, являются те или иные формы силовой тренировки.

Также установлено, что силовая тренировка может проявлять данный эффект через изменения в комплексе биомеханических характеристик движения. В этом случае можно говорить, что такой вид тренировки является одним из способов «формирования техники», также напрямую воздействуя на два ключевых показателя – длину и частоту шагов, от которых зависит скорость. Причем очевидно, что такое влияние может быть как положительным, так и отрицательным. Такой вывод оказывается возможным сделать на основе факта очевидного влияния изменений в НМА на биомеханические параметры движения, но слабой связи биомеханики с экономичностью и со спортивным результатом. Следовательно, силовая тренировка позволяет воздействовать на подготовленность спортсменов еще через какие-то иные механизмы, которые напрямую не отражаются на «технике» спортсменов, но положительно влияют на дистанционную скорость. Обозначенное противоречие стало причиной резко возросшего в последние два десятилетия интереса ко всем аспектам силовой тренировки в ЦВС, которые, тем не менее, неизменно давали противоречивые результаты.

Таким образом, предметом дальнейших исследований может быть изучение закономерностей направленного воздействия различных видов тренировки на биомеханические параметры и связи таких изменений с экономичностью и результатом.

Обозначенный подход требует одновременной фиксации не только силовых, но и всех остальных видов тренировочных нагрузок и их эффектов в подготовительном периоде. А это возможно осуществить только в рамках изучения реального (без вмешательства экспериментаторов) тренировочного процесса той или иной категории спортсменов. Поэтому данный подход использован нами в качестве основного в выборках сильнейших лыжников и биатлонистов России в период с 2014 по 2023 г. Представлению и обсуждению таких данных посвящены следующие главы книги.

Глава 2.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРИОДИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА В ЛЫЖНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА

Целью исследований, результаты которых представлены в этой главе, было определить параметры тренировочных нагрузок и выявить основные закономерности их периодизации у спортсменов ЛЦВС: лыжников-гонщиков (ЛГ) и биатлонистов (БИ) (различающихся по фактору «спорт»), а также мужчин (М) и женщин (Ж) (различающихся по фактору «гендер»). Материалы этой главы частично опубликованы ранее в ряде наших работ [18, 88, 169, 424, 425, 426, 427, 428]. Отличие материалов, собранных в этой книге, в том, что расширены выборки испытуемых за счет включения данных, собранных в период с 2014 по 2023 год, в анализ добавлена выборка женщин лыжниц-гонщиц, данные представлены не по отдельным командам, а в сравнении выборок ЛГ и БИ, мужчин (далее – «М») и женщин (далее – «Ж»), это позволило уточнить выводы, сделанные ранее, и решить ряд дополнительных задач.

Основной метод исследования – статистический анализ тренировочных нагрузок и результатов этапных комплексных обследований спортсменов сборных спортивных команд России. При этом в анализ включены спортсмены возможно большего количества команд, тренирующихся под руководством разных тренеров, разных видов спорта, а также разного пола. Предполагалось, что такой подход, с учетом известной из практики тенденции, что тренировочный план разрабатывается в первую очередь «под лидеров команды», позволит с бóльшей надежностью установить искомые общие закономерности тренировочного процесса на уровне различных структурных элементов периодизации нагрузок. При этом мы стояли на позиции, что накопленные в России и за рубежом научные знания и практический опыт ведущих тренеров уже реализуются при организации подготовки спортсменов высокого класса. Следовательно, построение статистических моделей парциальных объемов тренировочных нагрузок на уровне микро-, мезо- и макроциклов за последние два олимпийских цикла и позже, которые применялись лидерами сборных команд России по лыжным гонкам и биатлону, а также последующий их анализ, позволят выявить закономерности построения тренировочного процесса в годичном макроцикле, изменений параметров физической подготовленности (глава 3) и кинематики бега одновременным одношажным коньковым ходом (ООКХ) (глава 4).

ООКХ выбран, потому что это один из наиболее часто используемых лыжных ходов как лыжников, так и биатлонистов.

В различных исследованиях, представленных в этой главе, приняли участие действующие спортсмены сборной команды России сезонов 2014/15–2023/24 гг.:

– лыжники-гонщики мужчины, FIS-рейтинг 1–202;
– лыжники-гонщики женщины, FIS-рейтинг 3–201;
– биатлонисты мужчины, расчетный рейтинг IBU 2–169;
– женщины, расчетный IBU-рейтинг 12–174 [197].

Для российских биатлонистов, регулярно участвующих в Кубке мира и принимавших участие не менее чем в 20 гонках за сезон, использовался фактический рейтинг IBU, для других спортсменов, принимавших участие в исследовании, использовался «расчетный рейтинг IBU», определяемый по уравнению регрессии, в котором в качестве аргумента использовался СБР-рейтинг по итогам соответствующего сезона [197]. Если в исследовании использовались данные спортсмена за несколько лет, то определялся его средний рейтинг за соответствующие годы.

Все спортсмены заполнили форму информированного согласия, которая содержала описание всех рисков, связанных с процедурами, а также согласие на анонимное использование их данных в научных исследованиях. В анализ была включена информация по спортсменам, регулярно проходящим медицинские обследования, не имеющим травм, серьезных заболеваний, а также активно участвующим в соревнованиях национального и международного уровней. Основные характеристики спортсменов приведены в таблице 6.

Таблица 6

Обобщенные (X ± SD) характеристики показателей выборок биатлонистов (БИ) и лыжников-гонщиков (ЛГ), мужчин (М) и женщин (Ж)

Показатель	Мужчины		Женщины	
	ЛГ	БИ	ЛГ	БИ
Возраст, лет	25,17±4,49	25,45±2,2	23,49±2,89	24,87±2,66
Рейтинг FIS/IBU	80,49±52,67	57,35±36,5	91,93±54,07	69,36±39,22
Масса тела, кг	75,06±4,52	74,01±5,7	59,77±5,25	57,87±4,46
Длина тела, см	176,74±4,63	177,40±5,2	164,10±4,56	164,77±4,66
ИМТ, кг/м^2	24,02±0,92	23,51±1,4	22,20±1,61	21,31±1,34
% мышечной массы	52,82±2,08	52,41±1,9	51,14±2,57	51,75±2,30
Масса мышц, кг	39,68±2,88	38,82±3,7	30,59±3,26	29,97±2,90
Жировая масса, %	8,66±1,64	8,65±1,3	13,21±3,21	12,28±2,13

Примечания: FIS – международная федерация лыжного спорта, IBU – международный союз биатлонистов, ИМТ – индекс массы тела.

Методика мониторинга тренировочных нагрузок, данные по которым использовались в этой главе, была следующей.

Спортсмены сборных команд с мая по март собирались для централизованной подготовки на разных тренировочных базах. Каждое тренировочное мероприятие длилось от 11 до 21-го дня, включая период соревнований. Между ними был период индивидуальной «домашней» подготовки длительностью шесть – десять дней, включая перелеты на несколько часовых поясов. В апреле спортсмены традиционно «отдыхали» дома или на курортах, применяя неспецифическую нагрузку в поддерживающем объеме, в среднем 26 ч в месяц. Подготовительный период длился с мая по ноябрь, соревновательный период (СП) – с конца ноября по март включительно, а этап непосредственной подготовки к главному старту – с конца января до даты главного старта (конец февраля, начало марта). Спортсмены каждой команды тренировались раздельно у разных тренеров, но спортсмены внутри команды тренировались вместе по единым планам. Индивидуальная коррекция общего плана проводилась, однако только на уровне отдельных тренировок или микроциклов в зависимости от самочувствия или когда необходимо было сделать какой-то специальный тренировочный акцент у того или иного спортсмена.

Фиксация ежедневных индивидуальных тренировочных нагрузок проводилась по методике, разработанной для спортсменов национальных команд, опытными специалистами КНГ, которые прошли специальное обучение, имели подробную инструкцию по классификации упражнений и были снабжены компьютерными электронными таблицами. Этот персонал постоянно находился с каждой командой на всех тренировочных сборах с мая по март. Нагрузки в период индивидуальной подготовки записывались в персональные тренировочные дневники и в память кардиомониторов самими спортсменами. После приезда на спортивное мероприятие данные частоты сердечных сокращений (ЧСС) из индивидуальных мониторов обрабатывались тем же персоналом. Записанная ежедневная тренировочная информация передавались в исследовательскую группу, автоматически обрабатывалась по оригинальному алгоритму и анализировалась. В апреле (восстановительный период) нагрузки централизованно не фиксировались, но выборочный анализ дневников показал, что в апреле их структура была подобна майской, а объем нагрузок составлял не более 50% от значений мая.

Нагрузки фиксировались по 40 показателям, перечисленным в таблице 7.

Таблица 7

Перечень параметров для разработки индивидуальных планов спортсмена и учета тренировочных нагрузок физической подготовки у спортсменов лыжных циклических видов спорта (без стрельбы в биатлоне), используемые в целях мероприятий НМО подготовки сборных спортивных команд России

Параметры нагрузки	Ед. изм.
Тренировочные дни	кол-во
Занятия	кол-во
Часы	кол-во
Первая зона	часы
Вторая зона	часы
Третья зона	часы
Четвертая зона	часы
Пятая зона	часы
Общий объем циклических нагрузок	часы
Ходьба, кросс-походы (с палками, без палок)	часы
Бег л/а	часы
Лыжероллеры, полная координация (все)	часы
Лыжи, полная координация (все)	часы
Лыжи/роллеры только бесшажными ходами	часы
Лыжи/роллеры только без палок	часы
Лыжи/роллеры с отягощением (покрышка, жилет)	часы
Работы в гору – все локомоции	часы
Шаговая имитация	часы
Прыжковая имитация	часы
Велосипед, гребля	часы
Отрезки (свыше 240 с) в том числе старты и контрольные старты	кол-во
Отрезки (60–240 с) в том числе максимальные	кол-во
Ускорения длинный спринт (от 21 до 59 с)	кол-во
Ускорения спринт (до 20 с)	кол-во
Общий объем силовой работы, кроме силового тренажера	часы
Силовой тренажер (амортизатор, плечевой пояс)	часы
Силовая круговая или силовая разминка (до легкого утомления мышц)	подходы
Сила мышц рук и плечевого пояса (всего)	подходы
Сила ног (всего)	подходы
Сила мышц туловища (всего)	подходы
Max сила (всего) (90% ПМ, ~5 повт., жимовое усилие, низкий темп)	подходы
Взрывная сила (всего) (60–80% ПМ, ~6 повт., взрывн. усилие, низкий темп)	подходы
Быстрая сила (всего) (30–50% ПМ, ~8 повт., высокий темп)	подходы
Гипертрофия (всего) (70–85% ПМ, ~8–12 повт., до отказа, низк./средн. темп)	подходы
Силовая выносливость: статодинамика (30–70% от ПМ, >15 повт., низкий темп) статика, напряженная круговая	подходы
Прыжки интенсивные до 20 отталкиваний	подходы
Многоскоки длительные (более 20 отталкиваний)	подходы
Спортивные игры	часы
ОРУ, подводящие упражнения на месте, гибкость	часы

Для градации интенсивности циклических нагрузок, включая разминки, заминки и интервалы отдыха между забегами, использовалась система пяти зон интенсивности. Границами второй и третьей зон служил вентиляторный аэробный порог (АэП), а границами третьей и четвертой зон – вентиляторный анаэробный порог (АнП), соответственно. ЧСС на АэП и АнП устанавливались на основе регулярного бегового тестирования на лыжном третбане или беговом третбане при беге с палками в ходе этапных обследований сборных спортивных команд России в ЛЦВС:

– первая зона: ниже $ЧСС_{АэП}$ минус 10 уд/мин, лактат не выше уровня покоя;
– вторая зона: между $ЧСС_{АэП}$ и $ЧСС_{АэП}$ минус 10 уд/мин, лактат до 2,2–2,5 ммоль/л;
– третья зона: между $ЧСС_{АэП}$ и $ЧСС_{АнП}$, лактат 2,5–4,0 ммоль/л;
– четвертая зона: $ЧСС_{АнП}$ + 5 уд/мин;
– пятая зона: выше ЧССАнП + 5 или 6 уд/мин до максимальной ЧСС, зафиксированной в данном тестировании.

Индивидуальные границы зон три-четыре раза в год проверялись в полевых условиях и при необходимости корректировались по результатам контрольных тренировок с измерением лактата (Ла) крови тем же персоналом. Во время среднегорных спортивных мероприятий коррекция проводилась всегда.

Сравнение $ЧСС_{АэП}$ и $ЧСС_{АнП}$ с данными, полученными во время полевого пятиступенчатого теста с измерением Ла, показали, что в среднем $ЧСС_{АэП}$ соответствовала концентрации Ла крови 2.0–2.3 ммоль/л, а $ЧСС_{АнП}$ – 3.5–4.0 ммоль/л, соответственно.

Объем циклической нагрузки рассчитывался по времени, когда ЧСС находилась в каждой из зон, затем суммировался, то есть распределение интенсивности классифицировалось в соответствии с подходом: «время в тренировочной зоне». Однако, чтобы сравнить наши данные с данными, опубликованными ранее в (зарубежной) литературе, использовалась трехуровневая градация распределения тренировочной интенсивности, а именно:

– низкоинтенсивная нагрузка (далее – LIT) – ниже АэП (первая-вторая зоны);
– нагрузка средней интенсивности (далее – MIT) – между АэП и АнП (третья зона);
– высокоинтенсивная нагрузка (далее – HIT) – выше АнП (четвертая-пятая зоны).

Кроме этого, фиксировалось количество ускорений во время интервальной тренировки, а также количество подходов во всех вариантах силовой и спринтерской тренировки, отдельно – время высокоинтенсивной интервальной тренировки (далее – HIIT). Время общей физической подготовки (ОФП) и стретчинга фиксировалось как время занятия (части занятия), включая паузы отдыха, но без учета циклической разминки и заминки, которые учитывались как циклическая нагрузка.

Описание некоторых нетрадиционных позиций классификации упражнений, используемых при мониторинге тренировочных нагрузок, следующее:

- градация режимов и группировки упражнений силовой направленности описаны в первой главе;
- шаговая имитация – специальное упражнение лыжника, схожие с «ходьбой с палками», но имитирующее классический лыжный ход. Отличительной особенностью является резкое движение маховой ноги, отсутствие «фазы двойной опоры» шага и «фазы полета». Выполняется только в гору с низкой или средней интенсивностью. Концентрация Ла в крови <2,5 ммоль/л;
- прыжковая имитация – специальное упражнение лыжника, схожее с «бегом с палками», но имитирующее классический лыжный ход, отличительной особенностью является мощное отталкивание опорной ноги, наличие выраженной «фазы полета» в цикле движения. Выполняется только в гору со средней или высокой интенсивностью (третья–пятая зоны). Концентрация Ла в крови > 4 ммоль/л;
- аэробно-силовой метод (АСМ) – режим любого циклического упражнения, когда выполняются мощные отталкивания, но при низком темпе движений, для того чтобы не допустить существенного снижения внутримышечного pH. Выполняется интервально с длительностью рабочего интервала две-три мин, отдыха две-три мин. Концентрация Ла в крови – 4–6 ммоль/л;
- аэробно-мощностной метод (АММ) – режим циклического упражнения, при котором чередуются два – четыре высокоинтенсивных цикла движений и два – восемь низкоинтенсивных цикла движений. Выполняется непрерывно в течение 30–120 мин. Концентрация Ла в крови – 3–5 ммоль/л.

В работе под аббревиатурой АСМ объединены собственно АСМ, а также АММ, все тренировки в утяжеленных условиях (в гору, с отягощением, руками на лыжном эргометре) и все лыжные имитации:

– прыжки – все виды плиометрических упражнений на ноги, выполняемых с высокой или максимальной скоростью/мощностью в количестве от 5 до 50 отталкиваний в одном сете;
– «специфическая (циклическая) тренировка» – суммарный объем бега на лыжах, роллерах и одновременного бесшажного хода (ОБШХ) также на лыжах или роллерах;
– «неспецифическая (циклическая) тренировка» – велосипед, бег, бег с палками, гребля, кросс-походы.

2.1 Сравнение годовых тренировочных объемов лыжников-гонщиков и биатлонистов высокого класса с учетом гендерных различий

Для сравнения годовых объемов тренировочных нагрузок использовались данные, полученные при обработке 78 ежегодных цифровых дневников (ЛГ – 23 мужчин и 19 женщин, БИ – 18 мужчин и 18 женщин), которые были отобраны из общей выборки по принципу полноты информации и принадлежности к разным спортивным командам в период времени, охватывающий два олимпийских цикла: с 2014 по 2022 г., с целью более точной оценки «среднестатистического среза» нагрузок.

Данные по сравнению годовых объемов нагрузок проанализированы с использованием двухфакторного дисперсионного анализа (вид спорта х пол) с учетом поправки Бонферрони α. Нормальность оценивали по отношению асимметрии к стандартной ошибке и эксцессу к стандартной ошибке в диапазоне от – 2,0 до + 2,0. Все параметры в основном имели нормальное распределение без выбросов. Выбросами считались значения выше или ниже 3,29 SD.

Все статистические анализы проводились с использованием программного обеспечения SPSS 26.0 (SPSS, Inc., Чикаго, Иллинойс) при уровне значимости 0,05.

Объемы тренировочных нагрузок представлены в таблице 8. Курсивом выделены значимые различия.

Анализ основных эффектов для фактора «спорт» показал, что у лыжников по сравнению с биатлонистами почти все тренировочные нагрузки были выше ($p < 0,05–0,001$). Исключениями были: одновременный бесшажный ход (ОБШХ); HIIT (интервалы >240 с); HIIT (интервалы 60–240 с); спринт (интервалы <20 с); взрывная + плиометрическая силовая тренировка, по которым объемы не различались.

Анализ основных эффектов для фактора «пол» показал, что женщины имеют больше: количество тренировочных дней; объем неспецифической

циклической тренировки; спринта (интервалы <20 с); HIIT (интервалы 21–60 с), но меньше объемы MIT и HIT, а также специфической циклической тренировки.

Из таблицы 8 следует, что без учета поправки Бонферроне (то есть на уровне тенденции) женщины имели больше ОБШХ и многоповторной силовой тренировки, но меньше высоко- и среднеинтенсивной силовой тренировки.

Обсуждение результатов

Закономерно, что лыжники превосходили биатлонистов по объему большинства видов нагрузки (таблица 8), направленной на повышение дистанционной скорости, так как БИ существенное время уделяют стрелковой подготовке, тем не менее даже тренировочных дней у БИ было меньше. Особенно обращает на себя внимание почти вдвое больший объем силовой нагрузки у ЛГ за счет в несколько раз меньшего объема использования биатлонистами гипертрофирующих режимов (НСНИ и НССИ). Циклических нагрузок у них было также меньше на 230 часов в год.

Поэтому вопрос о возможных способах компенсации, которыми БИ могут пользоваться в стремлении поддержать дистанционную скорость в условиях ограниченного тренировочного времени и гипотетической необходимости сохранения высокой работоспособности анализаторов и других структур ЦНС, необходимых для совершенствования навыков стрельбы, обеспечения высокой психологической устойчивости и др., был первостепенным.

Оказалось, что БИ только на два часа в год бегали меньше в четвертой-пятой, то есть в наиболее интенсивных зонах. При этом даже несколько больше, чем ЛГ, использовали HIIT на длинных отрезках и особенно короткий спринт (<20 с). ЛГ и БИ также не различались по объему взрывных/плиометрических упражнений. Таким образом, очевидно, что биатлонисты компенсировали меньший объем большей интенсивностью как в беговых, так и в силовых компонентах тренировки. Переходя на язык режимов, у БИ была существенно большей доля ВСВИ и НСВИ режимов относительно медленных низкоинтенсивных НССИ и НСНИ как в беговой, так и в силовой части. Считается, что именно эти режимы являются наиболее тяжелыми в плане психической нагрузки [18].

Среди отдельных средств можно отметить даже несколько большие объемы ОБШХ, то есть идея интенсификации подготовки распространялась и на мышцы плечевого пояса.

При изучении гендерных различий установлено следующее.

Таблица 8

Обобщенные (X ±SD) показатели годовых объемов тренировочных нагрузок биатлонистов (БИ) и лыжников (ЛГ), мужчин (М) и женщин (Ж)

Показатель	Спорт (n1 = n2 =27)		Различия ЛГ – БИ		Пол (n1 = n2 =27)		Различия М – Ж	
	ЛГ	БИ	p	РЭ	Ж	М	p	РЭ
Тренировочные дни, n	293 ± 17	244 ± 19	*<0,001*	*0,75*	278 ± 27	264 ± 32	*0,001*	*0,14*
Тренировочные часы, n	969 ± 46	718 ± 76	*<0,001*	*0,85*	864 ± 116	843 ± 159	0,014	0,09
LIT (первая-вторая зоны), ч	715 ± 45	495 ± 46	*<0,001*	*0,87*	618 ± 117	610 ± 123	0,384	0,01
MIT (третья зона), ч	43 ± 24	33 ± 11	0,020	0,07	32 ± 13	45 ± 23	*0,002*	*0,12*
HIT (четвертая-пятая зоны), ч	21 ± 10	19 ± 06	*<0,001*	0,31	17 ± 07	22 ± 09	*0,001*	*0,15*
Общий объем циклической нагрузки, ч	779 ± 42	547 ± 40	*<0,001*	*0,90*	667 ± 115	677 ± 132	0,414	0,01
Неспецифическая циклическая нагрузка, ч	250 ± 27	179 ± 21	*<0,001*	*0,69*	225 ± 43	211 ± 42	*<0,001*	*0,20*
Специфическая циклическая нагрузка, ч	523 ± 35	432 ± 62	*<0,001*	*0,83*	412 ± 109	445 ± 115	*0,008*	*0,09*
ОБШХ, ч	16 ± 8	21 ± 16	0,068	0,04	21 ± 15	16 ± 09	0,042	0,06
Аэробно-силовой метод, ч	66 ± 18	36 ± 14	*<0,001*	*0,56*	50 ± 11	54 ± 29	0,863	0,00
HIIT (интервалы > 240 с), n	83 ± 65	87 ± 76	0,934	0,00	96 ± 76	75 ± 63	0,248	0,02
HIIT (интервалы 60–240 с), n	91 ± 60	72 ± 58	0,152	0,03	92 ± 41	73 ± 72	0,129	0,03
HIIT (интервалы 21–60 с), n	94 ± 32	69 ± 55	*0,017*	0,08	93 ± 42	72 ± 46	*0,003*	0,12
Спринт (ускорения <20 с), n	197 ± 93	242 ± 135	0,136	0,03	264 ± 118	175 ± 97	*0,001*	*0,15*
Общий объем силовых работ, ч	81 ± 12	45 ± 12	*0,001*	*0,68*	63 ± 19	65 ± 24	0,362	0,01
Высокоинтенсивная силовая (>85% ПМ), п	597 ± 364	371 ± 182	*0,001*	*0,14*	412 ± 201	565 ± 376	0,032	0,06
Среднеинтенсивн. силовая (70–85% ПМ, п	550 ± 252	36 ± 70	*<0,001*	*0,68*	242 ± 214	377 ± 384	0,018	0,07
Многоповторная силовая (<70% ПМ), п	1170 ± 247	268 ± 223	*<0,001*	*0.80*	788 ± 503	723 ± 519	0,038	0,06
Взрывная + плиометрическая, п	279 ± 235	267 ± 206	0,044	0,01	293 ± 226	255 ± 217	0,14	0,03
Силовая на плеч. пояс+туловище, п	1404 ± 552	784 ± 267	*<0,001*	*0,35*	1162 ± 536	1078 ± 548	0,271	0,02
Силовая на ноги, п	520 ± 277	294 ± 122	*<0,001*	*0,24*	374 ± 88	453 ± 326	0,191	0,02

Примечания: n – количество, Р-значения – оценки межгрупповых различий, РЭ – размер эффекта, п – подходы.

Обращает на себя внимание факт, что женщины тренируются несколько больше, чем мужчины. Это следует из сравнения количества тренировочных дней и часов (таблица 8). В то же время два основных показателя тренировочного объема – общее количество часов циклической нагрузки и силовой тренировки – были одинаковыми у мужчин и женщин. Но структура нагрузок различалась. В целом, мужчины тренировались с большей интенсивностью (имели больший объем MIT и HIT) и имели большую долю специфической циклической нагрузки (лыжи, роллеры, ОБШХ), в то время как женщины выполняли больший объем работы в первой и второй зонах, а также неспецифических (бег, велосипед, имитация) циклических упражнений. При этом у них была бóльшая доля спринтерских упражнений и интервальной тренировки на коротких отрезках (до 60 с). В структуре силовой тренировки (при одинаковом общем объеме) наблюдались такие же тенденции, что и в циклической:

– мужчины использовали средне- и высокоинтенсивные нагрузки (> 70% ПМ) в большем объеме;
– женщины применяли больше многоповторных низкоинтенсивных режимов (круговая тренировка, статодинамика, статика).

Таким образом, в тренировке выносливости и силы у женщин прослеживалась отчетливая тенденция к меньшей интенсивности тренировочного процесса. Это частично могло повлиять на различия в физиологических и двигательных способностях женщин и, вероятно, может отразиться на параметрах их движений, что будет обсуждаться в следующих главах.

2.2 Структура распределения нагрузок в микро-, мезо- и макроциклах

Для сравнения структуры распределения тренировочных нагрузок между четырьмя командами (ЛГ: М и Ж; БИ: М и Ж) в циклах различной длительности был проведен анализ данных спортсменов мужчин и женщин – лидеров команд по рейтингу FIS и IBU – спортивных сборных мужской и женской команд России по ЛГ (n=24; возраст, лет: 25.4 ± 3.9) и БИ (n=13; возраст, лет: 25.5 ± 2.8), тренировавшихся в условиях централизованной подготовки в период сезонов 2019/20–2021/22 гг.

Анализ содержания и распределения нагрузок выявил, что средняя длительность тренировочных сборов составляла 20,3 ± 2,1 дня, за которыми следовал период домашней подготовки средней длительностью 8,4 ± 1,2 дня. В каждом сборе можно было выделить в среднем три микроцикла при том, что их реальная длительность варьировала в пределах пяти –

девяти дней. С учетом этих данных было принято решение привести длительность каждого микроцикла к семи дням, включая микроцикл домашней подготовки (между сборами), длительность которого была в диапазоне шести – десяти дней.

Перерасчет объемов нагрузки внутри каждого микроцикла на семидневный условный микроцикл осуществлялся по следующей методике. Первым днем микроцикла считался следующий день после «отдыха». Затем рассчитывался средний дневной объем каждого из средств подготовки. Если реальная длительность микроцикла была менее семи дней, то средний дневной объем прибавлялся к реальному объему микроцикла, умноженному на число недостающих дней, если меньше – то вычитался по тому же принципу. При этом аналитическим путем сохранялась реальная динамика изменения объемов каждого средства по дням внутри каждого микроцикла для того, чтобы можно было сравнивать распределение объемов по дням микроциклов. Такая процедура была необходима для сопоставления объемов микроциклов внутри мезоциклов, а мезоциклов (рассчитанных для других этапов и годов подготовки) между собой. Для анализа структуры микроциклов выбирался второй микроцикл каждого мезоцикла как наиболее нагрузочный.

В домашней подготовке первый день был днем перелета со сбора домой, последний – днем перелета из дома или Москвы к месту сбора. Объем за все дни, включая перелет, усреднялся и приводился к семи дням, как описано выше.

В соревновательный период длительность тренировочных микроциклов рассчитывалась от дня перелета к месту проведения очередных кубковых соревнований и до дня первого кубкового или главного старта. Отбирались те микроциклы, которые по длительности были ближе всего к семи дням, с последующей трансформацией и расчетом объемов, как описано выше.

Расчетная длительность каждого мезоцикла из расчета семидневных микроциклов составила 28 дней, за исключением этапа непосредственной подготовки к главному старту (ЭНП), который равнялся строго восьми неделям вне зависимости от состава и длительности входящих в него микроциклов и завершался днем первого старта на чемпионате мира или Олимпийских играх. Объем нагрузок внутри микроциклов ЭНП рассчитывался по той же методике, учитывая дни стартов.

Для анализа были выбраны мезоциклы на следующих этапах подготовки:

– «втягивающий» – первый полный по длительности мезоцикл после переходного периода;

– «общеподготовительный» – мезоцикл подготовки на уровне моря, выполненный на общеподготовительном этапе в июне – июле;
– «среднегорный» – мезоцикл подготовки в среднегорье (высота 1100–1600 м над уровнем моря), выполненный на общеподготовительном этапе, как правило, в августе;
– «специально-подготовительный» – мезоцикл подготовки на уровне моря, выполненный на специально-подготовительном этапе или в начале сентября (перед летним чемпионатом России), или в октябре до «вкатки» на снегу»;
– «соревновательный» – мезоцикл, начинающийся после окончания первого Кубка мира, как правило – конец ноября, декабрь;
– «этап непосредственной подготовки» (ЭНП) – как правило, январь – февраль, но с привязкой к началу главных стартов сезона.

При анализе структуры годичного макроцикла рассчитывались реальные месячные объемы каждого средства для каждого спортсмена, затем они группировались по режимам работы мышц в тех случаях, когда цели анализа предполагали такой подход.

2.2.1 Микроциклы

Для определения закономерностей применения отдельных видов упражнений и режимов их выполнения изучались структуры микроциклов объединенной выборки спортсменов ЛЦВС и отдельно: ЛГ (М+Ж), БИ (м+Ж), М (ЛГ+БИ) и Ж (ЛГ+БИ).

На рисунке 23 представлены усредненные по дням объемы ***циклических нагрузок*** в объединенной выборке спортсменов.

Наиболее общими и очевидными тенденциями были: снижение объемов на седьмой день микроциклов подготовительного периода – такой день отделял один микроцикл от другого. В большинстве случаев семидневный микроцикл состоял из двух «блоков» – 3+2 нагрузочных дня, разделенных некоторым снижением нагрузок на четвертый день. Особенно это характерно для подготовительного периода.

Распределение объемов в микроциклах соревновательного периода скорее напоминает «седловину» с наименьшим объемом циклических работ с третьего по пятый. Но наиболее удивительным было отсутствие какого бы то ни было «пикинга» – снижения всех видов нагрузки перед днем старта или снижения объема с сохранением или повышением интенсивности. «Пикинг» считается общепринятой методикой подведения спортсменов к соревнованиям, в том числе в ЛЦВС, правда, на уровне более крупной структуры – последнего перед стартом мезоцикла [5]. Снижение объемов на 15% наблюдается только по четвертой-пятой зонам в последний перед соревнованиями день и только на ЭНП.

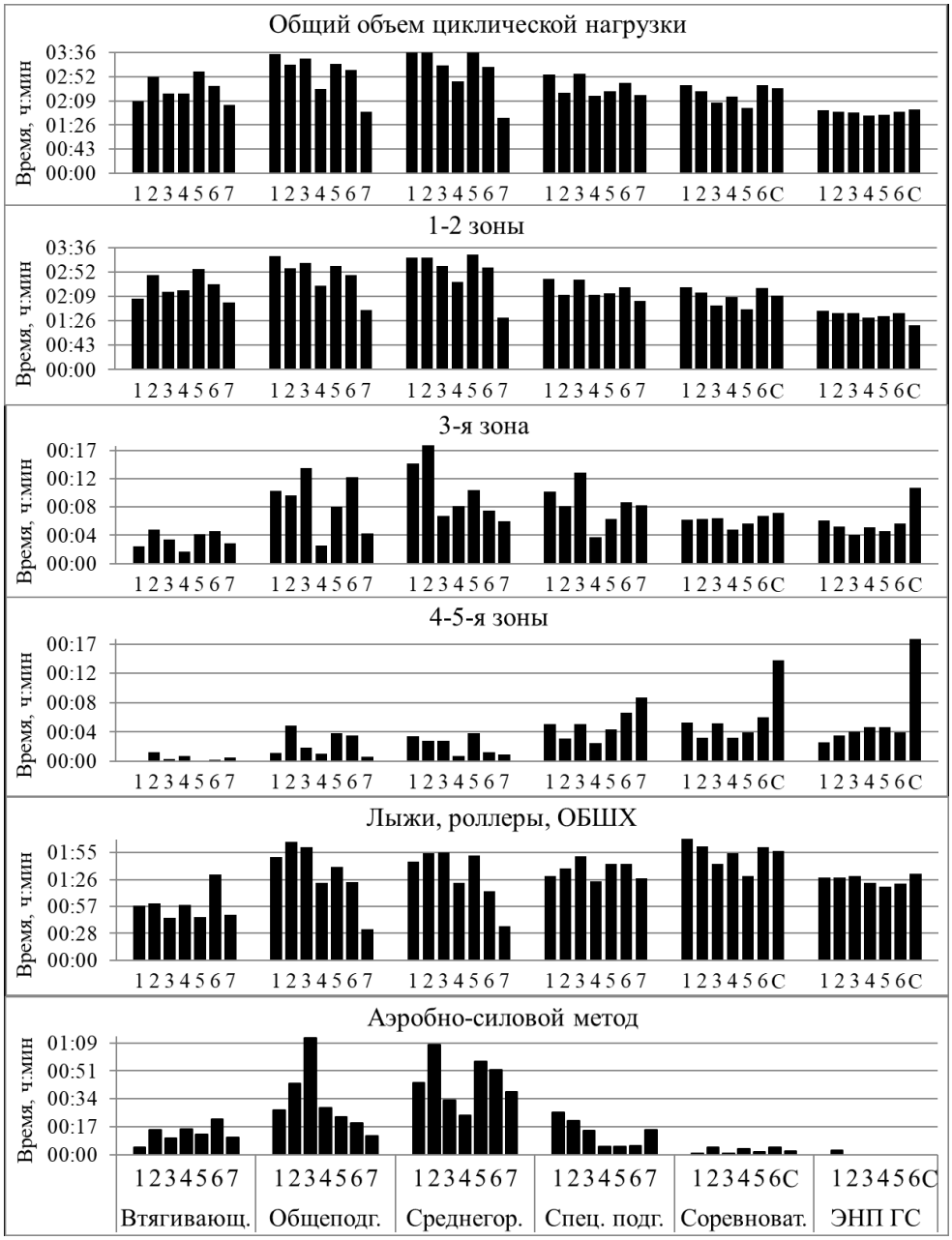


Рис. 23 – Распределение объемов циклических тренировочных нагрузок по дням микроциклов в объединенной выборке спортсменов ЛЦВС на этапах макроцикла (Втягивающий, Общеподготовительный, Среднегорный, Специально-подготовительный, Соревновательный, Этап непосредственной подготовки к главному старту (ЭНП ГС)

Последней тенденцией, которую можно отметить, является проявление известного принципа периодизации – перехода «количества в качество». Низкоинтенсивные и неспецифические нагрузки, к разряду которых примыкают работы в третьей зоне и АСМ, имеют в целом тенденцию снижения от начала микроцикла к его завершению, а высокоинтенсивные нагрузки – наоборот. Наиболее очевидно это проявляется в соревновательный период за счет высокого объема в четвертой-пятой зонах в день соревнований.

Сравнение особенностей структуры микроциклов в выборках отдельно – ЛГ и БИ (данные не приведены в связи с ограниченным объемом) – позволило сделать еще несколько выводов.

Прежде всего, отмечено, что четвертый и седьмой дни являются днями условного отдыха только у БИ, поэтому в объединенной выборке заметна эта тенденция. На самом деле ЛГ в эти дни «отдыхают» только по нагрузкам в четвертой-пятой зонах и только в подготовительный период. На остальных этапах в наиболее нагрузочном микроцикле снижения ни по одному параметру у ЛГ не наблюдалось.

Второе отличие – в соревновательный период ЛГ не используют тренировки в третьей зоне в день перед стартом, а БИ используют. Более подробно структура микроцикла на ЭНП проанализирована ранее [428], а также в разделе 3.3.

При изучении гендерных различий в структуре микроциклов выявлено, что женщины на специально подготовительном этапе завершают микроцикл наиболее высоким объемом в четвертой-пятой зонах. У мужчин пиковым днем является шестой день.

Женщины в среднегорном микроцикле имеют, по сути, шестидневный микроцикл с отдыхом на седьмой день. Мужчины же чаще всего заполняют день «отдыха» в среднегорье наибольшим объемом АСМ.

Структура ***микроциклов силовой направленности*** представлена на рисунке 24.

Тенденция для общего объема таких занятий больше в первой половине микроцикла – до пятого дня. При этом постоянным днем отдыха можно назвать только седьмой день. Второй разгрузочный день в микроцикле, как правило, присутствовал – в подготовительный период это третий или четвертый дни. В соревновательный период силовые тренировки практически не применялись в шестой день, так же как, разумеется, и в седьмой.

Отметить какие-то общие закономерности в распределении объемов отдельных силовых режимов не представляется возможным. В целом, просматривается следующая тенденция: на втягивающем и общеподго товительном этапах упражнения в отдельных режимах применяются

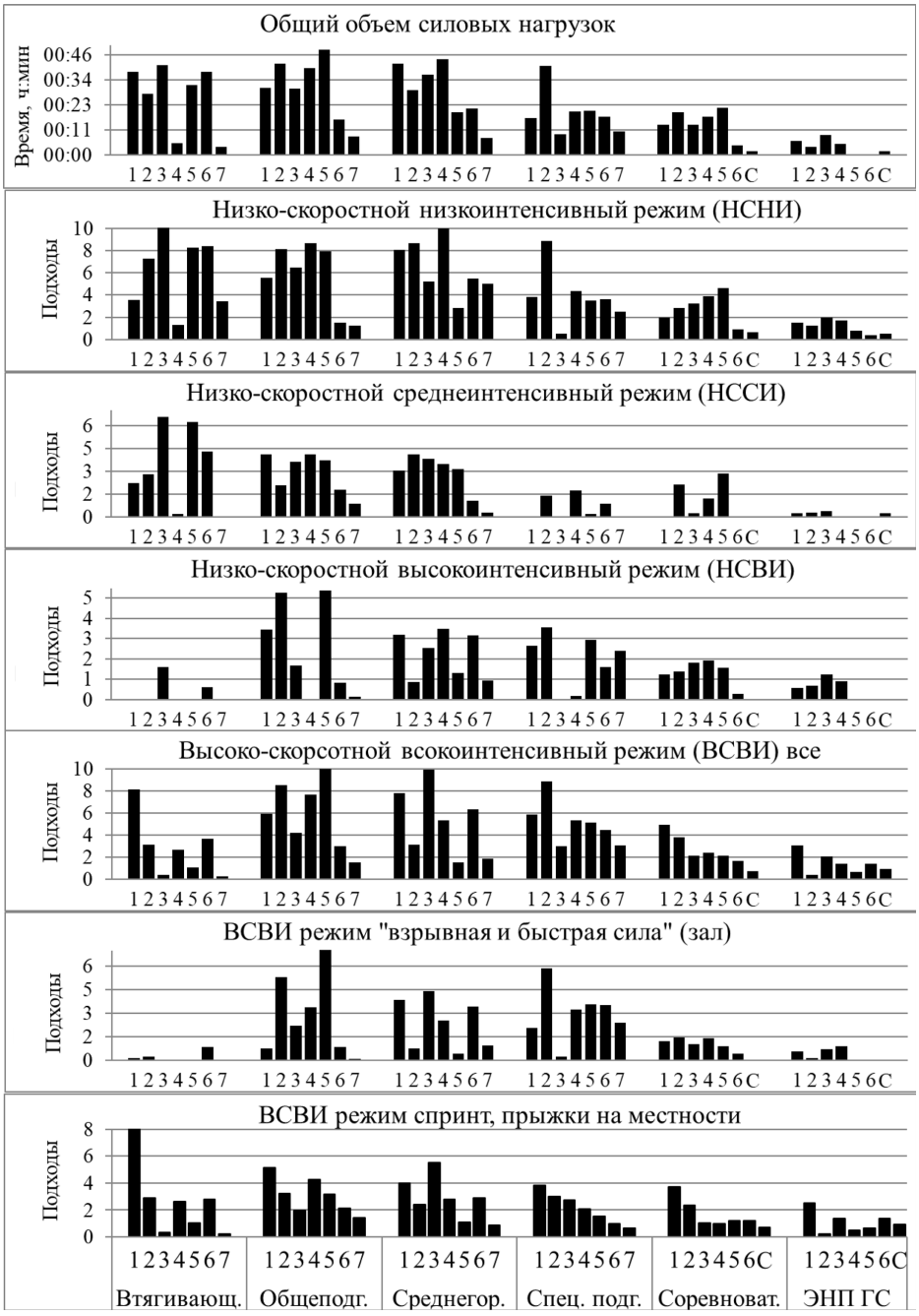


Рис. 24 – Распределение объемов тренировочных по режимам нагрузок силовой направленности по дням микроциклов в объединенной выборке спортсменов ЛЦВС на этапах макроцикла (Втягивающий, Общеподготовительный, Среднегорный, Специально-подготовительный, Соревновательный, Этап непосредственной подготовки к главному старту (ЭНП ГС)

дважды в неделю. На специальноподготовительном этапе силовая тренировка чаще проводилась на второй день. В соревновательный с равной вероятностью тренировки ***силовой направленности*** могли проводиться в любой день, но с общей и тенденцией, что высокоскоростные чаще применялись в первый-второй дни, в то время как низкоскоростные, то есть, как считается, мнее специфичные – в четвертый-пятый дни.

Однако здесь необходимо учитывать различия по фактору «вид спорта». В соревновательный период ЛГ не применяли низкоскоростные режимы в первые два дня микроцикла, а концентрировали их на третий-четвертый. У БИ таких нагрузок было существенно меньше, они распределены по дням более равномерно, но относительно «пиковыми» были второй и пятый дни. В то же время БИ гораздо больше применяли ВСВИ режим, причем такие тренировки группировались в 1первый и второй дни. Это и повлияло на среднестатистическую картину.

Отсутствие закономерностей распределения объемов силовой подготовки в объединенной выборке объясняется также тем, что лыжники в подготовительный период применяли силовые нагрузки чаще во второй и пятый дни микроцикла, в то время как биатлонисты – в понедельник и в четверг. В целом у ЛГ структура занятий силового характера в микроцикле более системна, тогда как тренеры разных команд БИ могли планировать такие тренировки практически в любой день микроцикла, поэтому среднестатистическая картина у БИ была более «смазанной». Это отразилось и на структуре микроциклов в объединенной выборке. В целом у ЛГ структурированность силовых нагрузок в микроцикле гораздо лучше, чем у ЛГ. У последних тренеры разных команд могли планировать такие тренировки практически в любой день микроцикла, поэтому среднестатистическая картина у БИ была более «смазанной». Это отразилось и на структуре микроциклов в объединенной выборке.

Анализ разделенной выборки по фактору «гендер» позволяет с уверенностью констатировать, что никаких новых закономерностей этот фактор не вносит, то есть у М и Ж структура микроциклов не различается.

2.2.2 Мезоциклы

Структура четырехнедельных мезоциклов ***циклических нагрузок*** в объединенной выборке спортсменов ЛЦВС представлена на рисунке 25.

В подготовительный период соотношение объемов нагрузок в микроциклах позволяет говорить о преобладании схемы 3+1: три нагрузочных и один разгрузочный микроцикл.

Во время восьми***недельного ЭНП*** циклические нагрузки разной интенсивности достигали максимума к пятому микроциклу, затем снижались, также все вместе, но не более, чем на 5–20%. Это снова резко

отличается от «нормальной» методики применения «пикинга», когда рекомендуемое снижение должно составлять 30–50% [429], но ближе к цифрам, приведенным в работе E. Tonnessen с соавт. для лучших норвежских лыжников [5]. Более того, в последнюю неделю перед главным стартом резко возрастали интенсивные нагрузки в третьей – пятой зонах на фоне только пятипроцентного снижения объема в первой-второй зонах.

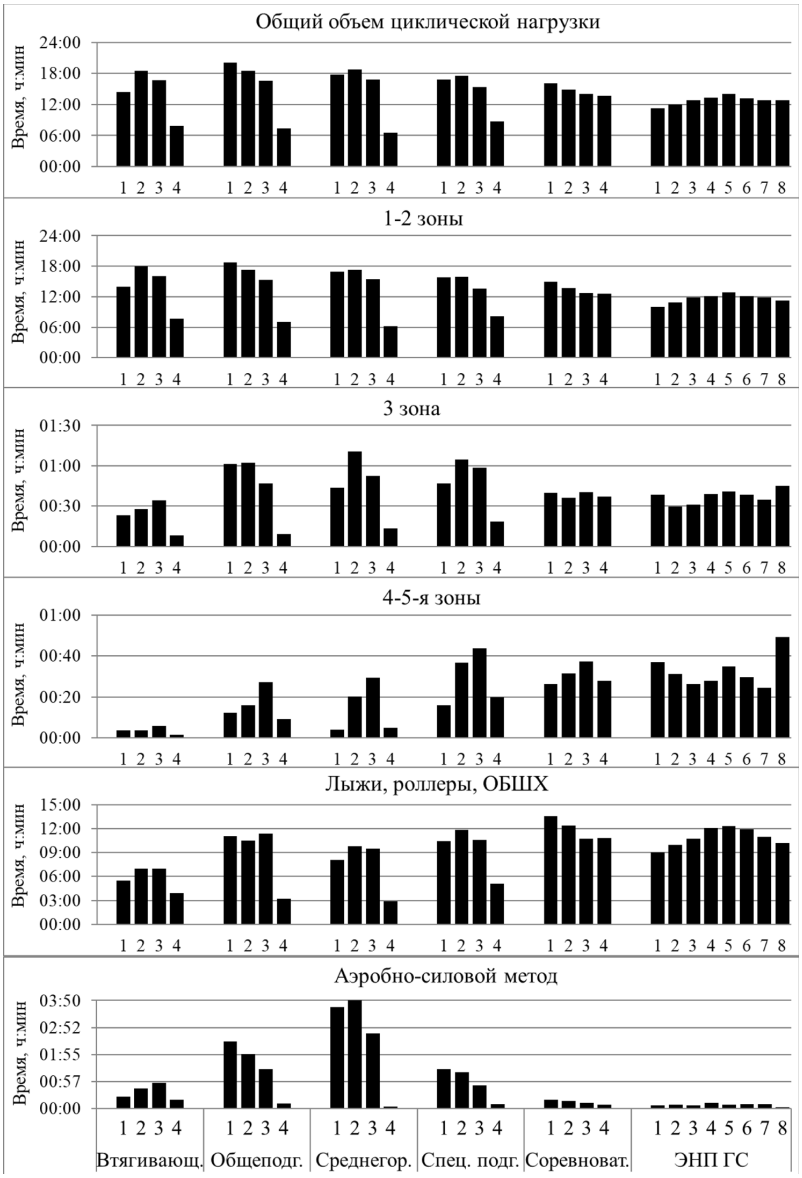


Рис. 25 – Распределение циклических нагрузок в мезоциклах в ЛЦВС на этапах макроцикла

Лыжники-гонщики имели следующие отличия в структуре мезоциклов по сравнению с биатлонистами (данные не приведены). На базовом этапе (июнь – июль) ЛГ имели наибольшие объемы нагрузок в первой третьей зонах в первый микроцикл, БИ – во второй. И, наоборот, на среднегорном мезоцикле, специально подготовительном этапе и этапе ранних стартов у лыжников пиковым по объему всех видов нагрузок был второй микроцикл, тогда как БИ придерживались схемы «классической» периодизации: ООЦН, первая-вторая зоны и АСМ снижались от первого к третьему микроциклу, а объемы в четвертой-пятой зонах последовательно возрастали.

На ЭНП объемы интенсивной нагрузки (третья – пятая зоны) у лыжников возрастали с третьего по восьмой микроцикл, у биатлонистов снижался с третьего по седьмой, но затем следовало резкое возрастание нагрузки в восьмой микроцикл. Парадоксально, но у БИ общий объем циклической нагрузки и объем в первой-второй зонах с третьего по восьмой микроцикл не изменялись, в то время как ЛГ следовали схеме «пикинга», снижая низкоинтенсивные объемы.

Структура объемов нагрузок ***силовой направленности***, выполненных в разных режимах, приведены на рисунке 26. На базовых этапах схема мезоциклов – 3+1. При этом пиковым является второй микроцикл, на специально подготовительном – 2+2. Пиковым является первый микроциклом, в соревновательный период – 1+3.

Эти закономерности прослеживаются для всех режимов с небольшими вариациями. Например, силовые упражнения на «максимальную силу» (режим НСВИ) в мезоциклах на базовых этапах используются без разгрузочных микроциклов. Упражнения на «взрывную и быструю силу» (режим ВСВИ) в подготовительном периоде распределяются по схеме 2+2.

На ЭНП основными режимами являлись низкоскоростные: НСНИ и НСВИ. Причем для первого мезоцикла пиковым был четвертый микроцикл, для второго – шестой. То есть наблюдается смещение акцента по времени с низкоинтенсивного на высокоинтенсивные силовые нагрузки. Затем имел место ярко выраженный «пикинг»: объем НСНИ снижался на 30%, НСВИ – в три раза.

При сравнении структуры мезоциклов у ЛГ и БИ (данные не приведены) прежде всего обращает внимание тот факт, что в подготовительный период лыжники используют схему 2+2, а биатлонисты – 3+1. В обоих случаях пиковым был второй микроцикл.

На ЭНП лыжники используют НСВИ режим в том же объеме, что и в подготовительный период, но почти не используют ВСВИ, в то время

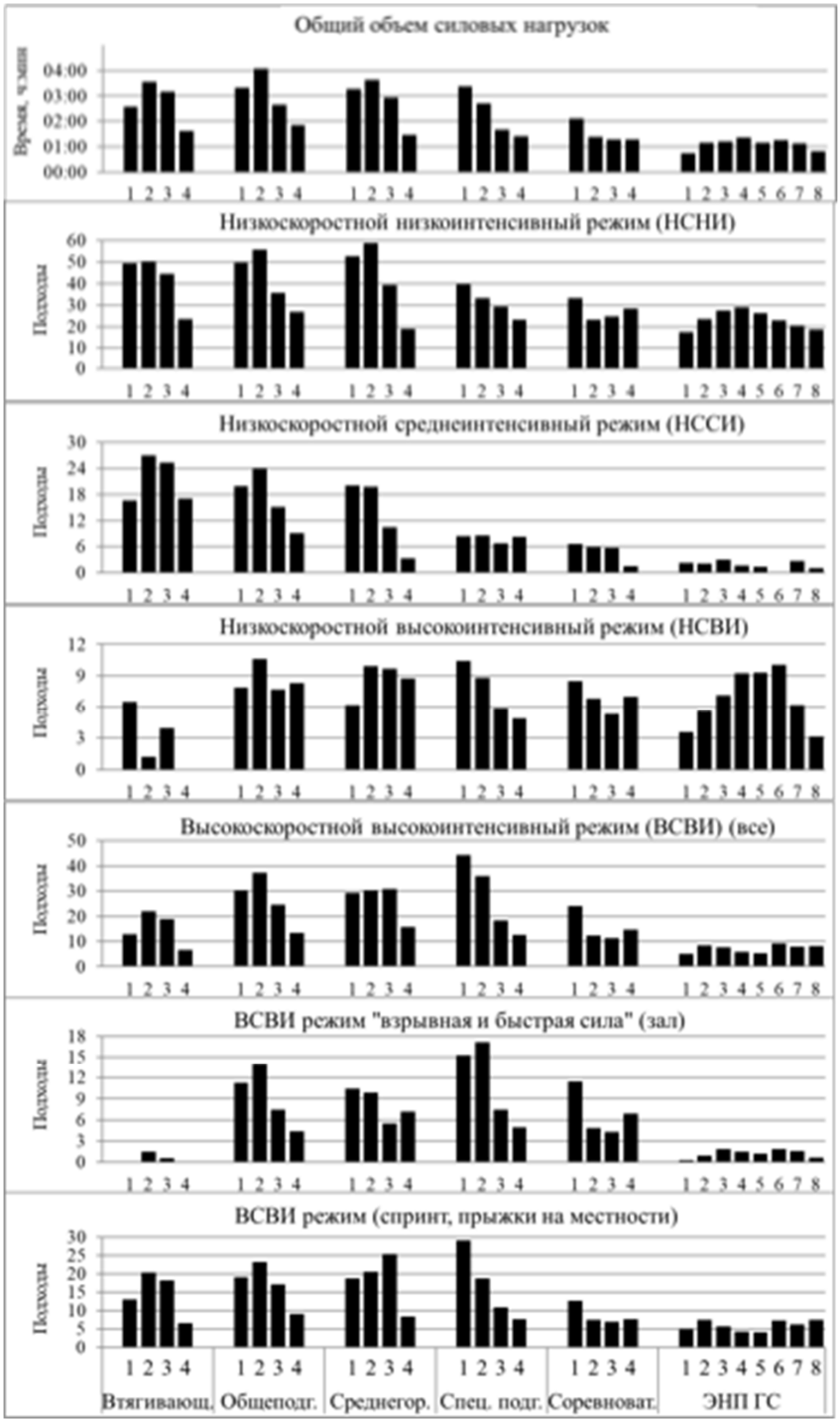


Рис. 26 – Распределение нагрузок силовой направленности в мезоциклах в ЛЦВС на этапах макроцикла

как биатлонисты вообще не используют НСВИ, выполняя силовую нагрузку в виде НСНИ и ВСВИ режимов. Пик НСНИ приходилось на четвертый, а использование ВСВИ в форме спринта возрастало с пятого по восьмой микроцикл.

У мужчин и женщин структура мезоциклов не различалась. Можно отметить только то, что на ЭНП мужчины не использовали гипертрофический НССИ режим, в то время как женщины его использовали в относительно высоком объеме. У мужчин пик НСВИ приходился на шестой микроцикл, у женщин, так же, как у биатлонистов – на четвертый.

2.2.3 Макроциклы

В отличие от микро- и мезоциклов, данные по структуре годичного макроцикла представлены за период с 2014 по 2022 г.

Помесячная структура объемов ***циклических нагрузок*** представлена на рисунке 27.

Общий объем циклических нагрузок в ЛЦВС практически не менялся с июня по ноябрь с небольшим западением в сентябре – в период летних соревнований. Затем он последовательно снижался. Взаимная динамика низкоинтенсивных и высокоинтенсивных средств тренировки подчинялась «классической» закономерности периодизации. Объемы первых зон интенсивности (первая – третья), достигнув пика в июле, ускоренно снижались. Объемы вторых (четвертая-пятая зоны), начиная с мая и по декабрь, практически линейно возрастали. Западение, наблюдаемое в октябре, возможно, связано с отдыхом после сентябрьских соревнований, использованием среднегорного мезоцикла и/или вкаткой. АСМ, несмотря на то, что к нему отнесен в том числе бег на роллерах и лыжах, видимо, рассматривавшийся тренерами как неспецифическое средство, поэтому применялся только в подготовительный период.

Различия между ЛГ и БИ (данные не приведены) были непринципиальными: у лыжников объемы в третьей зоне равномерно распределены с июня по февраль с минимальной вариацией, в то время как у биатлонистов после пикового июля нагрузки в этой зоне снизились на 35–40% в сентябре и линейно снижались до марта. У ЛГ объемы в четвертой-пятой зонах почти не менялись с ноября по февраль, тогда как у БИ их доля, во-первых, существенно выше, во-вторых, декабрь и январь были пиковыми с превышением объемов в другие месяцы соревновательного периода на 40%. Таким образом, БИ в большей степени, чем ЛГ, применяли «поляризованную модель» в соотношении нагрузок, особенно в соревновательный период.

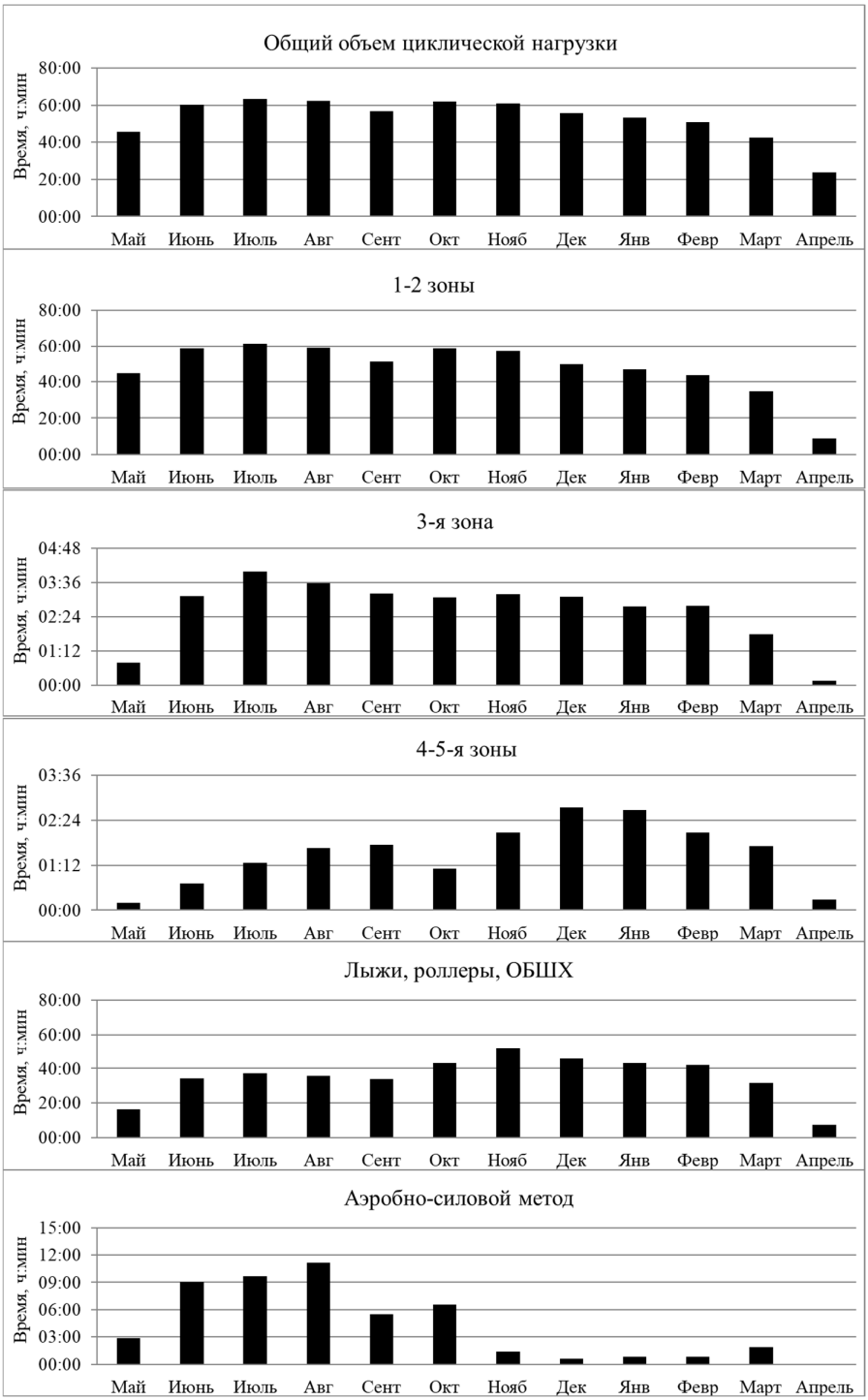


Рис. 27 – Помесячное распределение объемов тренировочных циклических нагрузок в смешанной выборке спортсменов ЛЦВС

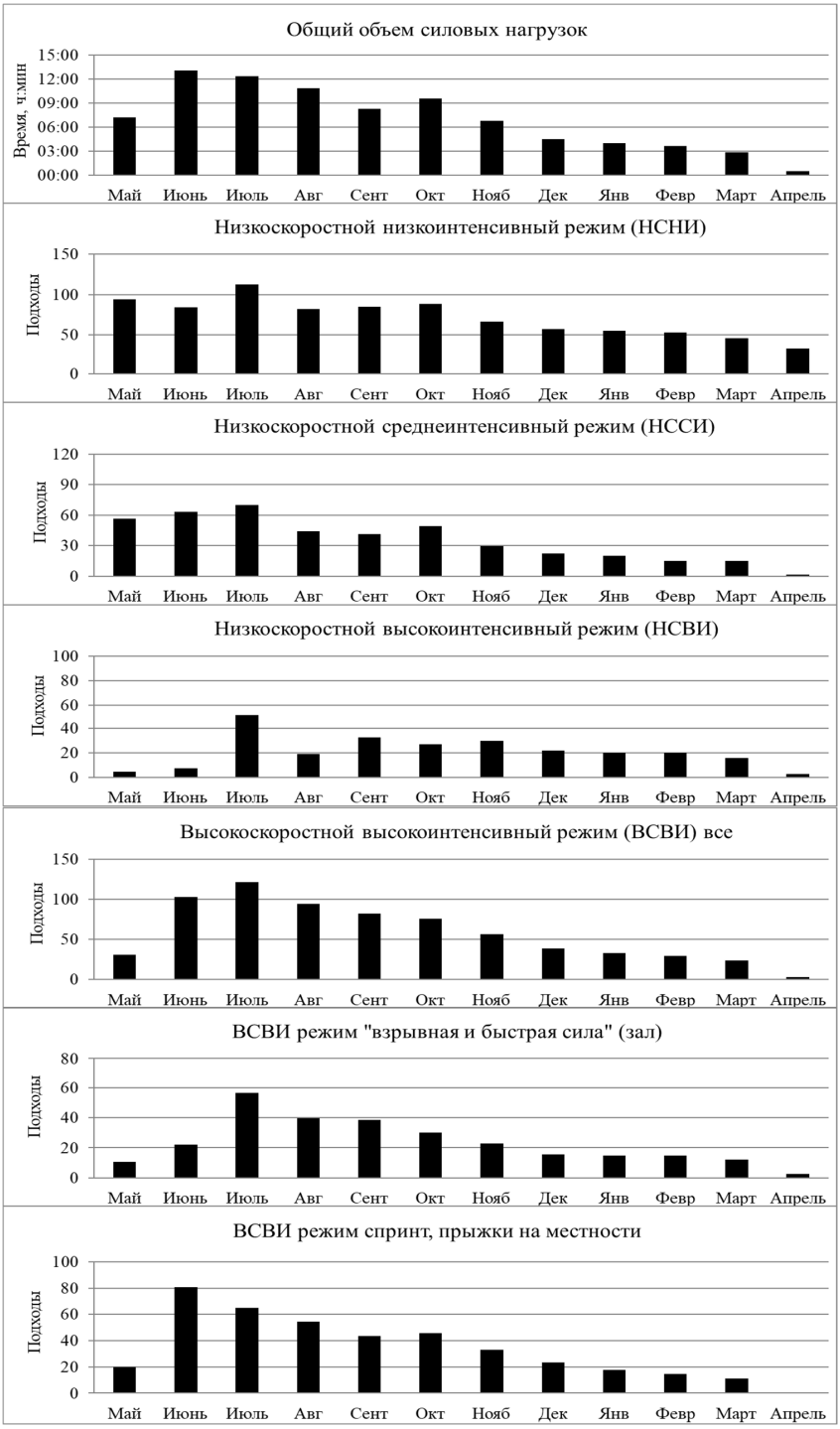


Рис. 28 – Помесячное распределение объемов тренировочных нагрузок силовой направленности в смешанной выборке спортсменов ЛЦВС

На рисунке 28 представлена помесячная динамика объемов режимов силовой тренировки в различных режимах. Общий объем силовых нагрузок достигал пика уже в июне и затем линейно снижался с небольшим возрастанием в октябре за счет гипертрофических НСНИ и НССИ режимов.

На уровне отдельных режимов установлено, что подготовительный период после втягивающего периода в апреле – начале мая начинался прежде всего с многоповторного (на «силовую выносливость») НСНИ режима, на который приходилось 50,4% суммарной силовой нагрузки (таблица 9). Объем гипертрофического НССИ режима в мае был также относительно высоким. Однако пиковых объемов НСНИ и НССИ достигали в июле.

Характерной особенностью периодизации силовых нагрузок в ЛЦВС является то, что до июля НСВИ режим (на максимальную силу) практически не используется, но затем в июле сразу достигает максимума вместе с режимом «быстрой и взрывной силы» (ВСВИ зал). В то же время другой высокоскоростной режим (ВСВИ на местности) в форме прыжков и спринтерского бега достигает пика уже в июне.

Таким образом, логика периодизации силовых нагрузок в первом, основном «блоке» подготовительного периода выглядит таким образом: в мае основная направленность на «силовую выносливость» (по другой классификации – на гипертрофию окислительных мышечных волокон) [18]. Затем в июне – пик объемов плиометрических упражнений (спринт и прыжки) вместе с высокой долей низкоскоростного гипертрофического режима (НССИ) в мае и июне.

Ранее мы уже предполагали [18], что такое начало сезона может иметь разумное объяснение, так как сочетание НСНИ, НССИ и плиометрического режима в самом начале макроцикла (суммарно – 91% всей силовой нагрузки) может иметь три полезных эффекта в плане подготовки к основным нагрузкам:

– укрепление соединительно-тканных элементов опорно-двигательного аппарата (как профилактика травматизма);
– гипертрофию окислительных МВ (профилактика травматизма и создание «базы выносливости»);
– «повышение возбудимости» нервных центров – для повышения эффективности последующей силовой тренировки и, гипотетически, для профилактики «замедления спортсменов» из-за применения в основном медленных как силовых, так и аэробных режимов в начале макроцикла.

Таблица 9

Доли средних объемов (%) силовых режимов относительно общего объема силовых и циклических нагрузок, выполняемых лыжниками-гонщиками, биатлонистами (при объединении в группу мужчин(М) и женщин (Ж), а также лыжников-гонщиков (М+Ж) и биатлонистов (М+Ж) по месяцам годичного макроцикла

Группа	Режим работы мышц	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Среднее значение
доли отдельных силовых режимов в общем объеме силовых нагрузок													
ЛГ (М+Ж)	НСНИ	57,3	39,0	35,3	38,1	35,5	36,2	38,2	40,8	41,6	45,2	46,3	41,2
	НССИ	27,2	32,6	11,4	26,5	15,6	20,3	9,5	10,2	8,8	6,5	10,5	16,3
	НСВИ	3,4	3,3	23,2	9,8	18,1	16,1	22,7	23,1	23,1	23,7	21,8	17,1
	ВСВИ все	12,0	25,0	30,1	25,6	30,9	27,3	29,6	25,9	26,6	24,6	21,4	25,4
	ВСВИ зал	4,7	6,4	17,2	13,8	18,8	13,4	15,7	16,0	16,8	17,0	16,3	14,2
	ВСВИ мест.	7,3	18,6	12,9	11,8	12,1	13,9	13,9	9,9	9,7	7,5	5,1	11,2
БИ (М+Ж)	НСНИ	32	29	32	31	31	33	31	21	22	28	15	27,7
	НССИ	39	30	27	27	20	34	31	24	24	17	10	25,7
	НСВИ	0	1	1	2	6	1	6	1	4	9	5	3,2
	ВСВИ все	29	40	40	40	43	33	32	54	50	46	70	43,3
	ВСВИ зал	9	7	14	13	12	9	7	2	4	9	8	8,4
	ВСВИ мест.	20	33	26	27	31	24	25	51	46	37	62	34,9
доли суммарных силовых нагрузок относительно ООЦН													
Все	все режимы	15,8	21,8	19,5	17,4	14,6	15,5	11,2	8,1	7,5	7,1	6,7	13,2
ЛГ (М+Ж)		16,3	20,8	19,8	17,0	15,0	16,1	11,4	9,0	8,7	7,8	7,6	13,6
БИ (М+Ж)		14,8	23,1	19,3	18,0	14,1	14,8	10,8	6,8	5,7	6,0	4,9	12,6
М (ЛГ+БИ)		13,9	21,4	16,8	16,4	13,7	15,4	9,9	7,3	7,2	6,0	5,9	12,2
Ж (ЛГ+БИ)		17,7	22,1	22,4	18,6	15,5	15,6	12,4	8,9	7,8	8,0	7,2	14,2

В следующем, «пиковом» месяце (июле), после описанной выше подготовки достигают максимума упражнения на гипертрофию мышц (НССИ), а также оба высокоинтенсивных режима (НСВИ и ВСВИ). Другими словами, выполняется тренировочная работа одновременно: на гипертрофию, на повышение максимальной силы и на развитие взрывных способностей мышц.

Доля НСНИ режима и плиометрической тренировки снижается в 1,5 раза, но объемы остаются на достаточно высоком уровне, вероятнее всего, для поддержания приобретенных ранее способностей, а именно: «базы» для высоких окислительных и скоростных способностей мышц, причем при сочетании низкоскоростного неспецифического и высокоскоростного специфического режимов.

Далее, начиная с августа, объемы силовых упражнений во всех режимах снижаются (рисунок 28), но необходимо отметить, что доля каждого из них в общем объеме силовых тренировок, а также относительно циклических нагрузок (таблица 9), остается практически неизменной. Другими словами, выполнив основной подготовительный и развивающий объем в мае – июле, спортсмены выходят на некоторое, как представляется, оптимальное сочетание объемов силовых режимов и доли силовой подготовки относительно циклических нагрузок и поддерживают его до конца сезона (таблица 9). Причем отметим, что ЛГ и БИ не различаются по средней доле силовых режимов относительно циклических нагрузок, в то время как женщины занимаются силовыми тренировками больше, но, как обсуждалось ранее, при более низкой интенсивности.

Мы остановились на периодизации силовой тренировки более подробно потому, что в некоторых параметрах и логике распределения режимов она существенно отличается от данных и рекомендаций других авторов, приведенных в первой главе.

При сравнении динамики силовых нагрузок у ЛГ и БИ можно отметить, что при одинаковой доле силовых нагрузок ЛГ отличает в три раза больший и неизменный объем НСНИ режима в течение первых трех месяцев (май – июль), также у биатлонистов намного ниже объемы всех низкоскоростных режимов, особенно в соревновательный период. Это неожиданно, так как у БИ, в отличие от ЛГ, спринтерская дистанция в пять – восемь раз длиннее. С другой стороны, БИ практически не используют НСВИ режим, заменяя его повышенными объемами НССИ и спринтерской подготовки.

Анализ распределения объемов силовых режимов у мужчин и женщин выявил, что пик силовых нагрузок наблюдается у женщин в июле, тогда как у мужчин – уже в июне. И наоборот, наибольший объем взрывного

режима у женщин приходится на июль, у мужчин – на август. Кроме этого, у женщин динамика этого режима имеет вторую волну с пиком в октябре.

2.3 Сочетаемость тренировочных режимов

Эффекты тренировочных упражнений зависят не только от их направленности, методов применения и величины нагрузки на организм спортсменов, но и от их сочетания между собой на всех уровнях: от одной тренировки до многолетнего тренировочного процесса.

На теоретическом уровне можно предположить, что нагрузки в разных режимах работы мышц и, соответственно, с различным потенциальным тренировочным эффектом могут находиться: а) в конкурентных (антагонистических) отношениях – при сочетании эффект каждой из них снижается; б) нейтральных – такие нагрузки могут объединяться, например, в рамках одного занятия без ущерба для текущих задач подготовки, но и без дополнительных бонусов; в) в отношениях «взаимосодействия» (синергизма), когда сочетание определенных тренировочных режимов усиливает эффект каждого из них.

Поэтому существует проблема выбора оптимальных сочетаний тренировочных нагрузок на уровне отдельных структурных элементов периодизации тренировочного процесса, прежде всего циклических нагрузок и упражнений силовой направленности, а также их сочетания с использованием соревновательного упражнения.

Особенностью методики этой части исследования было то, что в корреляционном анализе использовались не абсолютные объемы нагрузок, а парциальные – относительного общего объема в данной структурной единице периодизации, соответственно, для силовых режимов – относительно общего объема силовой тренировки, для циклических нагрузок – относительно ООЦП. Это позволило изучить взаимную динамику не абсолютных, а относительных объемов распределения тренировочных режимов. Данный подход явился особенностью исследования и позволил нивелировать фактор динамики общих объемов СП и ООЦП, который неизбежно повлиял бы на результаты корреляционного анализа.

При анализе микроциклов коэффициенты корреляции рассчитывались по 42 дням (шесть микроциклов по семь дней); мезоциклов – по 28 микроциклам (пять мезоциклов по четыре микроцикла + восемь микроциклов на ЭНП); макроциклов – по 11 месяцам годичного макроцикла, исключая апрель. Корреляция рассчитывалась по непараметрическому критерию Спирмена.

Предполагалось, что достоверная ($p < 0,05$) положительная корреляция свидетельствует о хорошей сочетаемости режимов, а отрицательная – о несочетаемости тренировочных средств согласно описанным выше представлениям.

Результаты исследования представлены в виде таблиц (таблицы 10, 11) коэффициентов корреляции для объединенной выборки спортсменов ЛЦВС, а также для упрощения интерпретации полученных закономерностей в виде парных сочетаний режимов в таблицах 12–15 отдельно для выборок ЛГ и БИ, М и Ж.

Кроме этого, необходимо отметить, что полные матрицы и детальное описание всех значимых коэффициентов корреляции для объединенной выборки и выборок по факторам опубликованы в общедоступных российских журналах, соответственно [430, 431]. Заинтересованные читатели сумеют их проанализировать самостоятельно. Ниже, кроме таблиц, представлены только наиболее общие выводы и их обсуждение.

Наиболее общим выводом по результатам анализа данных объединенной выборки было подтверждение гипотезы, что действительно существуют закономерности сочетания основных режимов работы мышц в силовых и циклических упражнениях в структурных элементах периодизации тренировочного процесса спортсменов высокого класса в ЛЦВС.

То есть, если стоять на предположении, что в течение длительной истории совершенствования тренировочного процесса ученые и тренеры пришли к наиболее эффективной к настоящему времени системе подготовки, то можно считать, что при достоверной положительной корреляции парциальных объемов, то есть при синхронизированной динамике объемов во времени, существуют положительные или нейтральные эффекты взаимосодействия упражнений, выполняемых в определенных режимах. И, напротив, при отрицательных взаимосвязях (то есть, когда динамики объемов находятся в противофазе), можно предполагать наличие конкурентных эффектов, которых тренеры, организующие подготовку, стремились избегать.

Разумеется, статистический подход имеет свои недостатки и жесткие ограничения. Поэтому с практической точки зрения данные таблиц 10–15 могут рассматриваться только как некоторые ориентиры, нуждающиеся в каждом конкретном случае в дальнейшей экспериментальной проверке, например, при реализации индивидуальных тренировочных планов спортсменов высокого класса.

Тем не менее, если использованный в работе метод имеет право на применение, то при анализе каждого из полученных значимых коэффициентов корреляции, представленных в таблицах, можно сделать следующие обобщенные выводы.

Таблица 10

Коэффициенты корреляции (Спирмена) между относительными объемами упражнений, выполняемых в разных режимах работы мышц в различных структурных единицах макроцикла у объединенной выборки спортсменов ЛЦВС

Силовые режимы работы мышц	НСНИ	НССИ	НСВИ	ВСВИ все	ВСВИ зал
Микроциклы (май – март, n=42, r при α0,05 = 0,30)					
НССИ	0,15				
НСВИ	-0,13	-0,15			
ВСВИ все	**-0,70**	**-0,54**	-0,22		
ВСВИ зал	-0,27	-0,20	**0,67**	0,12	
ВСВИ спринт, прыжки	**-0,54**	-0,27	**-0,44**	**0,80**	-0,28
Мезоциклы (май – март, n=28, r при $\alpha_{0,05}$ = 0,38)					
НССИ	-0,38				
НСВИ	0,11	**-0,76**			
ВСВИ все	**-0,80**	-0,02	0,01		
ВСВИ зал	**-0,71**	-0,12	0,24	**0,85**	
ВСВИ спринт, прыжки	**-0,45**	0,07	-0,33	**0,58**	0,15
Годичный макроцикл (май – март, n=11, r при $\alpha_{0,05}$ = 0,61)					
НССИ	-0,52				
НСВИ	0,04	-0,60			
ВСВИ все	**-0,97**	0,56	-0,14		
ВСВИ зал	-0,59	-0,02	0,40	0,55	
ВСВИ спринт, прыжки	**-0,92**	0,58	-0,13	**0,97**	0,48
Виды циклических нагрузок	ООЦП	1–2-ая зоны	3-я зона	4–5-ая зоны	АСМ
Микроциклы (май – март, n=42, r при α0,05 = 0,30)					
Первая-вторая зоны	**0,98**				
Третья зона	**0,63**	**0,50**			
Четвертая-пятая зоны	-0,05	-0,19	**0,46**		
АСМ	**0,75**	**0,79**	**0,44**	**-0,39**	
Соревноват. упражнения	**-0,36**	**-0,44**	0,07	**0,68**	**-0,65**
Мезоциклы (май – март, n=28, r при $\alpha_{0,05}$ = 0,38)					
Первая-вторая зоны	0,11				
Третья зона	0,37	**-0,79**			
Четвертая-пятая зоны	**-0,39**	**-0,90**	**0,52**		
АСМ	**0,74**	0,36	0,14	**-0,56**	
Соревноват. упражнения	-0,28	**-0,68**	**0,38**	**0,73**	**-0,56**
Годичный макроцикл (май – март, n=11, r при $\alpha_{0,05}$ = 0,61)					
Первая-вторая зоны	0,55				
Третья зона	**0,64**	0,09			
Четвертая-пятая зоны	-0,35	**-0,87**	0,15		
АСМ	**0,65**	**0,70**	0,30	**-0,76**	
Соревноват. упражнения	-0,18	**-0,76**	0,05	**0,81**	**-0,75**

Таблица 11

Коэффициенты корреляции (Спирмена) между относительными объемами циклических и силовых упражнений, выполняемых в разных режимах работы мышц в различных структурных единицах макроцикла у объединенной выборки спортсменов ЛЦВС

Силовые режимы	Циклические режимы и виды упражнений					
	ООЦП	Первая-вторая зоны	Третья зона	Четвертая-пятая зоны	АСМ	Роллеры+ лыжи (СУ)
Микроциклы (май – март, n=42, r при α0,05 = 0,30)						
Все силовые	**0,61**	**0,67**	0,19	**-0,42**	**0,68**	**-0,37**
НСНИ	-0,22	-0,18	**-0,32**	**-0,32**	0,02	-0,20
НССИ	**0,38**	**0,45**	0,00	**-0,57**	**0,39**	**-0,40**
НСВИ	0,07	0,06	**0,32**	**0,35**	0,04	**0,33**
ВСВИ все	-0,11	-0,17	0,06	**0,42**	-0,28	0,28
ВСВИ зал	0,21	0,20	**0,30**	**0,34**	0,21	0,25
ВСВИ местность	-0,04	-0,07	0,03	0,18	-0,19	0,16
Мезоциклы (май – март, n=28, r при $\alpha_{0.05}$ = 0,38)						
Все силовые	**0,80**	**0,50**	0,01	**-0,67**	**0,86**	**-0,67**
НСНИ	**-0,38**	**-0,33**	0,02	**0,40**	**-0,63**	**0,45**
НССИ	**0,43**	**0,65**	-0,32	**-0,66**	**0,72**	**-0,76**
НСВИ	**-0,47**	**-0,40**	0,02	**0,50**	**-0,62**	**0,53**
ВСВИ все	**0,41**	-0,07	0,33	-0,07	**0,42**	-0,16
ВСВИ зал	0,27	-0,06	0,23	0,01	0,24	0,00
ВСВИ местность	**0,43**	-0,10	0,36	-0,09	**0,41**	-0,17
Макроцикл (май – март n=11, r при $\alpha_{0.05}$ = 0,61)						
Все силовые	**0,75**	**0,82**	0,42	**-0,72**	**0,77**	**-0,64**
НСНИ	**-0,88**	-0,54	**-0,72**	0,31	**-0,66**	0,27
НССИ	0,44	**0,95**	-0,10	**-0,93**	**0,67**	**-0,81**
НСВИ	-0,24	**-0,80**	0,12	**0,84**	**-0,67**	**0,93**
ВСВИ все	**0,85**	0,55	**0,63**	-0,35	**0,70**	-0,35
ВСВИ зал	0,54	-0,15	**0,73**	0,12	0,41	0,14
ВСВИ местность	**0,87**	0,56	0,47	-0,38	**0,66**	-0,26

Силовая тренировка. Наиболее четкой закономерностью было то, что тренеры не совмещали в отдельных тренировках или на уровне концентрированных объемов в микроциклах или по месяцам макроцикла низкоскоростной низкоинтенсивный (многоповторный) НСНИ режим, который в большинстве случаев был представлен упражнениями (которые известны как «статодинамика» и «круговые тренировки») с высокоскоростным высокоинтенсивным (ВСВИ) режимом, причем это в равной мере относилось как к упражнениям «взрывного и мощностного» плана, выполняемых, как правило, в зале, так и к плиометрическим

упражнениям, выполняемым в виде спринта и прыжковых упражнений на местности (таблицы 10 и 12).

Тем самым наше исследование не подтвердило мнение, что тренеры должны совмещать низкоскоростные упражнения с высокоскоростными, чтобы «не замедлить спортсменов». Даже если такое «закрытие» и имело место, то это выполнялось на уровне небольших объемов высокоскоростных упражнений в конце занятий.

Достаточно закономерно выглядит тенденция совмещать высокоинтенсивные режимы: низкоскоростной НСВИ и высокоскоростной ВСВИ. Причем в большинстве случаев совмещались упражнения на «максимальную силу» (НСВИ) с упражнениями на «быструю и взрывную силу» (ВСВИ взрывной). Оба режима применялись на занятиях в тренажерных залах.

При группировке лыжников (М+Ж) и биатлонистов (М+Ж) можно отметить также несочетаемость «гипертрофического» (НССИ) и упражнений «на максимальную силу» (НСВИ) режимов. Видимо, тренеры стремились разводить тяжелые тренировки с большими и средними весами. У биатлонистов дополнительно проявилась закономерность не совмещать гипертрофический НССИ со спринтерско-прыжковыми упражнениями (ВСВИ), а в мезоциклах – тенденция совмещать низкоскоростные НССИ и НСВИ режимы. Но при этом следует учитывать, что биатлонисты, как отмечено выше, в очень незначительном объеме используют режим НСВИ, отдавая предпочтение режиму НССИ. Поэтому эта корреляция может быть ложной и вывод о несовместимости НССИ и НСВИ должен остаться в силе. У БИ также наблюдалась особенность совмещать в макроцикле низкоскоростные низко- и среднеинтенсивные режимы (НСНИ и НССИ). С учетом того, что оба эти режима могут иметь своим эффектов гипертрофию окислительных мышечных волокон, то такое совмещение выглядит логичным.

У ЛГ проявилась корреляция НССИ со спринтерскими (ВСВИ) тренировками в рамках мезоциклов. Ее нам объяснить пока сложно. Возможно, что это как раз и есть одна из форм компенсации эффекта «замедления» от НССИ режима, только не взрывными, а спринтерскими (плиометрическими) упражнениями, и не в рамках тренировочных дней или занятий, а в рамках микроциклов, но с применением в разные дни. Это выглядит закономерно, так как НССИ-тренировки достаточно тяжелые в плане утомления нервных центров и воздействия на мышцы, поэтому их совмещать в одном занятии со спринтом, требующем концентрации и оказывающем высокие механические нагрузки на нервно-мышечный аппарат, нерационально.

Анализ раздельно мужчин (ЛГ+БИ) и женщин (ЛГ+БИ) (таблица 13) никаких дополнительных тенденций не выявил, из чего можно сделать вывод, что в плане сочетаемости режимов силовых тренировок отечественные тренеры готовят мужчин и женщин по тождественным методикам.

Тем не менее практическое отсутствие положительных коэффициентов корреляции при анализе силовой подготовки свидетельствует, что тренеры стремились не совмещать разные режимы силовых тренировок в течение одного тренировочного дня, а также «разводить» повышенные объемы разнонаправленных средств силовой тренировки по разным микроциклам и даже в разные месяцы. Единственным исключением, как отмечалось, является синхронизированное использование упражнений на взрывную и максимальную силу по месяцам макроцикла.

На наш взгляд, этими данными подтверждаются представления Ю. В. Верхошанского о большей эффективности концентрированных однонаправленных силовых тренировок [42] с тем замечанием, что современные тренеры следуют этому принципу также и на уровне микро- и мезоциклов, а не только в «блоках».

Циклическая тренировка. При анализе сочетаемости режимов циклических упражнений (таблица 10) четко подтвердилась та же тенденция, что и при силовых тренировках: низкоинтенсивные и неспецифические режимы (ООЦН, первая-вторая зоны и АСМ) в большинстве случаев не совмещались с высокоинтенсивными и специфическими упражнениями (четвертая-пятая зоны и АСМ). Причем третья зона интенсивности выделилась в группе «интенсивных». Также следует отметить, что анализ корреляций объемов роллерно-лыжной подготовки (СУ) с другими режимами позволяет отнести СУ ближе к группе интенсивных режимов, несмотря на то, что в объемах СУ учитывались тренировки во всех пяти зонах. И наоборот, метод сопряженной тренировки в утяжеленных условиях (АСМ) всегда коррелировал с низкоинтенсивными режимами. Таким образом, в рамках группы «специфических» режимов циклической подготовки следует рассматривать, с одной стороны, бег с интенсивностью в третьей – пятой зонах и СУ, а в группе неспецифических первую-вторую зоны и АСМ – с другой. Показатель общего объема циклической нагрузки (ООЦН) закономерно коррелировал с объемами в первой-второй зонах, так как он в значительной степени ими определялся. При этом ООЦН коррелировал также с АСМ. Однако не столько на уровне макроцикла (это могло бы быть объяснено разделением этапов на обще- и специально подго-

товительные), сколько на уровне микро- и мезоциклов. Это лишний раз подтверждает отнесение АСМ к группе средств «базовой», но не специальной подготовки.

Разделение выборки на факторы «спорт» и «гендер» привнесло в отмеченные закономерности только следующее: ООЦН коррелировал отрицательно с объемами в четвертой-пятой зонах и с СУ не на уровне макроцикла, как ожидалось, а в микро- и мезоциклах.

Сочетаемость циклических и силовых режимов (таблицы 11 и 13–15).

Установлено, что показатель общего объема силовых работ коррелировал с ООЦН в большей степени в микро- и мезоциклах, чем в макроцикле. Другими словами, тренеры не опасались совмещать высокие объемы силовых упражнений суммарно во всех режимах с высокими объемами циклической нагрузки аэробной направленности при условии, что последняя была низкоинтенсивной. И наоборот, группа интенсивной и специфической нагрузки (четвертая-пятая зоны и СУ) всегда коррелировали с силовой тренировкой высокого объема отрицательно.

Примечательно, что в данном случае третья зона «выпала» из группы средств высокоинтенсивной специфической тренировки, никак не коррелируя с силовыми режимами, за исключением выборки женщин (ЛГ+БИ), где динамика ее объемов коррелировала с динамикой общего объема силовой тренировки отрицательно. Другими словами, «пороговые тренировки» в третьей зоне рассматривались тренерами как относительно самостоятельное средство, которое лучше ни с чем не сочетать.

Второй закономерностью, которую можно отметить, было то, что режим НССИ (гипертрофический) «примкнул» к низкоскоростному низкоинтенсивному режиму (НСНИ) и, чаще всего, сочетался с высоким объемом ООЦН, первой-второй зон и АСМ, но не сочетался с четвертой-пятой зонами и СУ.

На уровне самых общих закономерностей, то есть характерных для всех групп спортсменов, еще можно отметить факт, что плиометрический ВСВИ режим (спринт, прыжки) не сочетался с интенсивной группой (четвертая-пятая зоны и СУ), но в микро- и мезоциклах сочетался с группой: ООЦН, первой-второй зон и АСМ. Видимо, это средство все же использовалось в качестве своего рода компенсации или поддержки скоростно-силовых возможностей в тех случаях, когда применялись повышенные объемы низкоинтенсивных аэробных режимов.

При анализе отдельных выборок (ЛГ и БИ, М и Ж), в дополнительно к отмеченному, интересным является следующее.

НСВИ режим (максимальной силы) в группах лыжников и биатлонистов использовался по-разному: ЛГ его совмещали с интенсивными циклическими средствами (третья, четвертая-пятая зоны и СУ), а биатлонисты – нет. В то же время биатлонисты совмещали упражнения на максимальную силу (НСВИ) с низкоинтенсивной аэробной тренировкой, включая АСМ. Сделать обоснованный вывод о том, какой тренерский штаб – ЛГ или БИ – в данном случае использовал более рациональный вариант, мы пока не можем.

Наименее стабильными закономерностями в сочетаниях с циклическими средствами обладал режим быстрой и взрывной силы (ВСВИ взрывной) – он по-разному сочетался не только в разных выборках, но и на уровне разных структурных единиц периодизации. Видимо, эффекты и оптимальные сочетания этого режима нуждаются в дополнительном исследовании, например, на разных тренировочных этапах в подготовительном и соревновательном периодах.

Таким образом, наиболее общими выводами по сочетаемости силовых нагрузок и циклических упражнений являются:

– низкоинтенсивная аэробная тренировка в первой-второй зонах всегда сочеталась с бóльшими объемами гипертрофического силового режима (НССИ);
– аэробная тренировка в третьей зоне не сочеталась с режимом на «силовую выносливость» (НСНИ), но сочеталась с упражнениями на максимальную и взрывную силу в микро- и макроциклах;
– высокоинтенсивная дистанционная тренировка (четвертая-пятая зоны) сочеталась с упражнениями на максимальную силу, но не сочеталась с низкоскоростными гипертрофическими режимами (НСНИ и НССИ);
– аэробно-силовой метод сочетался с гипертрофическим НССИ режимом и спринтерско-прыжковыми упражнениями, но не использовался вместе с упражнениями на максимальную силу в мезо- и макроциклах;
– повышенные объемы бега на роллерах и лыжах, наоборот, были синхронизированы с упражнениями на максимальную силу, но никогда не использовались с гипертрофическим (НССИ) режимом силовой тренировки;
– общий объем силовой тренировки во всех структурных элементах периодизации сочетался с «неспецифическими» (первая-вторая зоны и АСМ), но не сочетался со «специфическими» (четвертая-пятая зоны и СУ) режимами циклической тренировки.

Таблица 12

Сочетаемость силовых режимов у лыжников-гонщиков и биатлонистов, мужчин и женщин в различных структурных единицах макроцикла

	Не сочетаются		**Сочетаются**	
Циклы	**Как у ЛГ, так и у БИ**		**Как у ЛГ, так и у БИ**	
Микро	НСНИ	ВСВИ все		
Мезо	НСНИ	ВСВИ взрывной		
Макро	НСНИ	ВСВИ все		
	У лыжников		**У лыжников сочетаются**	
Микро	НСНИ	НСВИ	НСВИ	ВСВИ взрывной
	НССИ	НСВИ		
	НССИ	ВСВИ взрывной		
Мезо	НССИ	НСВИ	НССИ	ВСВИ спринт, прыжки
	НСВИ	ВСВИ спринт, прыжки		
Макро	НСНИ	НССИ	НСВИ	ВСВИ взрывной
	У биатлонистов		**У биатлонистов**	
Микро	НСНИ	ВСВИ спринт, прыжки		
	НССИ	ВСВИ		
	НССИ	ВСВИ спринт, прыжки		
Мезо	НСНИ	НССИ	НССИ	НСВИ
	НСНИ	НСВИ	НСВИ	ВСВИ взрывной
Макро	НСНИ	ВСВИ спринт, прыжки	НСНИ	НССИ
	НССИ	НСВИ	НСНИ	ВСВИ взрывной
	НССИ	ВСВИ спринт, прыжки		
	Как у мужчин, так и у женщин		**Как у мужчин, так и у женщин**	
Микро			НСНИ	НССИ
			НСВИ	ВСВИ взрывной
Мезо	НСНИ	ВСВИ взрывной		
	НСНИ	НССИ		
	НССИ	НСВИ		
	У мужчин		**У мужчин**	
Микро			ВСВИ спринт	ВСВИ взрывной
Мезо	НСВИ	ВСВИ спринт, прыжки	НССИ	ВСВИ спринт
			НСВИ	ВСВИ взрывной
Макро	НСНИ	ВСВИ спринт, прыжки		
	У женщин		**У женщин**	
Микро			НСНИ	ВСВИ спринт
			НСВИ	ВСВИ все
Макро	НСНИ	НССИ	ВСВИ спринт	ВСВИ взрывной
	НССИ	ВСВИ взрывной		

Таблица 13

Сочетаемость циклических упражнений у лыжников-гонщиков и биатлонистов, мужчин и женщин в различных структурных единицах макроцикла

	Не сочетаются		**Сочетаются**	
Циклы	**Как у ЛГ, так и у БИ**		**Как у ЛГ, так и у БИ**	
Микро	1–2	3, 4–5, СУ	1–2	АСМ
	АСМ	4–5, СУ		
Мезо	1–2	3, 4–5, СУ	ООЦН	АСМ
	АСМ	4–5, СУ	3	4–5
			4–5	СУ
Макро	1–2	4–5	4–5	СУ
	У лыжников		**У лыжников**	
Микро	ООЦН	4–5, СУ	ООЦН	1–2
			1–2	АСМ
			4–5	СУ
Мезо			ООЦН	3
			3	СУ
Макро	АСМ	4–5, СУ	ООЦН	4–5, СУ
			1–2	АСМ
	У биатлонистов		**У биатлонистов**	
Микро	4–5	СУ	3	4–5, СУ
Мезо				
Макро	1–2	СУ	ООЦН	АСМ
	Как у мужчин, так и у женщин		**Как у мужчин, так и у женщин**	
Микро	1–2	3, 4–5, СУ	ООЦН	АСМ
	АСМ	4–5, СУ	4–5	СУ
	3	АСМ		
Мезо	1–2	3, 4–5, СУ	ООЦН	АСМ
	АСМ	4–5, СУ	4–5	СУ
Макро	1–2	4–5		
	АСМ	СУ		
	У мужчин		**У мужчин**	
Микро	ООЦН	4–5, СУ		
Мезо	ООЦН	4–5		
	У женщин		**У женщин**	
Микро			3	4–5, СУ
			1–2	АСМ
Мезо			3	4–5, СУ
Макро	1–2	3, СУ	1–2	АСМ
			3	4–5
			4–5	СУ

Примечания: ООЦН – общий объем циклических нагрузок; АСМ – аэробно-силовой метод; СУ – соревновательное упражнение (роллеры и лыжи); НСНИ – низкоскоростной низкоинтенсивный; НССИ – низкоскоростной среднеинтенсивный; НСВИ – низкоскоростной высокоинтенсивный; ВСВИ – высокоскоростной высокоинтенсивный режим. 1–2 – первая и вторая зоны интенсивности; 3-я – третья зона; 4–5 – четвертая и пятая зоны

Таблица 14

Сочетаемость силовых режимов и циклических упражнений у лыжников-гонщиков и биатлонистов в различных структурных единицах макроцикла

	Не сочетаются		**Сочетаются**	
Циклы	**Как у ЛГ, так и у БИ**		**Как у ЛГ, так и у БИ**	
Микро	Все силовые	4–5, СУ	Все силовые	ООЦН, 1–2, АСМ
	НССИ	4–5	НССИ	ООЦН, 1–2
Мезо	Все силовые	4–5, СУ	Все силовые	ООЦН, АСМ
	НССИ	4–5, СУ	НССИ	1–2, АСМ
			ВСВИ спринт	1–2
Макро	Все силовые	4–5, СУ	Все силовые	1–2, АСМ
	НСНИ	3		
	У лыжников		**У лыжников**	
Микро	НСНИ	4–5	НССИ	АСМ
	НССИ	СУ	НСВИ	3, 4–5, СУ
	НСВИ	1–2	ВСВИ спринт	ООЦН, 1–2
	ВСВИ спринт	4–5, СУ	ВСВИ взрывной	3, 4–5, СУ
Мезо	НСВИ	ООЦН, 1–2, АСМ	НССИ	ООЦН
	ВСВИ спринт	4–5, СУ	НСВИ	4–5, СУ
			ВСВИ спринт	1–2, АСМ
Макро	ВСВИ спринт	4–5, СУ	НССИ	3
			НСВИ	ООЦН
			ВСВИ взрывной	ООЦН, 1–2, АСМ
			ВСВИ спринт	1–2, АСМ
	У биатлонистов		**У биатлонистов БИ**	
Микро	ВСВИ спринт	1–2	ВСВИ спринт	3, 4–5, СУ
Мезо	НСНИ	1–2, АСМ	НСНИ	4–5, СУ
	НСВИ	4–5, СУ	НСВИ	1–2, АСМ
	ВСВИ взрывной	4–5	ВСВИ взрывной	ООЦН, АСМ
Макро	НССИ	4–5	Все силовые	ООЦН
	ВСВИ спринт	1–2	НСНИ	ООЦН, 1–2
			НССИ	1–2
			НСВИ	4–5, СУ
			ВСВИ спринт	4–5

Таблица 15

Сочетаемость силовых режимов и циклических упражнений у мужчин и женщин в различных структурных единицах макроцикла

	Не сочетаются		**Сочетаются**	
Циклы	**Как у мужчин, так и у женщин**		**Как у мужчин, так и у женщин**	
Микро	Все силовые	4–5	Все силовые	ООЦН, АСМ
	НСНИ	4–5, СУ	НСНИ	ООЦН, 1–2, АСМ
	НССИ	4–5, СУ	НССИ	ООЦН, АСМ
	ВСВИ спринт	4–5, СУ	НСВИ	3
			ВСВИ взрывной	АСМ
			ВСВИ спринт	ООЦН, АСМ
Мезо	Все силовые	4–5, СУ	Все силовые	ООЦН, АСМ
	НСНИ	АСМ	НССИ	1–2, АСМ
	НССИ	4–5, СУ	НСВИ	4–5, СУ
	НСВИ	АСМ	ВСВИ спринт	АСМ
Макро	Все силовые	4–5	Все силовые	ООЦН
	НСНИ	ООЦН	НССИ	1–2
	НССИ	4–5	НСВИ	4–5, СУ
	НСВИ	1–2		
	У мужчин		**У мужчин**	
Микро	Все силовые	СУ	НСВИ	ООЦН, АСМ
	ВСВИ	4–5		
Мезо	НСВИ	ООЦН, АСМ	НССИ	ООЦН
	ВСВИ спринт	4–5	ВСВИ спринт	ООЦН
Макро	—	—	ВСВИ спринт	ООЦН
	У женщин		**У женщин**	
Микро	Все силовые	3	ВСВИ спринт	1–2
	НСНИ	3	Все силовые	1–2
			НССИ	1–2
Мезо	НССИ	3	Все силовые	1–2
			НСНИ	4–5, СУ
			ВСВИ взрывной	ООЦН
Макро	Все силовые	СУ	Все силовые	1–2, АСМ
	НСНИ	АСМ	НССИ	АСМ
	НССИ	СУ	ВСВИ взрывной	3, 4–5
	ВСВИ взрывной	1–2		

2.4 Заключение по второй главе

Целью это части исследования было изучение закономерностей построения тренировочного процесса в ЛЦВС путем разработки, а затем анализа статистических моделей периодизации тренировочных нагрузок, в качестве показателей которых использованы режимы работы мышц при выполнении циклических и силовых упражнений.

Испытуемыми были лыжники и биатлонисты спортивных сборных команд России 2014–2023 гг.

Исследование строилось в рамках представлении о сути процесса спортивной тренировки, которая в сжатом виде хорошо описывается общебиологической формулой «воздействие – отклик». «Воздействием» в спорте является система тренировочных нагрузок, которая программируется с учетом известных общих и специальных педагогических принципов и их преломлением в конкретных тренировочных планах. Тренировочные планы создаются на базе не только общих принципов тренировки, но и на строгом учете специфики соревновательной деятельности спортсменов, в центре которой находится соревновательное упражнение. Требования, которые предъявляют к организму спортсмена СУ, в конечном итоге и является важнейшим фактором, детерминирующим построение тренировочного процесса в широком диапазоне временных рамок. Следовательно, эффективность тренировки (адекватный «отклик» организма) зависит прежде всего от качества учета в тренировочном плане требований СУ. Но не только.

«Отклик» организма спортсмена разворачивается во времени в соответствии с законами адаптации, присущей всем живым организмам. На базе законов адаптации сформулированы все педагогические принципы спортивной тренировки.

Управление ходом адаптации, чаще индивидуализированное, если речь о спортсменах высокого класса, определяется календарем соревнований, требованиями СУ, уровнем и особенностями подготовленности спортсменов, их индивидуальной реактивностью на нагрузки и является предметом педагогического творчества тренера.

Творчество тренера базируется на его знаниях, но не только законов адаптации, но и на научно установленных закономерностей спортивной тренировки, которые, согласно методологической сути модельно-целевого подхода Л. П. Матвеева, могут быть формализованы в виде, как минимум, следующих моделей:

– периодизации тренировочных нагрузок различных режимов и направленности;

– динамики «должных» (желаемых, программируемых) изменений в физической, технико-тактической и психологической подготовленности спортсменов;
– изменения параметров соревновательного упражнения, от которых непосредственно зависит спортивный результат (в циклических видах спорта – дистанционная скорость).

В соответствии с обозначенной парадигмой настоящее исследование построено и изложено в виде описания результатов и выводов, характеризующих:

– параметры системы «воздействия», которые в итоге отражают общие закономерности формирования тренировочных программ спортсменов высокого класса в ЛЦВС;
– параметры «отклика» спортсменов на нагрузки в отношении их двигательного потенциала, а именно закономерностей формирования профиля (соотношения компонентов) и динамики изменения показателей двигательного потенциала спортсменов в ЛЦВС в связи с зафиксированной и формализованной системой «воздействия»;
– параметры «отклика», отраженные в значениях и динамике биомеханических параметрах СУ в связи с применяемыми тренировочными нагрузками и динамикой изменения показателей подготовленности.

Построение и анализ моделей, описанных в этой главе, позволили выявить основные закономерности современной периодизации тренировочного процесса в ЛЦВС.

На уровне микроциклов:

– в большинстве случаев семидневный микроцикл подготовительного периода состоял из двух «блоков» циклических нагрузок (3+2 нагрузочных дня), разделенных некоторым снижением нагрузок на четвертый день, но только за счет снижения нагрузок у БИ. В наиболее нагрузочных микроциклах снижения нагрузок у ЛГ ни по одному параметру не наблюдалось. В соревновательный период наименьшие объемы циклических работ были с третьего по пятый день, при этом какой бы то ни было «пикинг» отсутствовал. Снижение объемов на 15% наблюдается только по четвертой-пятой зонам в последний перед соревнованиями день и только на ЭНП. ЛГ в соревновательный период не используют тренировки в третьей зоне в день перед стартом, а БИ используют;
– проявлялся принцип перехода «количества в качество»: низкоинтенсивные и неспецифические нагрузки имели тенденцию снижения от начала микроцикла к его завершению, а высокоинтенсивные нагрузки – наоборот, особенно в соревновательный период;

– четвертый и седьмой дни являются днями условного отдыха только у БИ, поэтому в объединенной выборке заметна эта тенденция. На самом деле ЛГ в эти дни «отдыхают» только по нагрузкам в четвертой-пятой зонах и только в подготовительный период. На остальных этапах в наиболее нагрузочном микроцикле снижения ни по одному параметру у ЛГ не наблюдалось;
– на специально подготовительном этапе женщины завершают микроцикл наиболее высоким объемом в четвертой-пятой зонах. У мужчин пиковым днем является шестой день;
– женщины в среднегорном микроцикле имеют шестидневный микроцикл с отдыхом на седьмой день. Мужчины же чаще всего заполняют день «отдыха» в среднегорье наибольшим объемом АСМ;
– не выявлено единого правила распределения силовой подготовки по дням микроциклов;
– в подготовительный период использовались два основных варианта:
  1) одна основная силовая тренировка и одна-две поддерживающие;
  2) две основных и одна-две поддерживающих, редко – три основных силовых тренировки на базовом этапе без поддерживающих. В целом, это хорошо согласуется с данными других исследователей и сложившейся практикой в циклических и других «не силовых» видах спорта.

Сочетаемость режимов в микроциклах:
– сочетались высокоинтенсивные НСВИ и ВСВИ в форме «взрывной силы»;
– низкоскоростные низкоинтенсивные силовые режимы не сочетались с циклическими четвертой-пятой зонами интенсивности;
– четвертая-пятая зоны сочетались с высокоинтенсивными режимами на максимальную и взрывную силу;
– высокоинтенсивные силовые режимы хорошо сочетались с объемами специфической циклической подготовки (роллеры и лыжи).

На уровне мезоциклов:
– приоритетной общей схемой периодизации нагрузок являлась схема 3+1, где три микроцикла – «нагрузочные» и один – «разгрузочный». В рамках нагрузочных микроциклов имело место противофазное изменение низко- и высокоинтенсивных режимов: в начале больше использовались низкоинтенсивные, затем к концу тренировочного мероприятия – высокоинтенсивные режимы;
– силовые нагрузки планировались как 2+2 (два нагрузочных и два разгрузочных). На базовых этапах «пиковым» чаще являлся второй, а на специально-подготовительном этапе – первый микроцикл.

Сочетаемость:

– сочетались между собой низкоскоростные (НСНИ и НССИ) режимы и также высокоинтенсивные (НСВИ и ВСВИ). Однако низко- и высокоинтенсивные режимы между собой не сочетались;
– суммарные объемы аэробной и силовой тренировки в существенной степени были запараллелены;
– низкоскоростные силовые режимы сочетались с аэробным режимом (первая-вторая зоны);
– третья зона не сочеталась с НСВИ силовым, однако хорошо сочеталась с «взрывным» ВСВИ режимом;
– четвертая-пятая зоны не сочетались с гипертрофической силовой тренировкой, но высокоинтенсивные силовые и циклические сочетались между собой, особенно со взрывным ВСВИ режимом.
– повышенные объемы лыжероллерной подготовки не сочетались с низкоскоростными низкоинтенсивными режимами силовой подготовки.

На уровне макроциклов по циклическим нагрузкам:

– общий объем циклических нагрузок в ЛЦВС практически не менялся с июня по ноябрь, затем последовательно снижался;
– взаимная динамика низкоинтенсивных и высокоинтенсивных средств тренировки подчинялась «классической» закономерности периодизации перехода «количества в качество»;
– у ЛГ объемы в третьей зоне равномерно распределены с июня по февраль, у биатлонистов после пикового июля нагрузки в этой зоне снизились на 35–40% в сентябре и продолжали линейно снижаться до марта;
– у ЛГ объемы в четвертой-пятой зонах после линейного увеличения до ноября затем не менялись до февраля, у БИ их доля существенно выше, а декабрь и январь – пиковые.

Логика периодизации силовых нагрузок существенно отличалась от моделей, описанных в литературе, и была следующей:

– общий объем силовых нагрузок имел пик в июне и затем линейно снижался с небольшим возрастанием («блоком») в октябре;
– подготовительный период начинался (май) с многоповторного НСНИ режима (50,4% суммарной силовой нагрузки);
– в июне сочетались НСНИ и НССИ, но имел место пиковый объем ВСВИ (в форме прыжков и спринтерского бега);
– июль – пик НССИ. До июля НСВИ и ВСВИ (на взрывную силу) практически не использовались, но в июле сразу достигали максимума;

– август – общий объем силовых нагрузок снижается при сбалансированном сочетании доли каждого из режимов. Достигнутое соотношение режимов наблюдалось до соревновательного периода;
– ЛГ по сравнению с БИ отличает в три раза больший и неизменный объем НСНИ режима в течение первых трех месяцев (май – июль) и в соревновательный период;
– БИ практически не используют НСВИ режим, заменяя его НССИ и спринтерской подготовкой;
– пик силовых нагрузок у женщин – в июле, у мужчин – в июне;
– наибольший объем взрывного режима у женщин – в июле, у мужчин – в августе.

Сочетаемость циклических, силовых и циклических с силовыми нагрузками в макроцикле были практически идентичными тем, которые описаны выше для микро- и мезоциклов.

При анализе наиболее общих характеристик распределения и сочетания нагрузок в ЛЦВС можно сделать вывод, что современная периодизация в целом соответствует «классической схеме» Л. П. Матвеева, хотя имели место и некоторые черты «блоковой периодизации» Ю. В. Верхошанского в планировании объемов силовых упражнений.

При этом объем силовых и аэробных нагрузок достигает максимума в самом начале годичного макроцикла (июнь – июль). Однако затем их общий объем снижается, но возрастает объем высокоинтенсивных циклических нагрузок, но не степень специфичности упражнений, которая достигает максимума в июне и потом остается неизменной или даже снижается. При этом объем низкоскоростного низкоинтенсивного и гипертрофического режима силовой тренировки сконцентрирован в начале подготовительного периода, а высокоинтенсивного – во второй половине. Однако высокоскоростные высокоинтенсивные режимы равномерно распределены по всем месяцам подготовительного периода, за исключением втягивающего мезоцикла.

При более детальной характеристике системы нагрузок необходимо отметить:
– общие объемы циклической и силовой тренировки изменялись по принципу «большой волны» с пиком в июне – июле и существенным снижением к сентябрю;
– циклическая нагрузка по ходу макроцикла изменялась в противофазе: акцент от низкоскоростных низкоинтенсивных режимов постепенно переходил к более скоростным, высокоинтенсивным режимам к этапу летних и зимних соревнований. Доля специфических роллерно-лыжных упражнений в ООЦН также возрастала.

Однако не обнаружено никаких признаков повышения «специфичности» тренировки при анализе объемов силовых упражнений.

При анализе по фактору «спорт» установлено, что ЛГ превосходили БИ по объему большинства видов нагрузки. Они имели:

– почти вдвое больший объем силовой и скоростно-силовой нагрузки, кроме короткого спринта, взрывной и плиометрической тренировки;
– больший общий объем циклических нагрузок, прежде всего объем низкоинтенсивной тренировки в первой-второй зонах. Всего ЛГ в среднем имели более высокие объемы циклических упражнений, чем БИ на 230 часов в год.

Однако объемы тренировки в третьей зоне интенсивности, ОБШХ и высокоинтенсивной интервальной тренировки на длинных и средних отрезках у представителей этих видов спорта не различались.

При изучении различий по гендерному признаку установлено:

– у женщин прослеживается тенденция больших объемов тренировочных нагрузок. В то же время два основных показателя тренировочного объема – общее количество часов циклической нагрузки и силовой тренировки – были одинаковыми у мужчин и женщин;
– мужчины тренировались с большей интенсивностью и имели большую долю специфической циклической нагрузки (лыжи, роллеры, ОБШХ);
– женщины выполняли больший объем работы в первой и второй зонах, а также неспецифических (бег, велосипед, имитация) циклических упражнений и имели бóльшую долю спринтерских упражнений и интервальной тренировки на коротких отрезках (до 60 с);
– в структуре силовой тренировки (при одинаковом общем объеме с мужчинами) наблюдались такие же тенденции, что и в циклической: мужчины использовали больше средне- и высокоинтенсивных нагрузок (> 70% ПМ), а женщины применяли больше многоповторных низкоинтенсивных режимов (круговая тренировка, статодинамика).

Таковы основные характеристики современной системы нагрузок у спортсменов ЛЦВС.

Согласно принятой логике изложения материала в книге, следующая глава посвящена вопросам эффектов нагрузок в отношении физической подготовленности спортсменов.

Глава 3.

УРОВЕНЬ И ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА В ЛЫЖНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА

В главе 2 обсуждалась система подготовки спортсменов в ЛЦВС: значения параметров тренировочных нагрузок, закономерности периодизации, сочетаемость видов и режимов применяемых тренировочных средств.

Следуя выбранному нами подходу к представлению полученных данных: «нагрузка» → «изменение функциональных возможностей и двигательных способностей» → «влияние на параметры соревновательного упражнения», в этой главе приведены данные, как система тренировки и различия в параметрах тренировочной нагрузки между лыжниками-гонщиками (ЛГ) и биатлонистами (БИ), мужчинами (М) и женщинами (Ж) отразились на уровне физической подготовленности спортсменов.

Все представленные в этой главе данные собраны во время этапных комплексных обследований спортсменов сборных команд России в ходе мероприятий их научно-методического обеспечения по системе, которая была разработана и реализована, начиная с мая 2012 года, для подготовки к ОЗИ 2014 в г. Сочи (далее – «система НМО»). Методика тестирования спортсменов (см. схему на рисунке 29) и обработки данных обследований подробно описана ранее [43, 427, 432] и оставалась неизменной в период сбора материала для данной книги, поэтому здесь она полностью не приводится.

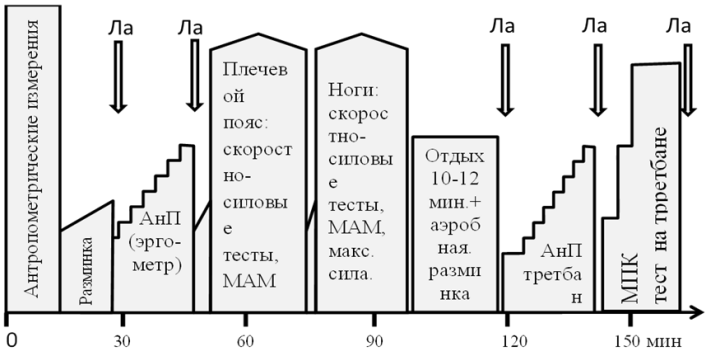


Рис. 29 – Последовательность тестовых процедур при поведении этапных комплексных обследований спортсменов сборных команд России по ЛЦВС в период с 2014 по 2023 г.

Примечание: МАМ – максимальная алактатная мощность, Ла – точки сбора капиллярной крови для определения концентрации лактата, АнП – анаэробный порог

Данные также частично опубликованы [18, 427, 432]. Ниже представлен дополненный за более длительный период с привлечением более широкой выборки и переработанный статистический материал.

3.1 Сравнение показателей физической подготовленности биатлонистов и лыжников-гонщиков высокого класса разного пола

Целью исследования, материалы которого приведены в данном разделе, было выяснить, как различия в нагрузках, периодизации, сочетаемости режимов, описанные во втрой главе, сказались на различиях функциональных и двигательных способностей биатлонистов и лыжников-гонщиков, мужчин и женщин. Для сравнения использованы данные обследований равных по численности (n=27) выборок спортсменов, подобранных так, чтобы группы в среднем не различались по возрасту и спортивной квалификации. Анализировались показатели, полученные со второй половины сентября по конец октября, то есть в конце специально-подготовительного периода (как правило, после чемпионата России по лыжероллерам или перед «вкаткой»), когда спортсмены находились фактически на пике своих физиологических возможностей по показателям физической подготовленности. При оценке различий выборок по критерию «рейтинг FIS/IBU» следует учитывать, что лыжников в мировой классификации больше, поэтому биатлонистам относительно «легче» иметь более высокий рейтинг.

Исходные данные обработаны с использованием двухфакторного дисперсионного анализа (вид спорта х пол) с учетом поправки Бонферрони α. Величину (размер) эффекта (РЭ - η2p) оценивали для всех тестов. Значения η2p <0,06 интерпретировали как «небольшой эффект»; 0,06 < η2p < 0,14 – как «средний эффект», а η2p > 0,14 – как «большой эффект». Уровень значимости α = 0,05.

Данные обследования спортсменов приведены в таблицах 16, 17.

Антропометрические показатели (таблица 16)**.** По фактору «вид спорта» ЛГ (М+Ж) имели большие индекс массы тела (ИМТ), тощие относительные объемы нижней и верхней частей тела по сравнению с БИ (М+Ж). У женщин (ЛГ+БИ) по сравнению с мужчинами (ЛГ+БИ) были более низкие: масса и длина тела, ИМТ, масса и % мышц тела, тощий объем плечевого пояса и рук, но более высокий процент жира в теле. Женщины не отличались от мужчин по тощему объему нижней части тела.

Силовые, скоростно-силовые и мощностные показатели (таблица 16). Анализ различий основных эффектов для фактора «спорт» показал, что у лыжников были более высокие значения МАМ ног и максимальной частоты движений руками на лыжном эргометре.

Для гендерных различий получено, что у женщин ниже параметры почти всех оцениваемых возможностей и способностей, кроме относительной силы ног. Анализ простых эффектов показал, что значимые взаимодействия для «вид спорта х пол» для максимальной частоты рук были обусловлены тем, что значительно более высокие значения частоты движений ($p < 0{,}001$) имели лыжники, но не биатлонисты мужского пола.

Показатели сердечно-сосудистой системы, аэробной мощности и механической эффективности (таблица 17***)***.

У лыжников выше: индекс минутного кровотока; кислородный пульс (О2-пульс); потребление кислорода (V̇O2) и механическая мощность на уровне АнП при работе руками и при беге; отношения V̇O2АнП / МПК; V̇O2АнП руки / V̇O2АнП бег. Без учета поправки Бонферроне (на уровне тенденции) у биатлонистов была лучше экономичность при беге.

По гендерному признаку у спортсменов не было никаких существенных различий по показателям отношений V̇O2АнП / МПК и V̇O2АнП руки / V̇O2АнП бег, экономичности и ЧСС на уровне АнП при беге. Остальные параметры существенно различались.

Обсуждение результатов

Известно, что ЛГ имеют более высокую дистанционную скорость по сравнению с биатлонистами. Однако неизвестно, в какой степени эти различия в скорости связаны с различиями в физической подготовке, гендерными различиями и параметрами соревновательного упражнения, которые, как мы предполагаем, также во многом обусловлены уровнем и особенностями физической подготовленности и ее динамикой в подготовительном периоде.

Исследование позволило получить несколько результатов, интерпретация которых интересна в контексте различий в тренировочных нагрузках спортсменов этих видов спорта, которые, в свою очередь, были подробно рассмотрены во второй главе, где показано, что лыжники прежде всего превосходили биатлонистов по объему большинства видов нагрузок, направленных на повышение дистанционной скорости.

Это имело ряд закономерных следствий. По сравнению с биатлонистами, у лыжников были бóльшие объемы мышц нижней, верхней частей тела и более высокий ИМТ. Эти различия можно объяснить тем фактом, что лыжники имели почти вдвое больший объем силовой нагрузки. Однако, несмотря на это, результаты в силовых и взрывных тестах на мышцы плечевого пояса и ног не различались. Есть два возможных объяснения этому парадоксу.

Таблица 16

Обобщенные (X ± SD) значения антропометрических показателей биатлонистов (БИ) и лыжников-гонщиков (ЛГ), мужчин (М) и женщин (Ж)

Показатель	Мужчины (n1 = n2 =27)		Женщины (n1 = n2 =27)		Различия ЛГ – БИ		Различия М – Ж	
	ЛГ	БИ	ЛГ	БИ	p	РЭ	p	РЭ
Возраст, лет	25,17±4.49	25,45±2,2	23,49±2,89	24,87±2,66	0,18	0,02	0,068	0,03
Рейтинг FIS/IBU	80,49±52,67	57,35±36,5	91,93±54,07	69,36±39,22	0,27	-0,05	*<0,001*	*0,72*
Масса тела, кг	75,06±4,52	74,01±5,7	59,77±5,25	57,87±4,46	0,129	0,02	*<0,001*	*0,65*
Длина тела, см	176,74±4,63	177,40±5,2	164,10±4,56	164,77±4,66	0,471	<0,01	*<0,001*	*0,37*
ИМТ, кг/м^2	24,02±0,92	23,51±1,4	22,20±1,61	21,31±1,34	*0,008*	*0,07*	*0,008*	0,07
% Мышечной массы, %	52,82±2,08	52,41±1,9	51,14±2,57	51,75±2,30	0,817	<0,01	*<0,001*	*0,67*
Масса мышц, кг	39,68±2,88	38,82±3,7	30,59±3,26	29,97±2,90	0,232	<0,01	*<0,001*	*0,47*
Жировая масса, %	8,66±1,64	8,65±1,3	13,21±3,21	12,28±2,13	0,264	0,01	0,068	0,03
Тощий объем плечевого пояса/рук, %	16,41±0,98	16,00±1,1	11,09±1,21	10,51±0,98	*0,017*	*0,05*	*<0,001*	*0,39*
Тощий объем таза и ног, %	20,66±1,20	20,11±1,4	20,30±1,80	19,67±1,53	0,129	0,02	0,174	0,02
Сила ног, Н·м/кг	2,54±0,24	2,69±0,3	2,74±0,53	2,40±0,19	0,174	0,02	0,475	<0,01
Взрывная сила ног, Вт/кг	22,03±1,51	22,34±3,0	20,32±2,13	20,53±2,09	0,545	<0,01	*<0,001*	*0,14*
Сила плечевого пояса, у.е.	3,63±0,47	3,84±0,5	2,58±0,41	2,52±0,31	0,332	0,01	*<0,001*	*0,68*
МАМ «рук», Вт/кг	7,73±0,70	7,81±0,7	5,74±0,79	5,68±0,48	0,961	<0,01	*<0,001*	*0,70*
МАМ ног, Вт/кг	13,45±0,93	13,17±0,8	11,09±1,08	10,21±0,43	*<0,001*	*0,11*	*<0,001*	*0,72*
Максимальная частота «рук», п/мин	122,9±13,8	87,28±9,6	91,41±11,52	82,58±12,50	*<0,001*	*0,47*	*<0,001*	*0,37*
Мощность ОМВ рук, Дж/кг	41,74±4,09	38,98±5,6	35,33±6,61	34,82±5,65	0,129	0,02	*<0,001*	*0,19*
Пиковый лактат при беге, ммоль/л	11,80±1,87	11,88±2,4	10,22±1,93	11,37±1,60	0,109	0,03	0,007	*0,07*

Примечания: ИМТ – индекс массы тела; МПК – максимальное потребление кислорода; $O_{2\ АнП}$ пульс – кислородный пульс на анаэробном пороге; $VO2_{АнП}$ – потребление кислорода на уровне анаэробного порога; РЭ – размер эффекта; p – оценки межгрупповых различий. Курсивом выделены различия, достоверные с учетом поправки Банферони, «рук» – при работе руками на лыжном эргометре.

Таблица 17

Обобщенные (X ± SD) значения показателей сердечно-сосудистой системы, аэробной мощности и механической эффективности биатлонистов (БИ) и лыжников (ЛГ), мужчин (М) и женщин (Ж)

Показатель	Мужчины (n1 = n2 =27)		Женщины (n1 = n2 =27)		Различия ЛГ – БИ		Различия М – Ж	
	ЛГ	БИ	ЛГ	БИ	p	РЭ	p	РЭ
Ударный объем, мл/м^2	110,9±11,4	108,2±10,2	78,09±6,70	78,75±8,29	0,767	<0,01	*<0,001*	*0,77*
Сердечный выброс, л/мин/м^2	18,81±1,72	18,26±1,6	14,30±1,36	13,21±1,26	*0,011*	*0,06*	*<0,001*	*0,72*
МПК при беге, мл/мин/кг	77,08±4,10	77,57±5,3	66,14±3,5	63,47±3,25	0,169	0,02	*<0,001*	*0,71*
$O_{2\ АнП}$ пульс «рук», мл/уд	33,30±2,92	30,46±3,3	26,96±2,78	25,73±2,16	*<0,001*	*0,12*	*<0.001*	*0.49*
$O_{2\ АнП}$ пульс при беге, мл/уд	38,65±2,14	37,36±2,1	32,90±2,59	31,33±2,09	*0,001*	*0,10*	*<0,001*	*0,64*
$\dot{V}O_{2\ АнП}$ «рук», мл/мин/кг	54,24±3,37	49,63±4,6	46,55±4,81	42,67±3,54	*<0,001*	*0,22*	*<0,001*	*0,45*
Мощность АнП «рук», Вт/кг	3,32±0,19	3,02±0,2	2,64±0,32	2,43±0,16	*<0,001*	*0,23*	*<0,001*	*0,65*
$\dot{V}O_{2\ АнП}$ бег, мл/мин/кг	67,70±2,98	66,00±4,1	58,72±3,58	54,96±3,31	*<0,001*	*0,14*	*<0,001*	*0,68*
Мощность при беге, Вт/кг	3,13±0,11	3,09±0,2	2,66±0,24	2,55±0,09	*0,019*	*0,05*	*<0,001*	*0,71*
$\dot{V}O_{2\ АнП}$ /МПК, бег (%)	88,0±4,1	85,3±5,2	88,8±3,9	86,6±3,0	*0,003*	*0,08*	0,175	0,02
$\dot{V}O_{2\ АнП}$ руки/ $\dot{V}O_{2\ АнП}$ бег (%)	80,2±4,2	75,3±6,9	79,3±7,9	77,7±5,3	*0,009*	*0,06*	0,543	0,00
Механическая эффективность рук, %	21,66±1,11	21,61±1,8	20,09±1,44	20,55±1,34	0,456	0,01	*<0,001*	*0,18*
Механическая эффективность бега, %	16,36±0,58	16,59±1,0	15,89±1,30	16,61±1,10	*0,03*	*0,05*	0,318	0,01
$ЧСС_{АнП}$ при работе руками, уд/мин	163,1±7,4	163,4±8,7	170,6±10,2	166,1±6,9	0,182	0,02	*0,002*	*0,09*
$ЧСС_{АнП}$ при беге, уд/мин	175,2±4,5	176,8±8,3	177,5±7,5	175,6±5,8	0.871	<0,01	0,681	<0,01

Примечания: МПК – максимальное потребление кислорода; $O_{2\ АнП}$ пульс – кислородный пульс на анаэробном пороге; $\dot{V}O2_{АнП}$ – потребление кислорода на уровне анаэробного порога; p – оценки межгрупповых различий; РЭ – размер эффекта. Курсивом выделены различия, достоверные с учетом поправки Банферони, «рук» – при работе руками на лыжном эргометре.

Во-первых, можно предположить, что лыжники выбирают более специфические режимы силовых упражнений, которые улучшают только те двигательные способности, которые отвечают за эффективность приложения усилий в цикле бега на лыжах и, соответственно, должны отражаться на параметрах техники бега на лыжах. При этом важно подчеркнуть, что эффект от этих упражнений не проявлялся в неспецифических силовых тестах, которые применялись в системе НМО. Кроме того, больший объем специальной циклической работы у ЛГ структурирует НМА в пользу специализированности физической подготовленности.

Во-вторых, и наиболее вероятно: известно, что силовые и аэробные тренировки при одновременном применении имеют отрицательный эффект взаимодействия – так называемый «парадокс Хиксона» [128]. Из данных нагрузок следует, что лыжники в среднем имеют на 230 часов более высокие объемы циклических упражнений, чем биатлонисты. Следовательно, более высокие объемы силовых тренировок могут просто служить компенсацией для поддержания мышечной силы и мышечной массы на уровне, необходимом для успешных выступлений лыжников, и не направлены на улучшение собственно силовых показателей. Косвенно об этом могут свидетельствовать относительно высокие объемы НСНИ режима, применяемые ЛГ круглогодично, даже на ЭНП.

Наиболее заметным преимуществом лыжников были более высокие пороговые показатели при работе руками, показанные в таблице 17: потребление кислорода, мощность и кислородный пульс на Ан П.

Эти различия не могут быть связаны с бóльшим объемом циклической тренировки на плечевой пояс, поскольку у биатлонистов объем ОБШХ был даже несколько бóльшим. Тем не менее лыжники имели гораздо бóлее высокий объем силовых тренировок на плечевой пояс и мышцы туловища [88], поэтому можно предположить, что именно силовые тренировки в сочетании со значительным объемом всех видов аэробной нагрузки определили высокие значения пороговых показателей при работе руками и при беге у лыжников.

Из таблицы 16 следует, что ЛГ также имели более высокую максимальную частоту движений при работе на лыжном эргометре и результат в десятисекундном тесте на МАМ ног. Из предыдущих исследований хорошо известно, что современные лыжники успешно соревнуются как в спринтерских, так и в дистанционных гонках, поэтому считается, что они должны тренировать не только аэробные, но скоростные и анаэробные возможности. Однако неожиданным явился факт, что лыжники не имели бóльших объемов спринтерской тренировки или взрывных/плиометрических упражнений относительно биатлонистов (глава 2). Кроме этого,

лыжники имели большей только частоту движений, но не МАМ при работе руками. Поэтому здесь также может сказываться специфика соревновательного упражнения, например, то, что темп движений в классическом лыжном ходе, который тренируют ЛГ, но не БИ, почти в два раза выше, чем в коньковом, поэтому лыжники в одном и том же упражнении склонны и умеют работать руками чаще. В свою очередь, биатлонистам высокая частота движений не свойственна, так как они используют только коньковые ходы, в соревновательной программе у них нет спринта в традиционном понимании, и ношение винтовки накладывает свой отпечаток на характер движений [2]. Таким образом, способность работать на лыжном эргометре с бóльшей частотой при выполнении задания: достичь максимальной мощности не приводит к более высокому МАМ, которая, как можно предположить, в ЛЦВС в большей степени обусловлена силовыми возможностями спортсменов, которые по этим показателям не различались.

Третьим результатом явился факт, что, несмотря на то что лыжники соревнуются в спринте и имеют существенно больший объем аэробной нагрузки, они имели преимущество перед биатлонистами только по показателям анаэробного порога, но не МПК. Это противоречит другим исследованиям. Убедительно объяснить этот факт сложно, но на уровне рассуждений можно предположить следующее. Причиной более высоких значений АнП лыжников, как отмечалось, может являться сочетание существенно больших объемов циклической нагрузки с большими объемами силовой тренировки. Как результат, лыжники имели больший ИМТ, объем мышц, на уровне тенденции – массу тела и массу мышц, а высокая аэробная нагрузка обеспечила высокий окислительный потенциал этой мышечной массы, основным неинвазивным показателем которого является мощность работы на уровне анаэробного порога. Именно это, скорее всего, и позволяет лыжникам иметь большую дистанционную скорость. В то же время большую мышечную массу необходимо обеспечивать кислородом («кормить»). Для этого необходимо иметь более высокие кислородтранспортные возможности сердечно-сосудистой системы. Действительно, лыжники имели более высокий сердечный выброс. Но, с другой стороны, реализация высоких кардиореспираторных возможностей в высоких значениях МПК происходит только при выполнении высокоинтенсивной циклической тренировки. Однако лыжники не имели принципиального преимущества по показателям HIT и HIIT перед биатлонистами (таблица 8, глава 2), более того, у биатлонистов была больше доля HIIT на длинных отрезках HIT в общем объеме циклической нагрузки [88]. Чем вызвано такое соотношение нагрузок у ЛГ по сравнению с БИ, пока однозначно сказать сложно.

При изучении гендерных различий установлено следующее.

Женщины по времени тренируются несколько больше мужчин. Это следует из сравнения количества тренировочных дней и часов, как показано в таблице 8. В то же время два основных показателя тренировочного объема – общее количество часов аэробной нагрузки и силовой тренировки – были одинаковыми у мужчин и женщин. Но структура нагрузок различалась. В целом, мужчины тренировались с большей интенсивностью (имели больший объем MIT и HIT) и имели большую долю специфической циклической нагрузки (лыжи, роллеры, ОБШХ), в то время как женщины выполняли больший объем работы в первой и второй зонах, а также неспецифических (бег, велосипед, имитация) упражнений. При этом у них была бóльшая доля спринтерских упражнений и интервальной тренировки на коротких отрезках (до 60 с). В структуре силовой тренировки (при одинаковом общем объеме) наблюдались такие же тенденции, что и в циклической:

– мужчины использовали больше средне- и высокоинтенсивные нагрузки (> 70% ПМ);

– женщины применяли больше многоповторных низкоинтенсивных режимов (круговая тренировка, статодинамика, статика).

Несмотря на отмеченные особенности, при сравнении показателей подготовленности по гендерному признаку в целом обнаружены те же различия, что и в ранее выполненных исследованиях. В нашем исследовании наиболее значимые по размеру эффекта различия были в массе тела и доле мышц в теле, силе и МАМ при работе руками и МАМ при работе ногами, что продемонстрировано в таблицах 16 и 17. При этом не было различий в относительном объеме мышц и относительной динамической силе мышц ног.

Также обращают на себя внимание очень большие различия по всей группе аэробных и кардиореспираторных показателей, а также пороговой мощности при работе руками и при беге с палками. Кроме этого, мужчины продемонстрировали более высокую экономичность при работе руками.

Полученные показатели достаточно сложно интерпретировать в контексте различий в структуре тренировочных нагрузок, периодизации, сочетаемости режимов и др., тем более что объем основных циклических и силовых нагрузок был практически одинаков. Поэтому очень вероятно, что обнаруженные различия являются следствием «истинных», то есть генетически обусловленных гендерных различий.

Таким образом, в заключение следует подчеркнуть несколько существенных моментов. Прежде всего, установлено, что в общебиоло-

гическом плане адаптация спортсменов в видах спорта с экстремально высокими требованиями к проявлению выносливости может проявляться в одновременном улучшении массы мышц, силовых и аэробных показателей. То есть современная система спортивной подготовки может благополучно преодолевать «эффект Хиксона» (антагонизм в одновременном повышении массы, силы и аэробных способностей мышц), что, собственно, и обсуждалось в первой главе при анализе работ, в которых не зафиксировано заметного отрицательного эффекта аэробных нагрузок на силу и гипертрофию мышц как минимум у спортсменов в ЦВС, несмотря на обиходные представления.

Во-вторых, различия в объеме и структуре тренировочных нагрузок между лыжниками и биатлонистами проявляются главным образом в пороговых показателях (потреблении кислорода, мощности и кислородном пульсе), которые, таким образом, можно рассматривать в качестве критериев эффективности тренировочного процесса, направленного на повышение средней дистанционной скорости в ЛЦВС. Следовательно, необходимо понимать, как такие особенности влияют на технику спортсменов – это будет исследовано в следующей главе.

В-третьих, следует отметить еще два достаточно примечательных момента: ЛГ и БИ не различаются по величине МПК, возможно, по причине отсутствия различий в высокоинтенсивных циклических нагрузках и в среднем большей массы тела лыжников, однако у ЛГ существенно больший объем низкоскоростных низко- и высокоинтенсивных силовых режимов. Следовательно, в контексте принятой нами парадигмы, заключающейся в том, что спортивный результат опосредуется через параметры движений при выполнении соревновательного упражнения, необходимо более подробно установить, как оба этих фактора: и высокие аэробные способности мышц, как следствие низко- и среднеинтенсивной тренировки, и силовые возможности мышц, причем проявляемые в различных режимах сокращения, влияют на параметры движения спортсменов при передвижении с одинаковой скоростью. И последнее: как показано в первой главе, большая часть кинематических показателей меняется с ростом скорости, и потому более быстрые (квалифицированные) спортсмены будут иметь отличия, обусловленные именно этой закономерностью, а не только особенностями их подготовленности, как следствия влияния, в том числе, тренировочных факторов. Этот момент (различия в скорости), на наш взгляд, незаслуженно игнорируется в некоторых работах.

В-четвертых, в свете вопроса о гендерных различиях в спорте данные настоящей работы могут служить подтверждением того, что большинство различий с большой вероятностью предопределены генетически.

То есть закономерности влияния тренировочных факторов на параметры СУ у мужчин и женщин с высокой вероятностью будут схожими. Тем не менее следует учитывать, что хотя параметры общих объемов тренировочной нагрузки у мужчин и женщин были практически одинаковыми, в тренировке выносливости и силы у женщин прослеживалась отчетливая тенденция к меньшей интенсивности тренировочного процесса. Это частично могло повлиять на полученные различия в функциональных возможностях и двигательных способностях женщин и, вероятно, может отразиться на параметрах их движений.

3.2 Характеристики вариативности и динамика показателей физической подготовленности, экономичности и механической эффективности лыжников и биатлонистов высокого класса в подготовительном периоде

Периодизация выбранных средств, методов и форм тренировки при ее программировании направлена на решение двух важнейших задач:

- достижение максимального в сезоне уровня подготовленности, так как это прямо связано с чередованием в циклах, длительностью применения и наилучшей сочетаемостью нагрузок разных режимов;
- достижение пика специальной работоспособности и спортивной формы должно произойти в нужное время согласно календарю соревнований.

Успешность решения обеих задач должно приводить к определенным (оптимальным) характеристикам динамики изменения показателей ключевых (специфических) и вспомогательных функций организма. Причем это утверждение справедливо:

- на срочном уровне: выполнение очередного упражнения в тренировке должно начинаться в момент, когда степень восстановления, недовосстановления или, наоборот, потенцирования от предыдущего упражнения достигнет оптимальной, то есть запланированной величины;
- на текущем уровне: характеристики очередной тренировки должны учитывать степень восстановления / недовосстановления / потенцирования от предыдущей;
- на этапном уровне: периодизация (чередование / длительность / сочетаемость) должна предполагать оптимальную, то есть запланированную в момент разработки индивидуального тренировочного плана, динамику показателей «ОФП», «СФП» и СУ [19].

– многолетний уровень: динамика показателей «ОФП», «СФП», СУ и спортивной результативности должна строиться в соответствии с закономерностями сначала возрастного развития спортсмена, а затем – становления спортивного мастерства и спортивного долголетия [197].

Таким образом, характеристики амплитуды (например, после нагрузки или после соревновательного и переходного периода неизбежно снижение) и динамики (формы кривой, отражающей процесс адаптации) показателей подготовленности на всех четырех уровнях управления подготовкой спортсменов являются главным критерием эффективности как разработки, так и реализации тренировочного плана.

Первые два уровня управления подготовкой достаточно хорошо изучены и описаны в научной и методической литературе. Однако в отношении третьего уровня, этапного, как обсуждалось в первой главе, существует много «теоретических кривых», но очень мало фактических данных по амплитуде и динамике показателей, в том числе в ЛЦВС.

В этой связи целью данного исследования было построить и изучить закономерности модели динамики показателей, отражающих основные функциональные возможности спортсменов в четырех исследуемых нами выборках.

В этом разделе использованы данные 180 спортсменов, а именно: 34 ЛГ мужчин (ЛГ-М); 56 БИ мужчин (БИ-М); 29 ЛГ женщин (ЛГ-М); 61 БИ женщин (БИ-Ж).

При анализе использованы результаты этапных обследований, собранные с 30 апреля по 13 ноября в период с 2014 по 2023 г. Этот период включал в себя весь весенне-летний тренировочный макроцикл, начиная с переходного периода и до конца сентября, когда спортсмены участвовали в национальных чемпионатах. Кроме этого, были включены результаты тестов, собранных в октябре и в первой половине ноября, когда спортсмены использовали мини-блоки тренировок с повышенным объемом нагрузки неспецифического характера (рисунок 28) в рамках стратегии подготовки к соревнованиям зимнего сезона. Таким образом, данные охватывают весь подготовительный период со второй половины апреля до начала ноября. В связи с недостаточным для приемлемой точности объемом выборки материалы данных тестирования в октябре – ноябре по группе ЛГ – Ж в исследование не включены. Для правильной интерпретации полученных результатов также следует учитывать, что в силу сложившихся традиций и стратегии управления подготовкой спортсменов в федерациях лыжных гонок и биатлона России мужчины и женщины ЛГ тренировались вместе под руководством одного тренерского штаба,

в то время как в биатлоне мужчины и женщины тренировались раздельно в разных местах проведения тренировочных мероприятий под руководством разных тренеров.

В целом, общее количество тестовых сессий, использованных для расчета вариативности и траекторий (динамики) показателей, составило: 231 для ЛГ-М; 387 для БИ-М; 204 для ЛГ-Ж; 409 для БИ-Ж.

При расчете среднемесячных значений показателей использован следующий подход: в каждую помесячную выборку объединялись результаты тестов, которые были проведены с восьмого-девятого числа данного месяца по восьмое-девятое число следующего месяца. Такой временной сдвиг был определен исходя из идеи, что спортсменам нужно как минимум несколько дней (один-два микроцикла), чтобы «реализовать» эффект ранее выполненной (в этом месяце) нагрузки.

Для оценки значимости изменений показателей физической подготовленности, экономичности и механической эффективности за время подготовительного периода использовался корреляционный анализ. Определялась связь между значениями показателей и количеством дней, прошедших после дня первого тестирования для данной выборки спортсменов. Как правило, это была одна из дат конца апреля или начала мая. Другими словами, исследовалось, насколько значимо было изменение показателей после начала тренировки в мае. Тренд считался значимым при значении коэффициента детерминации выше критического значения при уровне значимости $\alpha = 0{,}05$. При построении графиков для наглядности сравнения динамики и трендов среднемесячные значения показателей для всех четырех команд были пересчитаны в процентах относительно значения первого месяца (мая), который был принят за 100%.

С целью фиксации динамики условно-целостного процесса адаптации спортсмена к нагрузкам использовался расчетный интегральный индекс физической подготовленности (ИФП). При расчете ИФП использованы показатели подготовленности, приведенные в таблицах 16 и 17, за исключением антропометрических индексов, показателей экономичности и механической эффективности.

Достоверность различий сезонных трендов и, соответственно, величины «сдвига» от первого месяца до завершения подготовительного периода оценивалась по величине коэффициента корреляции зависимости «время – показатель». Рассчитывался размер эффекта, характеризующий величину прироста результата, и содержательная интерпретация его величины [433, 434]. Все статистические расчеты проводились с помощью MS Excell при альфа-уровне 0,05.

Динамика индекса физической подготовленности у ЛГ и БИ разного пола, который в интегральном виде отражает все положительные адаптационные изменения, показана на рисунке 30. Ход адаптации, отраженный в динамике ИФП, в целом по всем четырем командам можно описать как «насыщающаяся кривая» с достоверным увеличением от мая до октября ($p < 0,01$) со средним приростом за период на 17,4%. При этом относительный «пик» наблюдался в сентябре. Согласно данным таблицы 18, ИФП имел наибольшую амплитуду изменения в сезоне по сравнению со всеми другими показателями подготовленности. Наибольшая амплитуда ИФП в сезоне имела место у БИ-Ж, затем – ЛГ-М, ЛГ-Ж и наименьшая – у БИ-М.

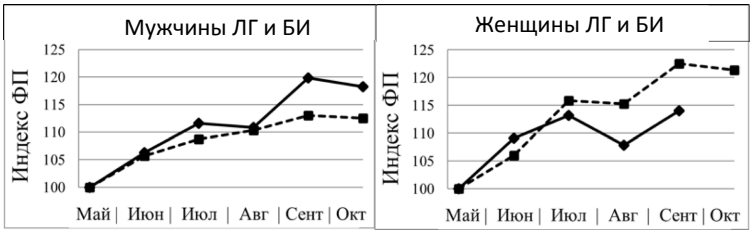


Рис. 30 – Усредненная за период с 2014 по 2023 г. динамика изменения (%) интегрального индекса физической подготовленности у биатлонистов (пунктир) и лыжников-гонщиков (сплошная) высокого класса в подготовительном периоде

Динамика дифференциальных показателей тестирования представлена на рисунках 31–32. Амплитуда изменения показателей и коэффициенты корреляции «показатель – время» приведены в таблице 18.

Наиболее консервативными явились индексы, связанные с массой и объемом мышц. У мужчин амплитуда изменений в среднем примерно в два раза выше. Напротив, наиболее лабильным, причем также у мужчин, был % жира в теле.

Среди функциональных показателей наибольшую среднюю по всем командам амплитуду изменений имели показатели силы, скоростно-силовых способностей и выносливости мышц, обеспечивающих работу руками на лыжном эргометре (10–12%). Показатели, характеризующие производительность сердечно-сосудистой системы и аэробных способностей мышц при беге (МПК, АнП, кислородный пульс), имели одинаковую амплитуду в пределах –8%. Вариативность силовых показателей была выше (8–10%), чем скоростно-силовых (4–6%). Экономичность и механическая эффективность изменялись в среднем также несущественно – в пределах 4–6%, причем разнонаправлено в разных командах.

Таблица 18

Средние данные по амплитуде (Δ, %) и наличию достоверного тренда (r) изменения показателей у лыжников-гонщиков и биатлонистов высокого класса в среднем в подготовительных периодах 2014–2023 гг.

Показатель	Лыжные гонки				Биатлон				Средние	
	мужчины, n=231		женщины, n=204		мужчины, n=387		женщины, n=409			
	r (0,109)	Δ, %	r (0,116)	Δ, %	r (0,084)	Δ, %	r (0,082)	Δ, %	r	Δ, %
Масса мышц	0,12*	4,4	0,13*	3,3	-0,04	1,27	0,03	2,08	0,06	2,8
% жира в теле	-0,25*	37,4	-0,02	5,7	-0,09*	17,34	0,00	12,83	-0,09	18,3
Объем мышц рук	0,12*	4,6	0,13*	2,4	-0,10*	2,91	0,04	2,65	0,05	3,1
Объем мышц ног	0,08	2,9	0,17*	3,0	-0,09*	2,44	0,03	1,73	0,05	2,5
Максимальная сила ног	0,05	4,3	0,07	10,1	0,16*	9,09	-0,05	7,04	0,06	7,6
Взрывная сила ног	0,04	5,7	0,09	5,3	0,06	3,29	0,13*	3,35	0,08	4,4
МАМ ног	-0,02	4,2	0,00	6,5	0,05	2,85	0,10*	2,24	0,04	3,9
Максимальная сила рук	0,26*	15,3	0,20*	10,2	0,07	5,58	0,06	10,68	0,15	10,4
МАМ рук	0,11*	5,5	0,09	5,4	0,06	4,32	0,18*	7,45	0,11	5,7
Максимальный импульс силы рук	0,21*	16,9	0,12*	8,5	0,08	6,07	0,00	13,92	0,10	11,4
Мощность ОМВ рук	0,18*	8,5	0,23*	10,3	0,17*	10,67	0,10*	16,23	0,17	11,4
Индекс ударного объема сердца	0,26*	11,2	0,21*	5,8	0,07*	6,82	0,09	7,90	0,16	7,9
Индекс сердечного выброса	0,22*	9,2	0,29*	6,5	0,11*	6,18	0,22*	7,87	0,21	7,4
МПК при беге	0,40*	7,0	0,23*	4,0	0,24*	6,57	0,30*	9,59	0,29	6,8
Мощность на АнП рук	0,31*	8,7	0,22*	13,2	0,22*	7,74	0,32*	18,10	0,27	11,9
Мощность на АнП в беге	0,28*	7,5	0,24*	7,2	0,24*	5,20	0,43*	8,79	0,30	7,2
Механич. эффективность рук	-0,06	7,2	0,05	3,9	0,05	3,00	0,38*	8,69	0,10	5,7
Экономичность бега	0,02	3,3	0,07	4,0	-0,03	4,21	0,17*	4,69	0,06	4,1

Примечания: «рук» – показатели при работе руками на лыжном эргометре; МАМ – максимальная алактатная мощность; АнП – анаэробный порог; ОМВ – окислительные мышечные волокна; r – коэффициент корреляции показателя от времени (май – октябрь) с критическим значением (в скобках).

* – достоверно при α=0,05.

При качественном сравнении вариативности по факторам «вид спорта» и «пол» можно отметить неожиданную тенденцию, согласно которой средняя амплитуда сезонных изменений у ЛГ-М заметно выше, чем у ЛГ-Ж, а у биатлонистов наоборот – вариативность существенно выше у женщин.

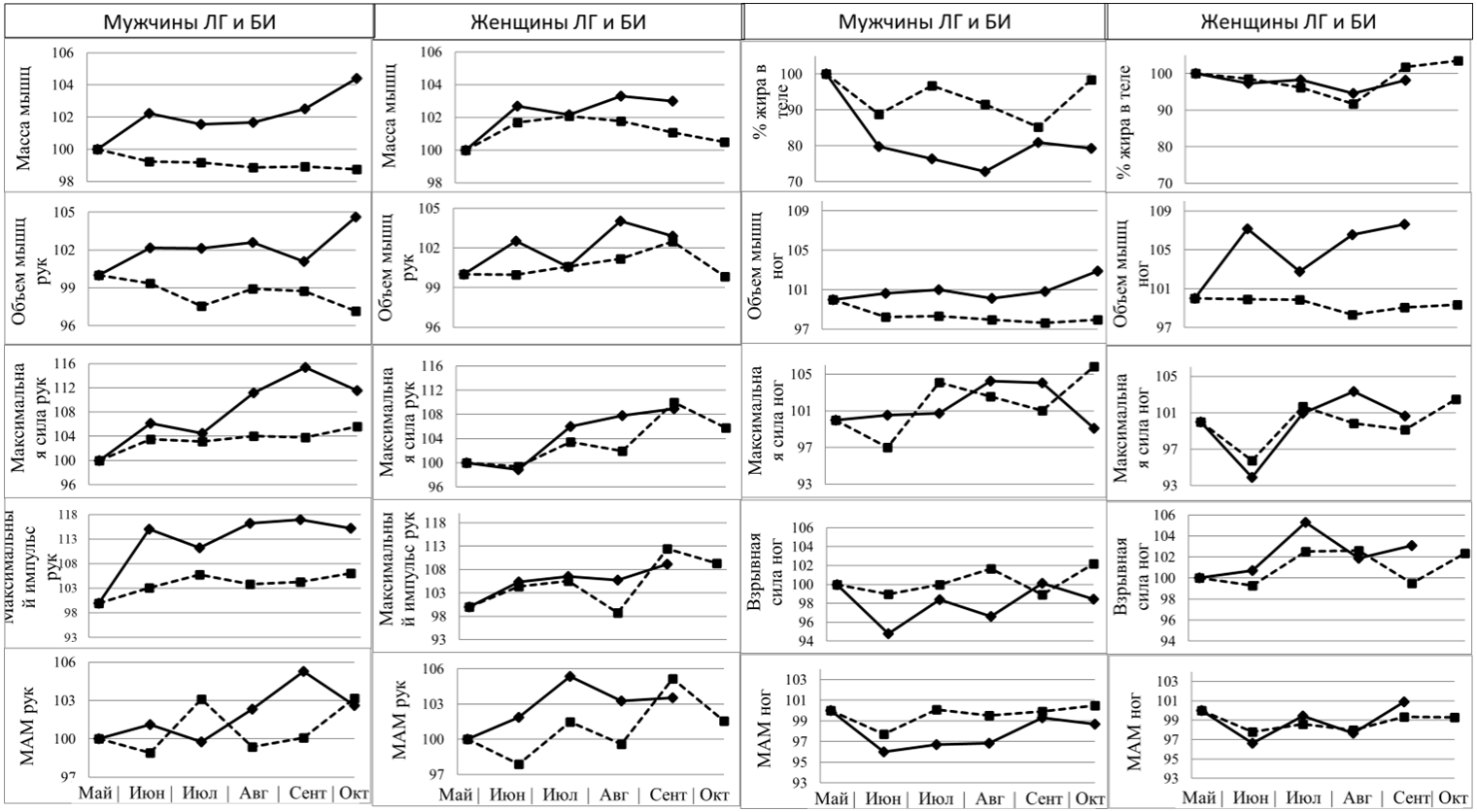
О достоверности сезонных изменений показателей можно судить по коэффициентам корреляции.

При аппроксимации линейной функцией всех индивидуальных значений с мая по октябрь достоверные приросты имели место во всех командах по показателям: ИФП; мощности на уровне АнП; МПК; индексу МОК; мощности окислительных МВ рук, то есть по всем показателям систем, связанных с аэробной работоспособностью. При этом наибольшие коэффициенты корреляции, отражающие в том числе меньший разброс значений вокруг линии регрессии, наблюдались у МПК, пороговой мощности, потребления кислорода, а также кислородного пульса на АнП (данные по этому показателю не приведены). Наибольшее значение корреляции изменения показателей со временем (подготовительного периода) (r = 0,18–0,45) в различных выборках – у кислородного пульса на АнП при работе руками. С наибольшей степенью линейности и меньшей вариативностью (как соотношение: межиндивидуальная дисперсия / сезонная вариативность) изменялись масса мышц, максимальная сила, импульс силы рук, сила ОМВ рук и ударный объем сердца у ЛГ по сравнению с БИ. Механическая эффективность (рук) и экономичность (бега) изменялись несущественно и разнонаправленно у всех команд, кроме БИ-Ж, где эти показатели возрастали к сентябрю – октябрю.

В целом, во всех командах наибольшие изменения по показателям тестирования обнаружены для мышц плечевого пояса и туловища, участвующих в работе на лыжном эргометре (обозначенные как «рук»).

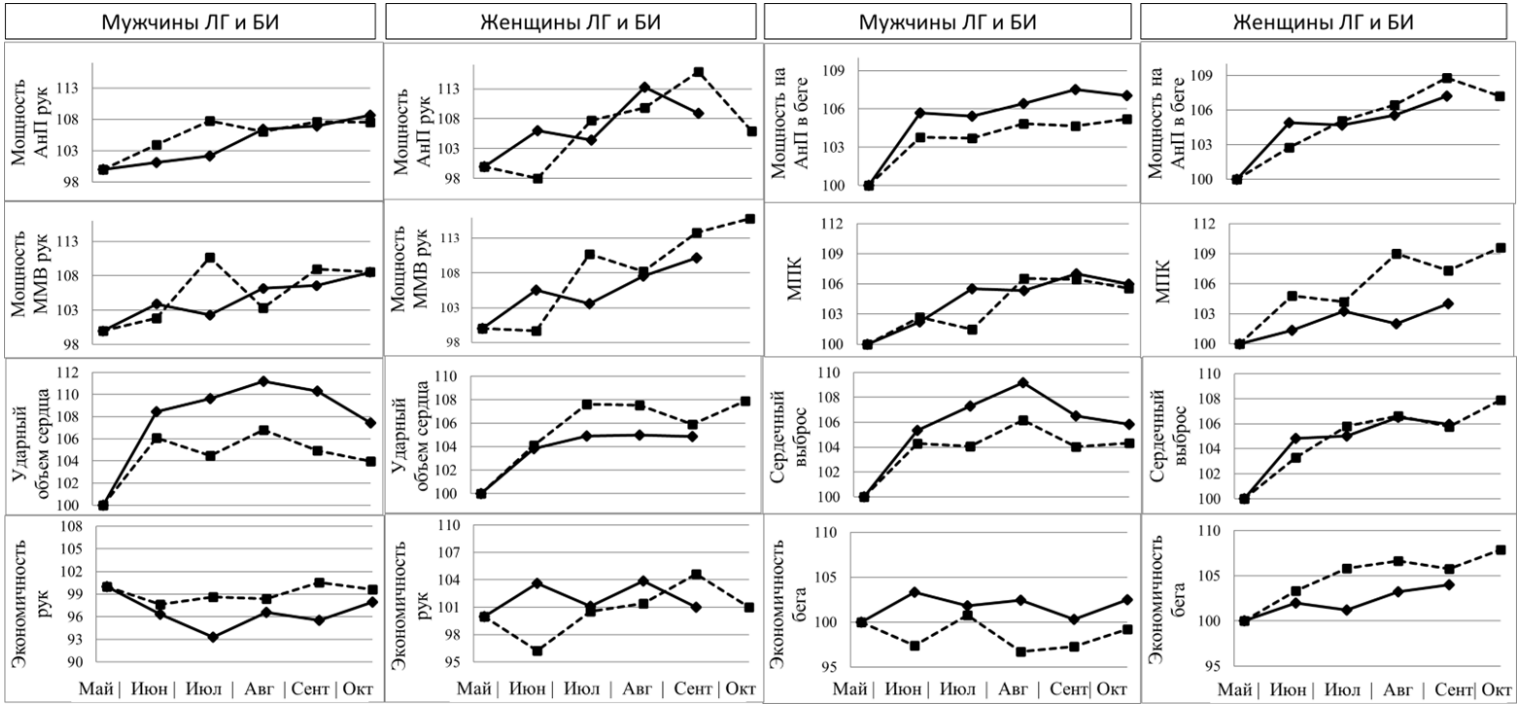
При визуальном анализе графиков на рисунках 31 и 32 можно также отметить, что значительная часть показателей возрастала до сентября – в пределах летнего макроцикла, который для части спортсменов завершался летними соревнованиями. Затем, в период нагрузочного «миниблока» в октябре, некоторые индексы имели тенденцию к снижению (в частности, силы и мощности АнП «рук»). Кроме этого, обращает на себя внимание, что УОС и МОК возрастали до августа, в то время как все показатели аэробных способностей – до сентября или даже октября.

Корреляционная структура динамики показателей (то есть степень однонаправленности/разнонаправленности «трендов», данные не приведены)) у ЛГ и БМ существенно отличается.



Примечание: «Рук» – показатели, зафиксированные при тестировании на лыжном эргометре.

Рис. 31 – Усредненная за период с 2014 по 2023 г. динамика антропометрических, силовых и мощностных показателей лыжников-гонщиков (сплошная) и биатлонистов (пунктир) высокого класса в подготовительном периоде макроцикла



Примечание: «Рук» – показатели, зафиксированные при тестировании на лыжном эргометре.

Рис. 32 – Усредненная за период с 2014 по2023 г. динамика показателей состояния сердечно-сосудистой системы, аэробных способностей мышц и экономичности лыжников-гонщиков (сплошная) и биатлонистов (пунктир) высокого класса в подготовительном периоде макроцикла

У ЛГ изменение тощих объемов и массы мышц в мае – октябре чаще отрицательно коррелируют с силовыми (сила, МАМ), аэробными (АнП) и кардиореспираторными (МПК, УОС и МОК) показателями (r = –0,12 – –0,44). И напротив, все силовые, аэробные и кардиореспираторные показатели коррелируют положительно между собой (r= 0,12–0,91).

У БИ динамика антропометрических индексов чаще положительно коррелируют с силой и мощностью мышц ног и рук, но отрицательно с показателями, отражающими ударный объем сердца и аэробные способности мышц (r= –0,11–0,38). Кроме этого, у биатлонистов-мужчин МАМ рук и ног, которые, как считается, отражают скоростные и мощностные способности спортсменов, отрицательно коррелируют с динамикой показателей, характеризующих ударный объем сердца (УОС, кислородный пульс на АнП при беге с палками на третбане) и с показателями аэробных способностей мышц плечевого пояса (АнП, мощность АнП, «сила» ОМВ)) (r= –0,15 – – 0,26). Однако у женщин БИ корреляция группы этих показателей положительна.

В контексте биомеханики движений наибольший интерес представляет взаимная динамика четырех интегральных показателей подготовленности:

– механической мощности (рук и бега);
– механической эффективности рук;
– экономичности бега.

Динамика мощности при работе руками в среднем по всем группам положительно синхронизирована со всей группой силовых, скоростно-силовых и мощностных показателей. Наибольший средний коэффициент корреляции (r= 0,68) выявлен с «силой/мощностью ОМВ», а также со всей группой показателей выносливости с максимальным значением (r= 0,50) у кислородного пульса при работе руками. Отрицательная взаимосвязь установлена с динамикой массы тела и мышц, а также объемом мышц нижних конечностей.

Динамика мощности при беге на третбане с палками в среднем по всем группам также положительно синхронизирована с силовыми, скоростно-силовыми и мощностными показателями, но только мышц плечевого пояса при тестировании на лыжном эргометре. Структура взаимосвязей с динамикой группы аэробных показателей та же, что и мощности рук, но максимальное значение (r= 0,48) зафиксировано у кислородного пульса при беге. Отрицательная взаимосвязь установлена с динамикой процента жира и объемом мышц нижних конечностей.

Динамика механической эффективности при работе руками положительно синхронизирована с группой всех силовых, скоростно-силовых

и мощностных показателей только мышц плечевого пояса при тестировании на лыжном эргометре, включая мощность на уровне АнП, а также, что примечательно, с процентом жира в теле.

Взаимосвязь с динамикой группы аэробных показателей ожидаемо является отрицательной, что следует из формулы расчета механической эффективности. Динамика экономичности при беге также положительно синхронизирована с МАМ и максимальным импульсом силы мышц плечевого пояса при тестировании на лыжном эргометре, включая мощность на уровне АнП при беге и работе руками, а также, что логично, с тощим объемом мышц пояса верхних конечностей. Взаимосвязь с динамикой группы аэробных показателей является отрицательной. Примечательно, что положительная корреляция установлена с соотношением динамики VO2 АнП Руки/VO2 АнП бег. То есть улучшение экономичности при беге в тренировочном сезоне связано с улучшением аэробных способностей при работе руками по отношению к работе ног (при беге).

Главным ограничением исследования являлось то, что динамика, а также величина сезонного «сдвига» показателей определялась на основе среднестатистических данных независимых, по сути, выборок спортсменов, тестируемых, соответственно, с мая по ноябрь. Ограничение сглаживалось большим объемом выборки (40–100 случаев в каждом месяце), представляющей одну и ту же генеральную совокупность спортсменов в категории «спортивная сборная команда РФ».

Обсуждение результатов

В этой части книги представлена помесячная динамика показателей, отражающих ход адаптации высококвалифицированных спортсменов в двух родственных видах спорта на выносливость к тренировочным нагрузкам в течение шести месяцев. Этот период включал в себя макроцикл подготовки к летним соревнованиям (май – сентябрь) и начальный этап подготовки к зимним соревнованиям (октябрь).

По результатам подтверждено, что в ответ на разницу в объемах нагрузок (напомним, глава 2), что ЛГ превосходили БИ прежде всего по объемам низкоскоростных низкоинтенсивных режимов аэробной тренировки, а также низкоскоростной силовой нагрузки разной интенсивности, выполняемой в зале и на местности, с высокой вероятностью можно утверждать, что различия именно в этих видах нагрузок явились причиной разницы между специализациями по большинству силовых и аэробных показателей. И наоборот, несущественная разница по нагрузкам в третьей-пятой зонах, а также по объему высокоскоростного-высокоинтенсивного силового режима (спринт/мощностная/взрывная тренировка), вероятно, привела к отсутствию разницы в МПК и к ми-

нимальной разнице в силовых, мощностных и скоростно-силовых показателях мышц ног.

Таким образом, можно сделать вывод, что ключевым фактором полученных различий в способностях ЛГ и БИ является разный объем тренировки в низкоскоростных низкоинтенсивных режимах аэробной и силовой тренировки.

Однако этому выводу противоречит отсутствие разницы в силе ног между ЛГ и БИ, при том что ЛГ имеют в 2,5 раза больший объем высокоинтенсивной силовой тренировки на ноги. Причиной может быть действие трех миогенных факторов:

– БИ больше используют коньковый стиль бега, при котором «время под нагрузкой» мышц в цикле шага больше в 1,5 раза;
– дополнительный вес винтовки увеличивает момент силы в коленном суставе, являясь дополнительным тренирующим фактором для мышц разгибателей ног;
– БИ использовали вариант техники, который в большей мерее «перегружал» мышцы бедра по сравнению с ЛГ [196, 435, 436].

Основным объектом исследования этой части работы была динамика хода адаптации спортсменов к аэробной и силовой тренировке в подготовительном периоде в связи с используемой периодизацией нагрузок, описанной во второй главе. Наиболее общей характеристикой современной периодизации в ЛГ и БИ является «классический вариант», когда объем силовых и аэробных нагрузок достигает максимума в самом начале годичного макроцикла (июнь – июль). Затем их общий объем снижается, но возрастает объем тренировок в четвертой-пятой зонах, в частности, в форме HIIT, а также степень специфичности нагрузки (доля СУ). При этом макроцикл начинается с массированного применения низкоскоростных низкоинтенсивных гипертрофических режимов силовой тренировки. Однако, в отличие от существующих представлений, эти режимы оказываются равномерно распределенными до ноября, выполняя, как представляется, функцию поддержания «анаболического статуса» организма, массы мышц, гипертрофии ОМВ, или создают какие-то другие полезные эффекты. При этом медленный высокоинтенсивный (НСВИ) начинает применяться только с июля. Однако использование высокоскоростного высокоинтенсивного (ВСВИ) режима сконцентрировано в июне – июле. Затем его объемы последовательно снижаются, вопреки предполагаемой его большей «специфичности» относительно других силовых режимов.

Таким образом, есть все основания для вывода, что российские тренеры эмпирическим путем подтвердили, во-первых, данные многочисленных исследований (глава 1), в которых не найдена разница между

эффективностью низко- и высокоскоростных режимов силовой подготовки для специальной подготовленности ЛГ и БИ, об этом говорит количественное преобладание объемов первых. Во-вторых, сами представления о бóльшей «специфичности» ВСВИ режимов, видимо, нуждаются если не в пересмотре, то в уточнении – спортсмены ЛЦВС, особенно лыжники, используют НСНИ, НССИ и НСВИ режимы даже на ЭНП гораздо шире, чем «специфический» ВСВИ режим (рисунок 28, таблица 8). Правда, у биатлонистов эта тенденция в соревновательный период не прослеживается. Но нет оснований считать, что это более рациональный вариант.

В то же время существуют противоположные данные, приведенные в главе 4. Будет показано, что в экспериментальной группе биатлонистов, применявшей «классический» вариант периодизации силовой тренировки («гипертрофия» → «максимальная сила» → «быстрая или взрывная» сила), которая, к слову, не использовалась в сборной команде России до 2022 года, удалось обеспечить рациональную динамику кинематики ООКХ в подготовительном периоде.

Анализ динамики показателей тестирования позволяет сделать еще несколько выводов.

Во-первых, так как показатели аэробных способностей и максимальной силы мышц возрастали почти синхронно, можно предположить, что современная периодизация нагрузок может преодолевать конкурентное взаимодействие аэробной и силовой нагрузки, другими словами, в реальной тренировке, вероятно, не существует антагонизма между улучшением аэробных и силовых способностей спортсменов и, более того, есть основания считать, что они создают синергичный эффект. Причем речь идет о «качестве», но не о массе мышц, так как у ЛГ мышечная масса и объемы конечностей не увеличиваются, а у БИ они даже имеют тенденцию к снижению (рисунок 31). Во-вторых, такой вариант распределения и сочетания разных тренировочных режимов и объема нагрузок позволяет достичь к моменту соревнований (сентябрь) одновременного пика: МПК; аэробных способностей мышц ног, плечевого пояса и рук; пороговой механической мощности; максимальной силы; анаэробной мощности мышц спортсменов (рисунки 31, 32).

В то же время следует обратить внимание на то, что к летним стартам ЛГ по сравнению с БИ в среднем имеют более выраженную положительную динамику многих важных показателей. У БИ ряд важных показателей после июля выходит на «плато» или даже снижается. Но это не относится к МПК, мощности на АнП и экономичности при работе руками. В этом, возможно, проявляется иная стратегия адаптации, выбранная тренерами по биатлону, когда относительно высокие объемы HIT (третья-пятая зоны)

и мощностных нагрузок позволяют им оптимизировать тренировочное время, которое необходимо для стрелковой подготовки, но при этом в максимальной степени и в «нужное время» улучшать ключевые показатели выносливости – МПК, АнП и экономичность.

Однако общим для ЛЦВС является то, что с мая по октябрь мощность АнП лучше всего апроксимируется линейной функцией. Возможно, что улучшение именно этой способности спортсменов является «целевой задачей» тренировки в подготовительном периоде и, следовательно, может использоваться как основной критерий эффективности тренировки в этот период.

Достаточно неожиданным является рассогласование по времени динамики показателей МПК и АнП с основными показателями кардиодинамики – индексами УОС и МОК. Предполагаем, что на реакцию этих показателей решающее влияние оказывают объемы низкоинтенсивной аэробной нагрузки в первой – третьей зонах (рисунок 27), так как их динамика в подготовительном периоде совпадает.

Также установлено, что, несмотря на существенную разницу в тренировочных объемах, средний диапазон изменения разных показателей в макроцикле у ЛГ (6,9%) и БИ (6,2%) существенно не различается. Таким образом, амплитуда «средней подготовленности», вероятнее всего, обусловлена традиционно применяемой в России периодизацией нагрузок, включающей относительно (например, норвежцев) длительный переходный период.

Однако показатели разделились на «консервативные» и «реактивные», некоторые различия стоит обсудить и в связи с разницей спортсменов по факторам «спорт» и «гендер».

Наибольшая средняя амплитуда изменений у ЛГ и БИ была у максимальной силы мышц плечевого пояса и ног, а также всех пороговых показателей при работе руками. Высокая амплитуда силовых показателей может быть связана с тем, что объем силовой тренировки резко снижается в соревновательный и переходный периоды [88, 425]. Поэтому показатели силы существенно снижаются к началу подготовительного периода. Затем спортсмены вынуждены их восстанавливать, так как силовые возможности важны для поддержания высокого уровня выносливости, в том числе за счет определенных и важных для скорости кинематических параметров СУ (глава 4). В отношении пороговых индексов можно вспомнить, что ферментативные белки митохондрий более лабильны, чем структурные белки, а в мышцах плечевого пояса, по сравнению с ногами более высокая доля быстрых МВ, годовая нагрузка на которые распределена, очевидно, менее равномерно и ее доля существенно ниже, чем нагрузка на медлен-

ные МВ. В совокупности это может явиться причиной высокой годовой вариативности показателей АнП

Отметим, что, несмотря на слабую тенденцию прироста мышечной массы (в среднем 2,8%, таблица 18), прирост силовых показателей был в несколько раз выше, но достоверного уровня изменение достигло только в отношении мышц плечевого пояса. У ЛГ прирост был более выражен, чем у БИ. С высокой вероятностью и большая реактивность лыжников по проявлению максимальной силы, и больший сдвиг показателей плечевого пояса обусловлены бóльшим объемом силовой тренировки ЛГ, особенно направленного на плечевой пояс [425], и из-за большего применения НСВИ режима (глава 2).

Аналогичная картина наблюдалась в отношении изменения мощностных показателей: взрывной силы и МАМ. Эти показатели имели достоверные изменения только при тестировании плечевого пояса. Однако по этим показателям у ЛГ не было заметно большего прироста в подготовительном периоде по сравнению с БИ. Видимо, здесь снова сказалась структура силовых нагрузок – биатлонисты имели одинаковые с лыжниками объемы в использовании ВСВИ режима во всех его формах, сильно уступая в объеме низкоскоростных (таблица 8).

Однако в целом можно сделать вывод, что больший объем ВСВИ режима у биатлонистов и женщин не сказался положительно на сезонном сдвиге ни одного показателя. И напротив, больший объем НСВИ приводил к лучшим результатам в тех выборках, где он применялся шире. Это может служить косвенным подтверждением ранее полученных данных о высокой эффективности НСВИ режима для лыжных циклических видов спорта [189].

С точки зрения динамики по месяцам подготовительного периода показатели максимальной силы и МАМ при работе руками возрастали практически линейно с небольшой тенденцией к «насыщению». Это, с одной стороны, вполне соответствует закону адаптации, известному как «закон привыкания (аккомодации)» [437], но, с другой, на рисунке 28 показано, что и объемы НСВИ и ВСВИ режимов, так же, как общий объем силовой тренировки, снижались, причем по гораздо большему градиенту. Поэтому «насыщающийся» вид кривой не удивителен, более примечательна близость к линейности.

Динамику показателей, отражающих производительность сердечно-сосудистой системы (О2-пульс, ударный объем, минутный объем крови, МПК), можно было разделить на две группы (рисунок 32). В первую вошли два взаимосвязанных показателя, отражающих динамику ударного объема сердца и минутный объем крови. Как уже отмечено, эти

два индекса повторили динамику общего объема циклической нагрузки (рисунок 27), а также динамику объема первой-второй зон, причем даже в деталях, отличающих ЛГ от БИ, а мужчин от женщин. В этой связи закономерен вывод, что эти параметры работы сердечно-сосудистой системы в существенной степени отражают объем низкоинтенсивной работы «на аэробную выносливость». Это подтверждает хорошо устоявшиеся представления.

Во вторую группу по форме динамики вошли показатели, связанные не только с насосной функцией крови сердечно-сосудистой системы, но и с потреблением кислорода. Это кислородный пульс и МПК при беге. Несмотря на то, что их динамика также имела тенденцию к «насыщению», степень замедления существенно меньше (рисунок 32). Этим О2-пульс и МПК могут быть соотнесены с динамикой силовых показателей. Например, МПК, особенно у биатлонистов, практически линейно возрастает до октября.

Однако в целом показатели наиболее быстро растут в первые два-три месяца вместе с увеличением объема аэробной и силовой тренировки, подавляющий объем которой (50–80%) выполняется на этом этапе в форме НСНИ и НССИ режимов. Этим косвенно подтверждаются результаты проведенного ранее исследования на лучших российских лыжниках спринтерах [43], где показана высокая эффективность сочетания низкоскоростных силовых и аэробных режимов в отношении потребления кислорода, но не мощности на Ан П.

Все показатели, характеризующие параметры анаэробного порога при работе руками на лыжном эргометре и при беге («мощность ОМВ», О2-пульс, потребление кислорода), имели наиболее высокую амплитуду изменения (рисунок 32 и таблица 18). «Мощность окислительных МВ», которая характеризует одновременно силовые и аэробные показатели спортсменов [43], во всех выборках практически линейно улучшалась за время наблюдения. Почти такую же общую динамику имело пороговое потребление кислорода при беге. Кислородный пульс и потребление кислорода при работе руками имели форму «насыщающейся кривой», но при большей амплитуде. Подтвержден факт большей реактивности всех показателей, связанных с работой руками. Среди различий по фактору «спорт» можно выделить только более высокую амплитуду изменения потребления кислорода при беге у БИ, а по гендерному признаку – преимущество мужчин по кислородному пульсу и потреблению кислорода при работе руками.

Таким образом, анализ динамики всех пороговых показателей косвенно подтверждает, что ее форма в первую очередь может быть связана

с массированным применением низкоскоростных как силовых (НСНИ), так и аэробных упражнений (третья зона) в первые три месяца подготовительного периода. Последующее включение более интенсивных режимов дополнительного стимула не придало, но позволило поддержать положительную динамику до сентября.

В связи с тем, что в ЛЦВС практически отсутствует возможность тестировать спортсменов в основном соревновательном упражнении в весенне-летний период, в качестве оценки указанных параметров в НМО использовались их ближайшие аналоги: мощность при работе руками на лыжном эргометре и бег в подъем на третбане с лыжными палками. Отметим, что бег с палками предпочтительнее бега на роллерах на лыжном третбане летом для тестирования аэробных функций спортсменов, даже несмотря на его меньшую специфичность относительно СУ по нескольким причинам:

– локомоция имитирует бег, лыжную шаговую и прыжковую имитацию, которые занимают до половины объема циклической нагрузки в подготовительный период в ЛЦВС;
– бег на третбане в наклон менее травмоопасен;
– упражнение намного проще координационно, чем бег на роллерах на третбане, поэтому на значения тестируемых показателей не влияет фактор техники;

Возможно, что по указанным причинам бег в подъем позволяет получать у лыжников более высокие значения МПК, чем бег на лыжероллерах на лыжном третбане «до отказа». То есть такой тест из-за меньшего числа «сбивающих факторов» и более высоких требований к энергообеспечению бега с имитацией лыжного хода в подъем по сравнению с лыжероллерами позволяет лучше оценивать изменения в кислородтранспортных возможностях спортсменов, что в подготовительный период является приоритетным, в то время как оценка технических параметров и их динамики – это другая задача, которая решается другими методами (глава 4).

Характеристики экономичности заметно разделились между работой руками и бегом. В первом случае наблюдалась близкое к линейному улучшение, хотя и на небольшую амплитуду, во втором – тенденция не только к улучшению, но и ухудшению, особенно в выборках биатлонистов (М+Ж) и мужчин (ЛГ+БИ).

Такой феномен можно объяснить на основе представлений о «специфичности» упражнения основному соревновательному. Работа на лыжном эргометре – наиболее близкий аналог одновременному бесшажному ходу, который используют в тренировочном процессе и лыжники, и биатлонисты. А бег с палками хотя и имитирует бег, лыжную шаговую и прыж-

ковую имитацию, все же биомеханически достаточно далек от бега на лыжах по снегу, особенно коньковых ходов биатлонистов. Поэтому по мере приближения к предсоревновательному этапу, когда тренировка становится более специфична в отношении СУ (возрастание доли нагрузок в четвертой-пятой зонах в форме СУ в ООЦН), экономичность бега с палками гипотетически может снижаться, что и регистрируется в тестах.

Таким образом, отсутствие положительной динамики экономичности при беге может объясняться уменьшением в тренировке доли специфических тесту локомоций и увеличением доли неспецифических силовых режимов.

В то же время эти данные поддерживают гипотезу, что экономичность у элитных спортсменов, вероятнее всего, не является функцией «экономизации работы физиологических систем». Это подтверждает заключение, сделанное в первой главе. В этом случае экономичность скорее связана: а) с «хорошей настройкой» двигательного аппарата спортсменов под требования используемой системы движений; б) применением специфических режимов сокращения мышц; в) с собственно рациональностью самой техники. Это хорошо укладывается в современные представления. Тогда положительная динамика экономичности биатлонистов при работе на лыжном эргометре может свидетельствовать о том, что для БИ из-за специфики их бега с винтовкой этот тест является более специфичным, чем для ЛГ, но этот вывод нуждается в проверке.

Наибольшую среднюю по всем командам сезонную вариативность имел ИФП, динамику которого можно считать интегральным отражением хода адаптации организмов спортсменов в подготовительном периоде. В целом, можно отметить, что в начале на общеподготовительном этапе идет относительно быстрое восстановление утраченных за время соревновательного периода и переходного этапа физических кондиций. Затем, после выхода на максимальные объемы (июль) и их поддержания в течение трех-четырех месяцев (рисунки 27 и 28), скорость адаптации в отношении физической подготовленности снижается, достигая «пика» в сентябре (рисунок 30). Это полностью согласуется с имеющимися представлениями, в частности, с упомянутым законом «привыкания (аккомодации)» [437].

В качестве вопроса для будущих исследований можно отметить, что в настоящее время непонятно, будет ли «сглаживание» годовой динамики, то есть процессов «адаптации – деадаптации», способствовать повышению спортивных результатов или нет. С одной стороны, спортсменам необходимо отдыхать, с другой – любая адаптация требует

больше ресурсов, чем ее поддержание. Поэтому вопрос, являются ли установленные в нашем исследовании параметры сезонной вариативности оптимальными или нет, должен стать предметом дополнительных исследований.

Из данных таблицы 18 следует, что единственным показателем морфологического статуса спортсменов, достоверно изменяющимся в группах ЛГ, является масса жира. Данное наблюдение соответствует выводам ряда исследований, подтвердившим положительную роль снижения массы тела к началу соревновательного периода за счет ее жирового компонента как одного из факторов обеспечения преимущества на дистанции в ЛЦВС. Но в группе биатлонистов аналогичных изменений не выявлено.

По всем показателям, включая процент жира у ЛГ, в первые два месяца (май – июль) подготовительного периода наблюдалась нейтральная динамика массы тела при возрастании массы мышц и снижении процента жира. Затем тенденции изменились на противоположные. Общий анаболический эффект при улучшении состава тела объясняется применением в этот период наибольших в сезоне объемов НСНИ и НССИ режимов (рисунок 28), а также наибольшей долей силовых нагрузок относительно аэробных (таблица 10).

Лучший анаболический эффект тренировки женщин до августа, особенно лыжниц, может также объясняться большей, чем у мужчин, долей силовой тренировки относительно аэробной в июле – октябре и в целом за подготовительный период (таблица 10), а также большей долей НССИ режима в июле – сентябре и в целом за период.

Вторым существенным моментом, связанным с морфологическими показателями, является тенденция потери биатлонистами положительной динамики состава тела после июля. Единственным фактором, который мог повлиять на снижение массы и объема мышц, особенно плечевого пояса и рук у биатлонистов, является резкое возрастание и сохранение высокой доли ВСВИ относительно низкоскоростных режимов, начиная с июня – июля (рисунок 28). И напротив, лыжники-гонщики, начиная с июля, в добавление к НСНИ и НССИ выходят на максимальные объемы НСВИ режима (максимальной силы) и поддерживают его до конца подготовительного периода.

Использование биатлонистами большей доли НССИ режима, видимо, не могло компенсировать негативного эффекта, особенно на фоне более чем на четверть меньшего суммарного объема силовых нагрузок у биатлонистов (таблица 8). Ускорение прироста мышечной массы у лыжников в октябре, высоко вероятно, было связано со вторым «миниблоком» силовой тренировки.

Отрицательный анаболический баланс биатлонистов и соответствующая потеря мышечной массы к предсоревновательному этапу могут иметь негативные эффекты в отношении спортивного результата, особенно во второй половине соревновательного периода – в период главных стартов. Это как раз и наблюдалось у российских биатлонистов в ряде сезонов [197]. Тем более, как нами было показано ранее, высокая гипертрофия мышечных волокон в «рабочих мышцах», вероятно, является обязательным условием высокой результативности в циклических видах спорта [62].

3.3 Сезонная динамика спортивного результата у спортсменов ЛЦВС

На рисунках 33 и 34 представлена усредненная динамика спортивной результативности лыжников-гонщиков (15 км и скиатлон) и индекса дистанционной скорости в спринте у биатлонистов-мужчин – призеров ОЗИ и ЧМ (далее – «призеры»), а также аналогичные графики трех лучших спортсменов ведущих команд мира, усредненные в соревновательные периоды 2018/19–2021/22 гг. В расчет принимались те годы, когда проводились ЧМ и ОЗИ.

Для оценки динамики результативности лыжников в течение соревновательного периода использовался показатель «среднее количество очков», набранное за выбранный период национальными лидерами в соответствующих дисциплинах и призерами ЧМ и ОЗИ на тех же дистанциях (15 км и скиатлон).

Очки в каждой гонке определялись следующим образом: за первое место присуждается 60 очков, за второе 54, за третье 48 и т. д. Затем очки усреднялись для каждой гонки, каждого спортсмена и каждой команды в рамках данных соревнований.

Скорость биатлонистов в гонке оценивалась путем расчета «коэффициента дистанционной скорости» относительно шести лучших в каждой спринтерской гонке [197].

Получено, что динамика спортивного результата (занятого места) лыжников, который является функцией средней дистанционной скорости относительно соперников, а также аналогичного показателя биатлонистов, различаются у представителей двух видов спорта.

Призеры-биатлонисты (рисунок 33) начинали сезон с высоким уровнем гоночной готовности, затем после первых трех ЭКМ они, видимо, в течение 2–2,5 месяцев концентрировались на подготовке к главному старту (ГС), достигая лучшей относительной скорости в период проведения ЧМ.

Лыжники-призеры (рисунок 34) начинали сезон относительно скромно, но затем, в течение трех месяцев, выступая по ходу на Tour de Ski, планомерно улучшали свою готовность с пиком на ЧМ или ОЗИ.

Если рассматривать стратегию подготовки отдельных биатлонных и лыжных команд, то разница заключается в том, что две из трех лучших команд в биатлоне (Норвегия и Россия) не достигали лучшей гоночной готовности к моменту ГС, в то время как дистанционная скорость французов четко повторяла динамику призеров.

В то же время в лыжных гонках динамика дистанционной скорости относительно соперников была и у призеров, и у лучших представителей основных лыжных держав практически идентичной с достижением пика на ГС.

На основании таких данных можно сделать два вывода.

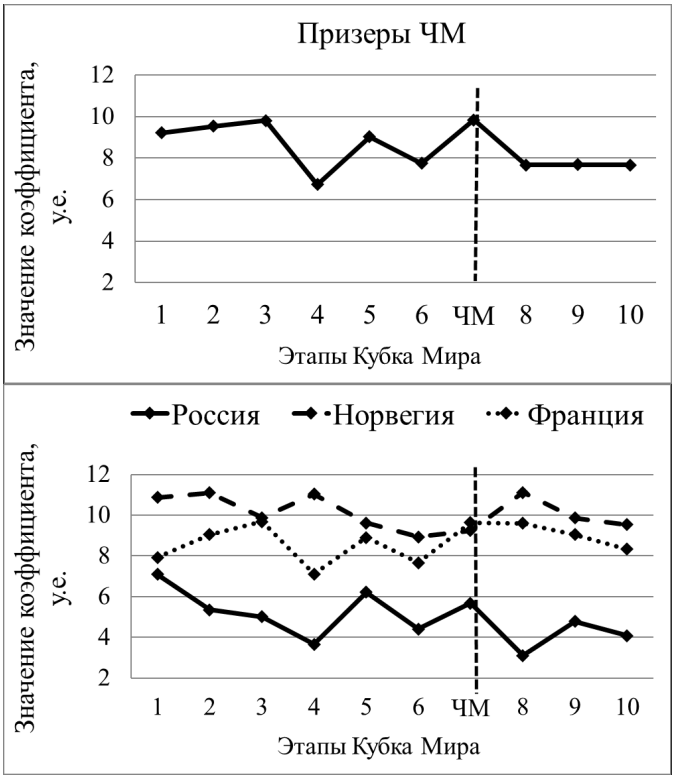


Рис. 33 – Динамика индекса дистанционной скорости относительно шести лучших спортсменов в каждой спринтерской гонке [197] в соревновательном периоде всех биатлонистов – призеров ЧМ в 2019/20–2020/21 гг., а также аналогичные данные по трем лучшим спортсменам российской, норвежской и французской команд (мужчины)

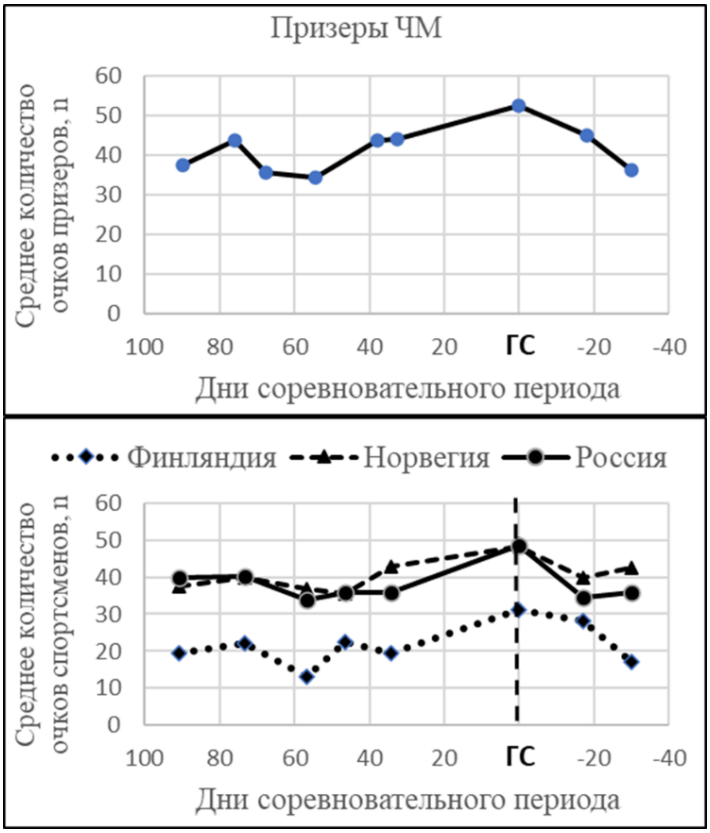


Рис. 34 – Динамика средней спортивной результативности в соревновательном периоде всех мужчин лыжников-гонщиков призеров ЧМ (2019, 2021 гг.) и ОЗИ (2022 г.), а также аналогичные данные по трем лучшим на ЧМ спортсменам российской, норвежской и финской команд. ГС – главный старт

Вероятнее всего, существует методика, которая позволяет спортсменам в ЛЦВС достигать пика спортивной формы к главному старту в отношении скорости бега. Это следует из примера лыжников и французских биатлонистов относительно норвежских и российских биатлонистов. Причем в данном случае не существует какой-то «особой специфики» биатлона, связанной со стрельбой. Например, на рисунке 35 представлена динамика не скорости, а спортивного результата призеров и лучших команд в биатлоне, посчитанного по той же методике, что и у лыжников, только выраженная в процентах [197]. Видно, что и призеры, и французская команда имели четкий пик спортивного результата на ГС.

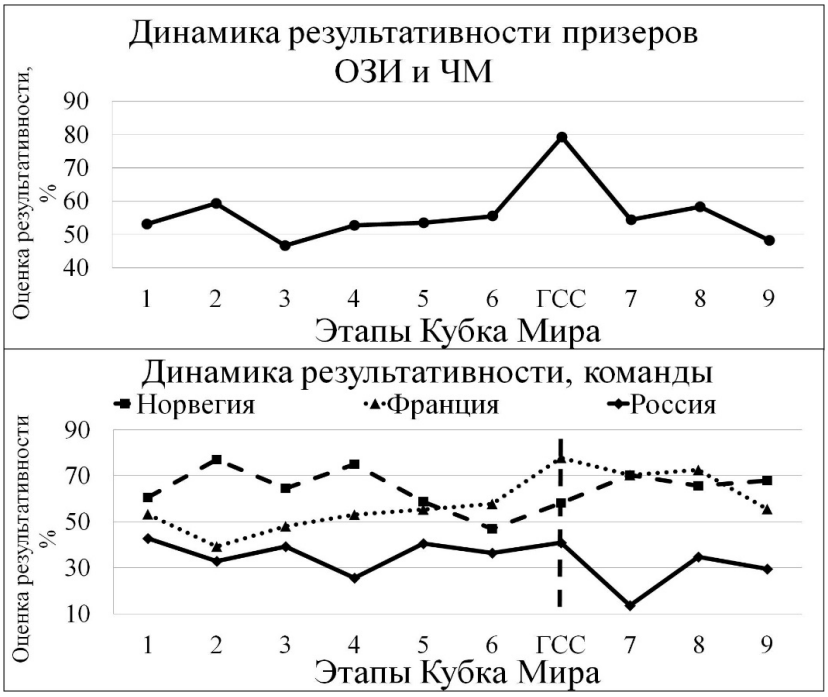


Рис. 35 – Динамика средней спортивной результативности в соревновательном периоде всех мужчин-призеров ЧМ за период 2018/19–2020/21 гг., а также аналогичные данные по российской и зарубежным мужским командам [197]

Таким образом, возникает существенный для практики вопрос об особенностях подготовки, позволяющей показать лучшую дистанционную скорость в гонках главного старта.

Данный вопрос может рассматриваться в контексте тренировки в течение всего годичного макроцикла, соревновательного периода и этапа непосредственной подготовки к главному старту (ЭНП). Первый аспект значимый и многофакторный, материалы подготовлены, но объем книги не позволяет их включить. Они будут опубликованы отдельно.

В этом разделе рассматривается динамика основных нагрузок российских биатлонистов и лыжников в рамках соревновательного периода по основным компонентам циклической и силовой подготовки (рисунок 36).

В силу различных сроков проведения ГС и высокой временной вариативности структурных элементов периодизации данные представлены в виде четырехнедельного микроцикла, который выделен для разных спортсменов и команд в период с конца ноября и до последней декады декабря, начиная с первого дня после завершения первого ЭКМ,

и обработан по методике, описанной в разделе 2.2, а также в виде восьминедельного ЭНП (январь, февраль), который заканчивался первым днем гонок на ГС.

Если рассматривать общие объёмы циклической и силовой нагрузки, то обращает на себя внимание следующее. Случайно или нет, но динамика общих объемов повторяет динамику дистанционной скорости и лыжников, и биатлонистов, – главным образом, по объемам работы в пнрвой-второй, третьей зонах и СУ, а также низкоскоростных силовых режимов (НСНИ и НСВИ). У лыжников динамика восходящая (рисунок 34), у биатлонистов – нисходящая (рисунок 33) с учетом одно-двухнедельного сдвига на «суперкомпенсацию» после микроциклов с повышенными объемами (например, как при «пикинге»).

Второе основное различие наблюдается в объемах силовой тренировки и в структуре ее режимов. Лыжники, как следует из анализа объемов, весь соревновательный период выполняли одну-две полноценных силовых тренировки, причем в низкоскоростных режимах (НСНИ и ВСВИ) с добавлением нескольких подходов на «взрывную силу» в неделю. При этом они не использовали ВСВИ режим в форме спринта и прыжков.

Биатлонисты, напротив, силовую тренировку практически не использовали, только эпизодически и без системы применяя на ЭНП упражнения в «гипертрофическом» (НССИ) режиме с добавлением спринта. Случайно или нет, но снова можно отметить, что периоды относительно высокой дистанционной скорости биатлонистов (например, на первом – третьем, пятом ЭКМ и ГС) совпадают:

– с применением в этот период силовой тренировки в относительно заметных объемах;
– оба небольших «пика» скорости (5 ЭКМ и ГС) приходятся на периоды «суперкомпенсации» после небольших всплесков в применении силовых упражнений, неспецифического аэробно-силового режима и тренировки в первой-второй зонах.

Правда, некоторое влияние на скорость могут иметь и манипуляции с объемами интенсивной циклики (четвертая-пятая зоны). Насколько нам известно, подобное сравнительное исследование в ЛЦВС, в частности с участием биатлонистов, проводится впервые (ранее исследовался ЭНП лыжников и спортсменов других ЦВС [5, 89, 438]), поэтому делать окончательные выводы преждевременно. Тем не менее полученные материалы являются как минимум основанием для дальнейшего исследования теории и практики тренировки биатлонистов.

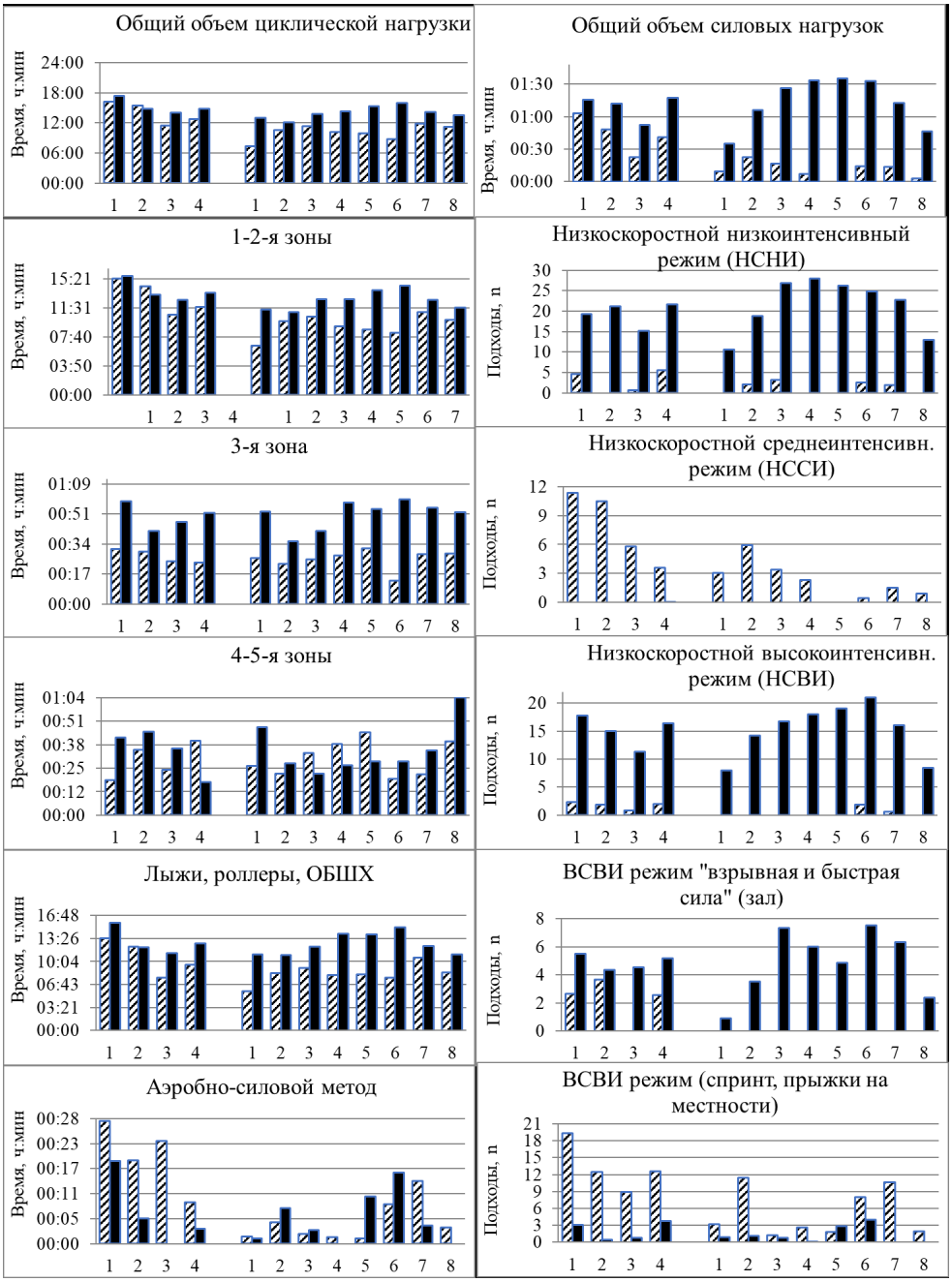


Рис. 36 – Периодизация циклических и силовых нагрузок у лыжников-гонщиков и биатлонистов сборных команд России в рамках четырехнедельного мезоцикла (конец ноября – декабрь) и восьминедельного этапа непосредственной подготовки к главному старту (январь, февраль) в соревновательный период сезонов 2018/19–2020/21

3.4 Многолетняя динамика спортивного результата и физической подготовленности у спортсменов высокого класса в ЛЦВС

3.4.1 Многолетняя динамика показателей физической подготовленности

Анализ взаимосвязи отдельных показателей с возрастом, кроме оценки их влияния на спортивную результативность, интересен также со следующих позиций:

а) выявления того, какие способности тренируемы (имеют потенциал к росту) у взрослых спортсменов высокого класса, а какие должны быть выведены на требуемый уровень в более молодом возрасте, то есть на стадии подготовки резерва сборной [439];

б) определения возраста наивысшего развития по данному параметру.

В этой части исследования использованы результаты тестирования всех российских лыжников-гонщиков и биатлонистов (мужчины) и женщин-биатлонисток в возрасте 20–30 лет, входящих в состав спортивной сборной России в 2014–2022 гг., которые регулярно проходили этапные комплексные обследования в Центре спортивной подготовки (Москва) в рамках системы НМО. В расчет принимались данные, полученные в период с августа по октябрь каждого сезона.

В первой части обсуждается возрастная динамика показателей всей выборки спортсменов за восьмилетний период.

Во второй части – динамика одних и тех же спортсменов (12 мужчин и 7 женщин) за пятилетний период.

На рисунках 35–39 представлены «корреляционные облака» зависимости показателей от возраста, аппроксимируемые полиномом вторго третьего порядков, а также значения индексов детерминации.

Получено, что динамка спортивного результата (расчетного Рейтинга IBU и FIS [197]) российских биатлонистов и лыжников-мужчин положительно связана с возрастом (рисунок 37). У мужчин результативность быстро возрастает до 23–24 лет, затем наблюдается медленный положительный тренд до 28 лет. У женщин после быстрого прироста до 24–25 лет результативность практически не меняется.

Все тенденции возрастных зависимостей показателей подготовленности у биатлонистов и лыжников были схожими, но у биатлонистов объемы выборок были больше – это позволяет выявить закономерности более надежно, поэтому для экономии места графики приведены только для выборки биатлонистов.

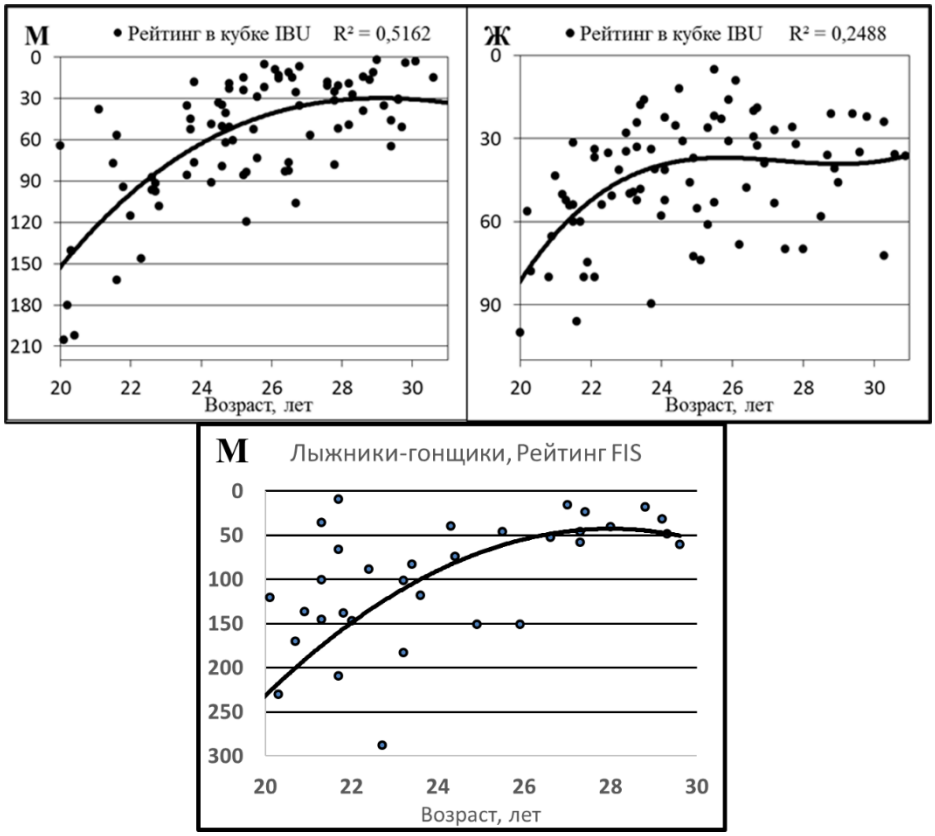


Рис. 37 – возрастная динамика расчетного Рейтинга в Кубке IBU российских биатлонистов и Рейтинга FIS лыжников-гонщиков, аппроксимированная полиномом третьего порядка

У мужчин какая-либо возрастная динамика антропометрических показателей, характеризующих мышечный и жировой компоненты тела, отсутствует (рисунок 38). У женщин с возрастом снижаются тощие объемы и доля жира в теле ($0{,}04<p<0{,}01$).

Аэробные способности представлены потреблением кислорода на уровне МПК и АнП, кардиореспираторные – индексами ударного и минутного объемов сердца, а также O2-пульсом, который является интегральным показателем всех звеньев «кислородного каскада» (рисунок 39). Из графиков следует, что у женщин имеется четкая возрастная положительная динамика показателей, отвечающих за аэробные способности спортсменок с пиком около 28 лет, затем – некоторое снижение. У мужчин показатели возрастают до 24–25 лет, затем практически стабилизируются.

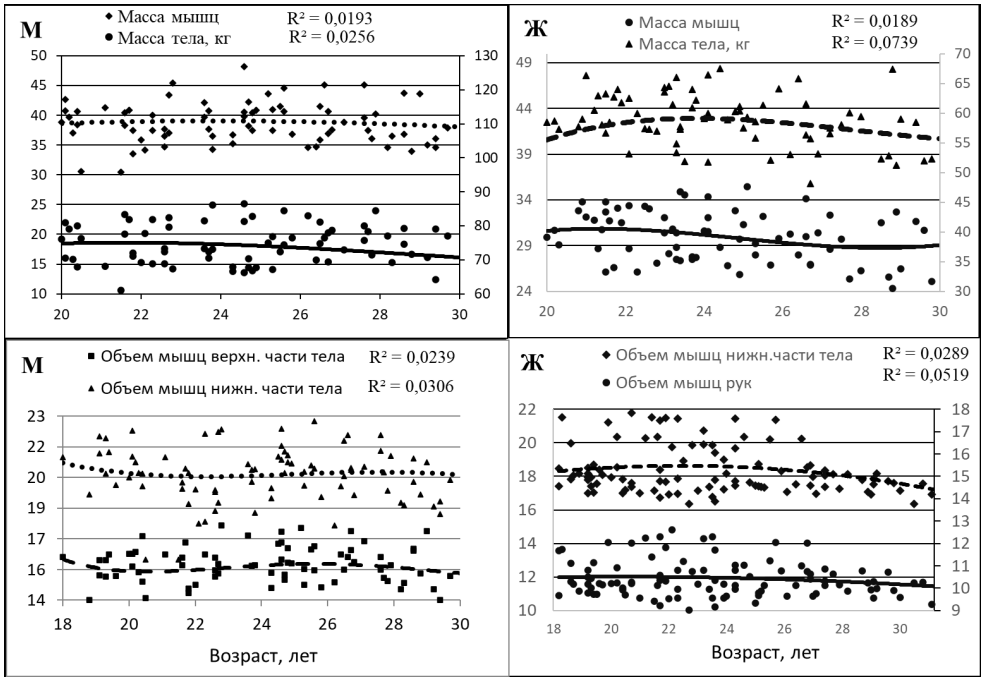


Рис. 38 – Возрастная динамика антропометрических индексов и соответствующие значения индекса детерминации у российских биатлонистов высокого класса (М – мужчины, Ж – женщины)

Почти все показатели аэробных и кардиореспираторных функций в обеих командах положительно и достоверно связаны с возрастом, несмотря на нелинейность графиков. Соответственно, ЧСС на АнП последовательно снижается. Следует обратить внимание, что экстремумы большинства показателей, ответственных за аэробные способности, не совпадают с экстремумами спортивной результативности (расчетный рейтинг IBU – см. [197]).

Значения силовых, взрывных показателей максимальной алактатной мощности (МАМ) представлены на рисунке 40. Достоверная отрицательная динамика у женщин имеет место в отношении максимальной силы и МАМ мышц ног. У мужчин показатели не имеют достоверной связи с возрастом, но заметен положительный тренд у силы и МАМ.

Можно отметить, что в обеих командах с возрастом имеется тренд на снижение максимальной частоты (увеличение импульса силы) движений руками и взрывных способностей мышц ног.

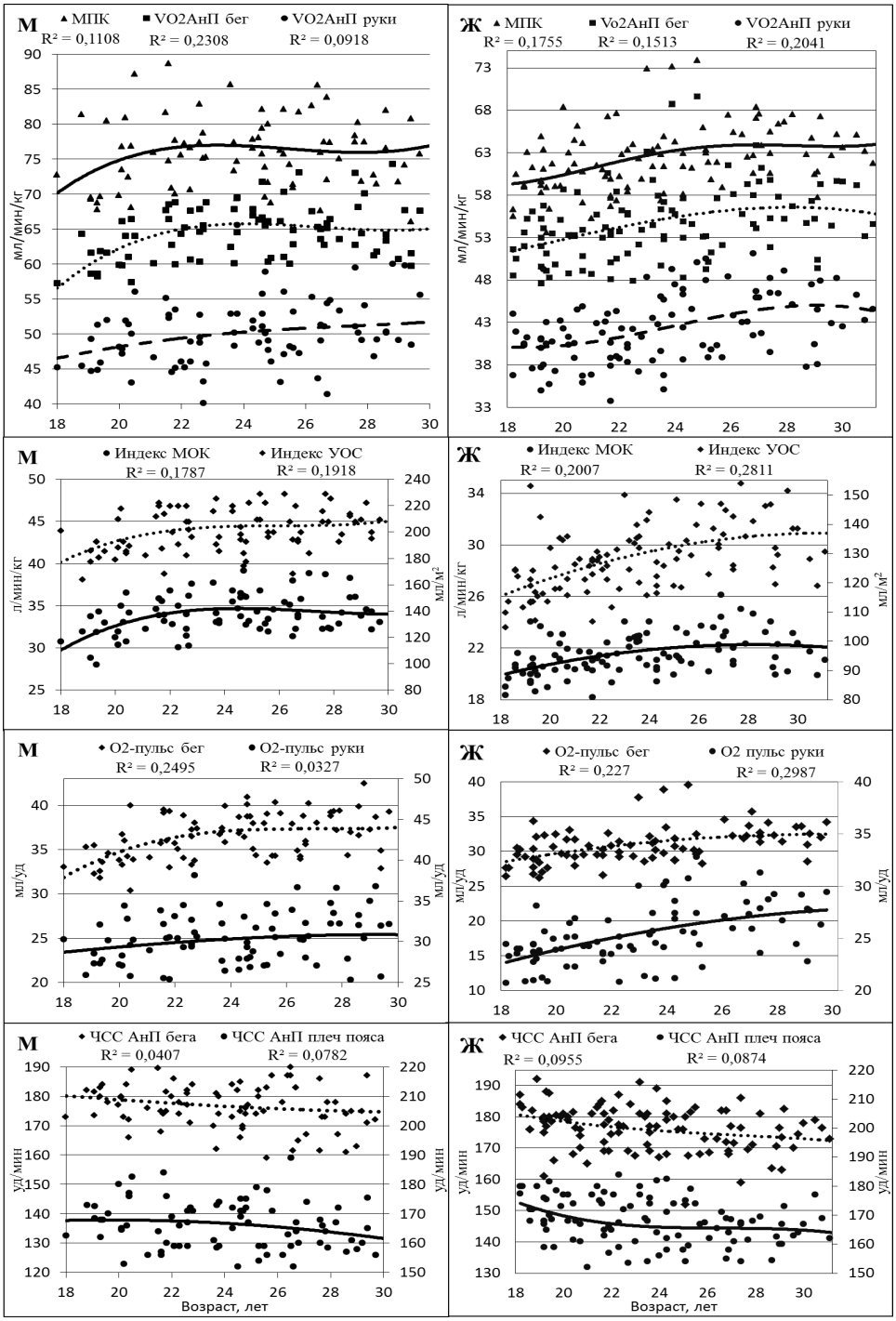


Рис. 39 – Возрастная динамика аэробных и кардиореспираторных показателей и соответствующие значения индекса детерминации у российских биатлонистов высокого класса (М – мужчины, Ж – женщины)

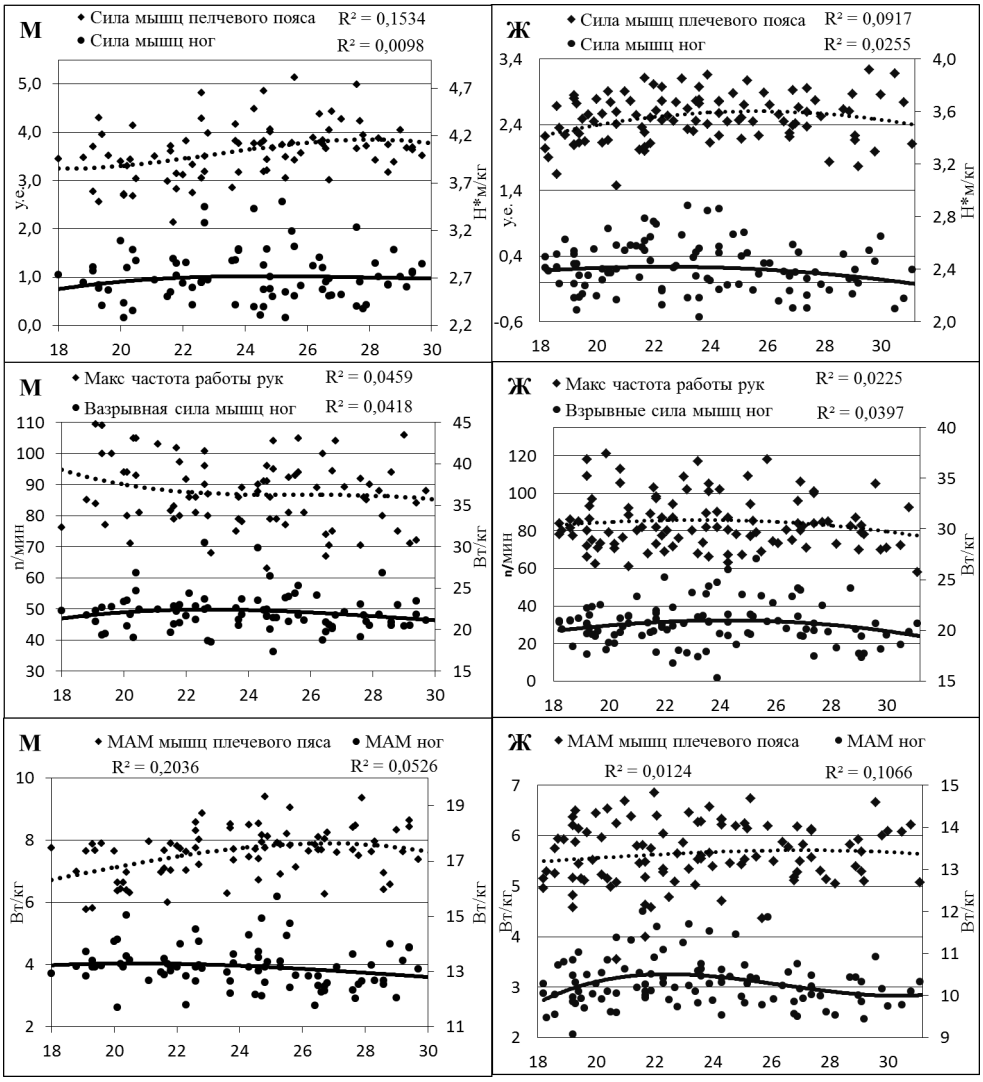


Рис. 40 – Возрастная динамика силовых, взрывных и мощностных показателей и соответствующие значения индекса детерминации у российских биатлонистов высокого класса (М – мужчины, Ж – женщины)

«Реализационная составляющая» подготовленности спортсменов представлена показателями механической эффективности (экономичности) и механической мощности на уровне анаэробного порога (рисунок 41). Достоверная положительная возрастная динамка имеется в отношении пороговой мощности на АнП в обеих командах, в то время как механическая эффективность имеет положительную связь с возрастом только при работе руками и только у биатлонистов – у ЛГ такого тренда нет. Вероятная причина в том, что, как уже обсуждалось, работа на лыжном эргоме-

тре – более специфический тест в ЛЦВС, чем бег с палками на третбане, особенно с учетом факта, что биатлонисты не тренируют классический стиль лыжных ходов, который, собственно, и имитируется бегом с палками.

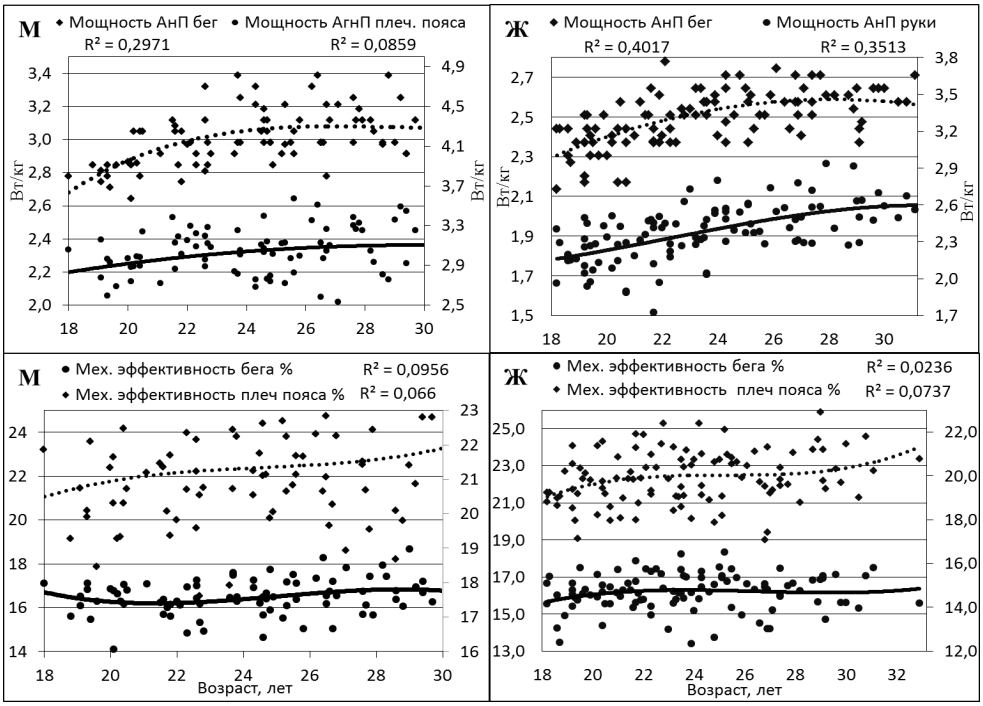


Рис. 41 – Возрастная динамика показателей, характеризующих «Реализационную составляющую» и индекс детерминации у российских биатлонистов высокого класса (М – мужчины, Ж – женщины)

Представленные выше зависимости имеют существенное ограничение, связанное с тем, что значения показателей представлены для разных спортсменов различного возраста. Поэтому на динамику показателей, кроме собственно возрастных изменений, гипотетически могут влиять другие факторы, например, особенности отбора в сборные команды, различная стратегия тренировки спортсменов для удержания себя в сборной и др.

В этой связи для уточнения полученных зависимостей были сформированы две выборки наиболее молодых спортсменов ЛЦВС, мужчин (n=12) и женщин (n=7), которые на протяжении не менее пяти лет находились в основных составах сборных команд России, начиная с возраста перехода в разряд взрослых спортсменов (20 дет). В расчет принимались данные, полученные в период с конца августа по середину октября (до выхода на «вкатку), и усреднялись для каждого возрастного диапазона. Таким образом, была получена динамика изменения показа-

телей у одних и тех же спортсменов за период наиболее интенсивного их изменения (20–25 лет) непосредственно перед возрастом «наивысших достижений (см. следующий раздел).

Соответствующие графики представлены на рисунке 42. Звездочками обозначены достоверные (линейные) тренды показателей мужчин в течение пяти лет, решетками – женщин.

При сравнении закономерностей, выявленных на уровне общей выборки спортсменов в возрастном диапазоне 20–30 лет (далее – «общая выборка»), и при исследовании одних и тех же спортсменов в возрастном диапазоне 20–25 лет (далее – «малая выборка») получено, что с возрастом:

- в отличие от общей выборки, в малой выборке у мужчин возрастали масса тела и мышц, объемы мышц верхних сегментов тела. У женщин аналогично изменялись только масса тела и объем мышц нижней части тела (ниже пояса). % жира в теле в малой выборке был стабилен. Амплитуда антропометрических показателей была небольшой – в пределах 5%;
- в обеих выборках сила мышц, взрывные способности и МАМ при работе руками в возрасте 20–25 лет существенно возрастали – на 11–23%. Однако затем в общей выборке соответствующие показатели снижались. Но изменения при работе ногами были выражены на много меньше (0–7%) и не всегда были достоверными;
- в отличие от общей, в малой выборке кардиореспираторные показатели (индекс УОС и МОК) продемонстрировали только слабый и не всегда достоверный сдвиг;
- аналогично в малой выборке МПК потребление кислорода на АнП и показатели кислородного пульса не имели систематического тренда и, как правило, значимо не изменялись, тогда как в общей выборке они значимо и значительно возрастали;
- точно так же, в отличие от общей выборки, показатели экономичности при работе руками в малой выборке существенно возрастали, а в общей выборке – нет, несмотря на положительный тренд в первой половине возрастного периода по показателям работы руками;
- данные двух частей исследования полностью совпали только в отношении наиболее важных интегральных показателей специальной работоспособности: мощности механической работы на уровне АнП при работе руками и в беге с палками. Эти показатели систематически, значимо и с большой амплитудой возрастали. Таким образом, две части по сути одного исследования с участием одних и тех же спортсменов ЛЦВС дали как совпадающие, так и различающиеся результаты.

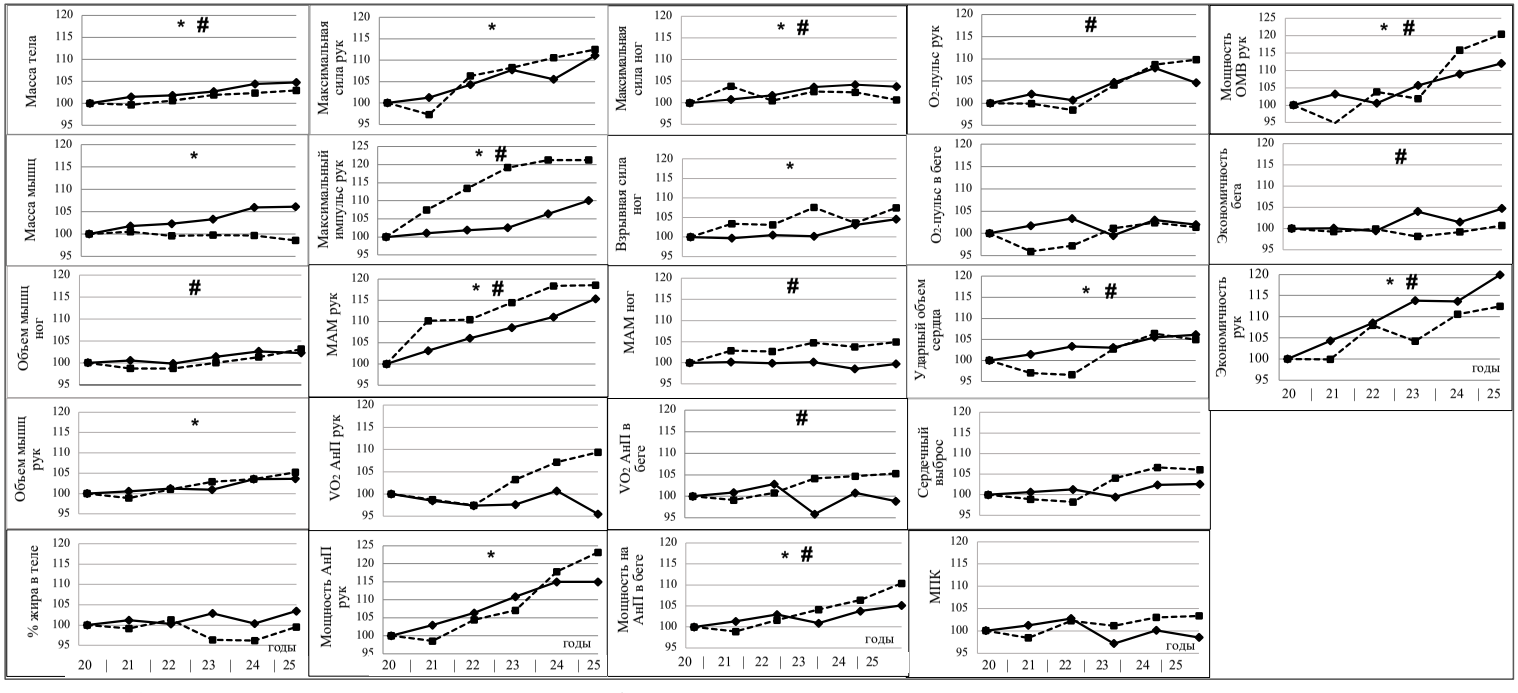


Рис. 42 – Возрастная динамика показателей физической подготовленности у одних и тех же спортсменов ЛЦВС в течение пяти лет. Сплошная – мужчины, пунктир – женщины. МАМ – максимальная алактатная мощность. АнП – анаэробный порог.

* – тренд достоверен у мужчин, # – тренд достоверен у женщин

Общее:

– большая часть антропометрических, функциональных и двигательных показателей физической подготовленности возрастала (улучшалась) в обеих выборках;
– амплитуда изменения показателей функциональных и двигательных возможностей всегда была больше при работе руками. Показатели при работе ногами или не изменялись, или улучшались в меньшей степени.

Частные различия в двух выборках (20–30 лет ↔ 20–25 лет), соответственно, были:

– объем мышц не менялся с тенденцией уменьшения ↔ объем мышц существенно возрастал;
– взрывная сила мышц ног имела тенденцию к снижению ↔ взрывная сила мышц ног возрастала;
– МПК, АнП, О2- пульс, сердечный выброс существенно возрастали ↔ эти показатели не изменялись;
– механическая эффективность (экономичность) при работе руками не менялась ↔ механическая эффективность существенно улучшается.

Наиболее интересным является выявление причины полученных общих тенденций и частных различий.

Прежде всего очевидным является, что как минимум до 25–26 лет физические возможности и двигательные способности спортсменов продолжают улучшаться. Спортивный отбор или что-то другое если и являются значимыми факторами, то их вклад в возрастную динамику не существенен.

Показатели при работе руками являются наиболее «реактивными». Это относится как к силовым, так и кардиореспираторным показателям. Сложно считать, что мышцы рук чем-то сильно отличаются от мышц ног в плане их реакции на нагрузку. Поэтому могут быть следующие причины полученных различий:

1) для тестирования всех показателей при работе мышц плечевого пояса использовались более специфические тесты, выполняемые на лыжном эргометре. При тестировании мышц ног использовались менее специфичные тесты. Возможно, что высокая специализированность подготовки спортсменов высокого класса повлияла на реактивность показателей тестирования при работе руками на лыжном эргометре. Напомним, что аналогичная тенденция обнаружена на уровне макроцикла (раздел 3.2);

2) идея о высокой значимости подготовки мышц плечевого пояса для результата в ЛЦВС постоянно будируется среди специалистов. Возможно, что выявленная при тестировании юниоров недостаточная подготовленность таких мышц заставляет тренеров сборной уделять соответствующей тренировке больше внимания после включения вчерашних юниоров в состав основной команды. Поэтому именно показатели при работе руками возрастают в большей степени.

В этой связи можно отметить относительно низкую реактивность кардиореспираторных показателей (МПК, АнП, О2-пульса, сердечный выброс) при исследовании спортсменов в возрасте 20–25 лет, особенно в первые два-три года нахождения в сборной (рисунок 42). В эту выборку вошли в основном «перспективные» спортсмены, вчерашние чемпионы и призеры мира в своих видах спорта. Их высокие результаты могли быть обусловлены предельными объемами циклических нагрузок в юниорском возрасте. Точно так же это могло привести к относительно низким силовым показателям, недостаточной мышечной массе. Соответственно, после вхождения в состав сборных дальнейшего резерва увеличения ООЦН уже не было, особенно на фоне необходимости «подтягивать» силовые показатели, увеличивать необходимую для этого мышечную массу (рисунок 42). Все это могло привести к относительному застою в развитии аэробных функций в период, когда тренеры должны были решать задачу увеличения силового потенциала спортсменов, необходимого для дальнейшего прогресса. И только после решения этой задачи появилась возможность для дальнейшего развития кардиореспираторных возможностей – ключевых для ЛЦВС.

3.4.2 Многолетняя динамика результативности у спортсменов высокого класса в биатлоне

За последние 30 лет отсутствуют данные об оптимальном возрасте «лучших достижений», «скорости» достижения и «утери» индивидуального максимума результатов в ЛЦВС, а также в отношении длительности периода, в течение которого высококвалифицированные спортсмены сохраняют потенциал для высоких достижений на пике своей спортивной карьеры. В этой связи было предпринято исследование, направленное на решение этих задач.

На рисунке 43 показана среднестатистическая зависимость результатов от возраста у 21 одного мужчины и 24 женщин-биатлонисток, которые были призерами ОЗИ и ЧМ в период с 1998 по 2022 год и уже завершили спортивную карьеру.

Рис. 43 – Многолетняя динамика результативности соревновательной деятельности биатлонистов, призеров и победителей ЧМ и ОЗИ в соревновательных периодах с 1998 года, официально завершивших карьеру к 2022 году

Из графика следует, что в среднем мужчины достигают наилучших результатов в 31 год, женщины – в 26 лет. При этом мужчины имеют практическое «плато» в достижениях в течение четырех-пяти лет до этого возраста, а женщины – в течение почти десяти лет после него.

Однако качественный анализ массива данных, по которому проводились расчеты, привел к выводу, что на форму зависимости существенно влияют:

– возраст, в котором спортсмен получает рейтинг IBU;

– длительность его карьеры.

И, как следствие первых двух факторов, количество спортсменов, результаты которых усредняются в том или ином возрасте, не одинаково.

Это оказалось критичным с учетом малочисленности выборки.

В связи с этим было принято решение преобразовать массив данных следующим образом. Был определен возраст, в котором каждый спортсмен имел самый высокий рейтинг IBU. Этот возраст был принят за

«0». Далее данные всех спортсменов были помещены в таблицу таким образом, чтобы «нулевой возраст», то есть возраст индивидуального максимума, оказался в одном столбце. В том случае, если спортсмен в течение нескольких лет находился в лидерах (например, Мартен Фуркад) или имел одинаковый рейтинг с вариацией ±1 (как А. Шипулин, А. Пфайффер и др.), в качестве «0» использовалась середина этого диапазона.

Затем в таблице были оставлены только те спортсмены, которые имели зачетные очки не менее чем в течение четырех лет до и после этого возраста. Это было необходимо для более корректного вычисления градиента улучшения и снижения результативности до и после возраста наивысших достижений. В таблице остались 18 мужчин и 16 женщин.

Данные были усреднены, и по ним были построены графики, представленные на рисунке 44.

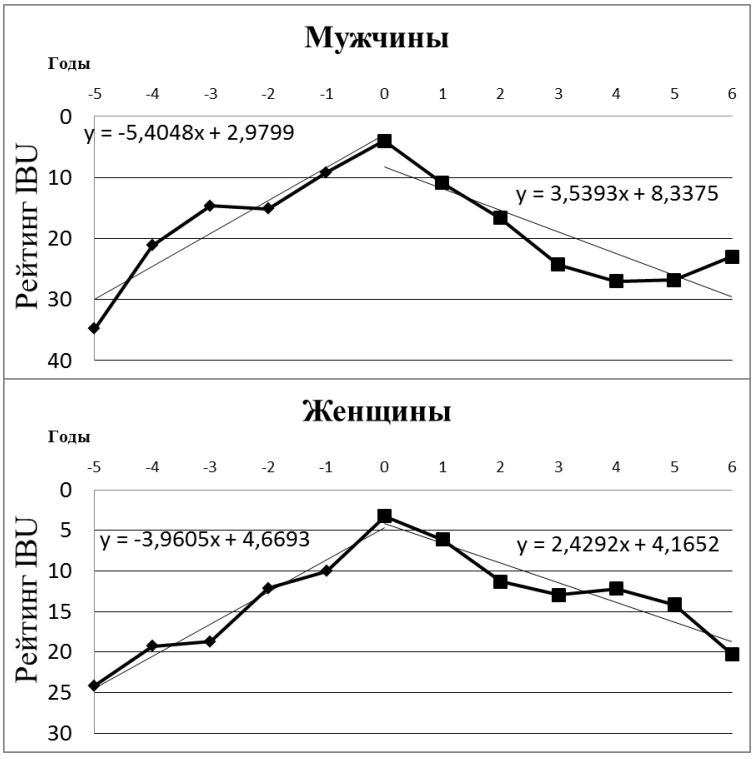


Рис. 44 – Среднестатистические зависимости рейтинга IBU у мужчин (n=18) и женщин (n=16) – лидеров мирового биатлона в период с 1998 по 2022 г., возрастная динамика которых выравнена относительно возраста их «лучшего достижения» (рейтинга). Пунктирные линии отсекают диапазоны, в которых спортсмены имеют пятидесятипроцентную вероятность стать призерами ЧМ и ОЗИ

Результаты:

– средний возраст наилучших достижений у лидеров мирового биатлона последних двух десятилетий составил у мужчин – 27,2+1,51 года; у женщин – 27,6+1,06 лет;
– средний возраст появления в рейтинге IBU у мужчин – 21,8+2,93 лет; у женщин – 20,9+2,14 лет;
– средний возраст ухода с международной арены у мужчин – 34,6+9,4 лет; у женщин – 32,8+6,8 лет;
– средний рейтинг IBU, при котором спортсмены достигают возраста наилучших достижений, у мужчин – 4,0+2,4 места; у женщин – 3,25+2,9 мест;
– скорость улучшения результативности имеет тенденцию быть выше, чем скорость ее снижения и у мужчин, и у женщин;
– скорость как улучшения, так и снижения результативности имеет тенденцию быть выше у мужчин, по сравнению с женщинами.

Наиболее интересным и неожиданным явилось то, что как у мужчин, так и у женщин в среднем отсутствует «плато» в период ±3–4 года относительно возраста наивысших достижений в результативности, то есть результативность монотонно возрастает, а затем так же монотонно снижается после этого возраста. Это говорит о том, что о «состоянии спортивной формы» следует говорить в контексте не только макроцикла, но и многолетней подготовки. Причем можно предположить, что в не измеряемых видах спорта такой оптимум существует и у тех спортсменов (Фуркад, Бъёрндален, Хенкель и др), которые в течение нескольких лет оставались мировыми лидерами. Просто их уровень был существенно выше соперников как до, так и после «возраста лучших достижений».

Последней задачей, которая ставилась перед этой частью исследования, было выяснение того, как долго спортсмены сохраняют высокую вероятность стать призерами ОЗИ и ЧМ, выступая на международном уровне.

Для решения задачи был вначале определен средний рейтинг, при котором мужчины и женщины становились призерами. Для мужчин он составил 10,2+9,6; для женщин – 7,75+6,65. Статистически, согласно распределению Гауса-Лапласа, это означает, что, достигнув этого значения рейтинга на восходящей кривой на рисунке 44, спортсмены обладают пятидесятипроцентной вероятностью стать призерами, и, соответственно, после выхода из этого возраста такая вероятность опускается ниже 50%.

Искомый период может быть определен на рисунке 44 путем определения диапазона, который ограничивается пересечением аппроксимирующих линий зависимости «рейтинг – возраст» (см. пунктиры на

рисунке 44) горизонтальной прямой, проходящей через такой «граничный» рейтинг. Таким образом, получено, что в биатлоне спортсмены, достигнув указанного среднего рейтинга в возрасте 25,8 лет у мужчин и 25,7 лет у женщин, обладают пятидесятипроцентной вероятностью стать призерами в течение примерно 2,5 лет при условии, что их рейтинг не опускается ниже этого уровня. При выходе из этого диапазона вероятность стать призерами снижается и может быть подсчитана с учетом известных значений стандартных отклонений всех показателей.

Тем не менее следует подчеркнуть, что приведенные значения исключительно среднестатистические, так как хорошо известны случаи биатлонных «долгожителей» (Бьёрндален, Свендсен, Хенкель, Макарайнен и др.), которые сохраняли высокий рейтинг и успешно боролись за медали в существенно большем возрастном диапазоне.

Таким образом, при исследовании многолетней динамики результативности установлено, что простой график зависимости средней результативности от возраста может приводить к не совсем корректным выводам. Этот фактор может сгладить выравнивание спортсменов между собой по году наивысшего индивидуального результата.

Использованный подход позволил установить, что, во-первых, «возрастом лучших достижений» в биатлоне по данным лучших спортсменов мира, выступавших в XXI веке, является 27,2+1,51 года – у мужчин и 27,6+1,06 лет – у женщин. Во-вторых, обнаружено, что у спортсменов в среднем отсутствует «плато» в результативности. Другими словами, в реальности сильнейшие спортсмены мира практически линейно улучшают свои результаты, затем задерживаются на индивидуальном «пике» не более двух лет, а потом так же линейно снижают свою результативность. Примеры отдельных выдающихся спортсменов лишь подтверждают это правило. То есть можно говорить о том, что понятие «состояние спортивной формы» может быть применено не только к сезонной динамике результативности, но и к многолетней.

3.5 Заключение по третьей главе

Настоящее исследование продемонстрировало, что при применении современной периодизации нагрузок тренировочные объемы низкоскоростных аэробных и силовых тренировочных режимов могут быть основным фактором, влияющим на разницу в морфофункциональной адаптации спортсменов в ЛГ и БИ. При этом силовые, мощностные и аэробные способности у элитных спортсменов могут улучшаться одновре-

менно и достигать пика к началу соревновательного периода. Другими словами, эффективное управление тренировочным процессом может преодолевать конкурентность, гетерохронность и разную реактивность силовой и аэробной тренировки и обеспечивать состояние повышенной специальной работоспособности в нужное время.

Однако экономичность, протестированная в неспецифических тестах, в макроцикле не улучшается. Это говорит о том, что улучшение экономичности применительно к соревновательной системе движений – это отдельная способность у ЛГ и БИ. Экономичность в большей степени связана с системой движений спортсменов, а не «физиологической экономизацией» и должна быть объектом целенаправленной тренировки наряду с улучшением показателей функциональной подготовленности. С практической точки зрения, увеличение объемов низкоскоростных объемов циклической и высокоинтенсивной силовой тренировки может быть перспективной стратегией повышения дистанционной скорости, в частности в биатлоне. Высокая годичная вариативность силовой и аэробной тренировки мышц плечевого пояса может быть связана с излишней потерей соответствующих способностей этих мышц в переходный период, поэтому интересным направлением исследований может быть вариант более равномерного или, наоборот, более вариативного (в плане контрастности средств) годичного распределения нагрузки с соответствующим психологическим обеспечением для снятия психического переутомления от монотонных нагрузок.

Сравнение динамики спортивного результата лыжников и биатлонистов выявило, что призеры ЧМ и ОЗИ, а также лучшие спортсмены ведущих лыжных команд мира, видимо, имеют достаточно отработанную систему подготовки к главному старту (ГС), которая позволяет им (в среднем по команде) продемонстрировать свои лучшие в сезоне результаты именно на ГС. Напротив, биатлонисты не только норвежской и российской команд в 2018/19–2020/21 гг., но и призеры главных соревнований практически не показывали свои лучшие дистанционные скорости на ГС. Правда, призеры выигрывали эти соревнования при сочетании конкурентоспособной скорости и лучшей стрельбы. И только тренеры французской команды четко подводили своих спортсменов к главному старту в наилучшей форме.

Таким образом, можно сделать вывод, что существует методика подготовки, причем ею владеют в разных странах, включая Россию, которая обеспечивает наилучшую дистанционную скорость к моменту ГС.

В попытке определить основные характеристики такой методики сравнивалась понедельная динамика объемов циклических и силовых

упражнений у российских лыжников и биатлонистов в период 2018/19–2020/21 гг. Выявлены существенные различия по большинству параметров, которые описаны в разделе 3.3. Однако в связи с тем, что такое исследование проводится практически впервые, окончательные выводы делать преждевременно.

Исследование возрастной динамики показателей физической подготовленности и механической эффективности дало довольно интересный результат

В первой части, когда исследовались динамика показателей подготовленности у разных спортсменов в разном возрасте относительно возрастной кривой их результативности, получено, что положительную и достоверную возрастную динамику продемонстрировали кардиореспираторные и аэробные способности спортсменов. Их динамика практически совпадала с графиком результативности. Причем это справедливо как при тестировании показателей при работе руками на лыжном эргометре, так и в беге с палками.

Таким образом, можно с уверенностью говорить о том, что улучшение спортивного результата в возрастном аспекте связано с лучшими функциональными возможностями систем организма, обеспечивающими интенсивную мышечную деятельность, а также с аэробными способностями самих мышц. Это справедливо вне зависимости от того, получена соответствующая динамика в силу возрастного улучшения функций у одних и тех же спортсменов в составе сборной или лучших результатов достигают те из них, кто отобрался в сборную в относительно зрелом спортивном возрасте с уже высокими кардиореспираторными и аэробными способностями.

Напротив, взрывные, скоростные (максимальная частота движений) и функционально связанные с ними параметры показали недостоверный, но отчетливый отрицательный возрастной тренд. Следовательно, данные функции организма должны быть «подготовлены» на более ранних этапах онтогенеза или же при отборе более старших спортсменов важен не максимальный, а некий оптимальный уровень показателей сократительных способностей НМА. В любом случае, находясь в составе сборной в более старшем возрасте, в силу того, что оптимальный объем силовой подготовки составляет в среднем 15–16% относительно аэробной, улучшить эти способности на многолетнем срезе уже не получится.

Среди силовых показателей только «сила окислительных МВ» была положительно связана с возрастом. Это также объяснимо, так как и сила мышц, и их гипертрофия, обусловленные мышечными волокнами с высокими окислительными способностями, должны иметь связь со спор-

тивным результатом, аэробными способностями и/или стажем занятий спортсменов в ЦВС [62]. Также ожидаемо все показатели реализации двигательного потенциала спортсменов (механическая мощность и, частично, экономичность на уровне АнП) имели отчетливый положительный тренд с возрастом.

Однако вторая часть этого же исследования, когда изучалась возрастная динамика показателей у одних и тех же спортсменов в возрасте 20–25 лет, установила, что достоверный положительный тренд имеют все показатели силовых, кардиореспираторных и аэробных способностей, но только при работе руками. При беге на третбане или при тестировании мышц ног тренд или существенно меньше, или не достоверен.

Нам пока сложно объяснить эти факты.

При исследовании многолетней динамики результативности установлено, что простой график зависимости средней результативности от возраста может приводить к не совсем корректным выводам. Сбивающее влияние этого фактора помогает сгладить выравнивание спортсменов между собой по году их наивысшего индивидуального результата.

Использованный подход позволил установить, что, во-первых, «возрастом лучших достижений» в биатлоне по данным лучших спортсменов мира, вступавших в XXI веке, является 27,2+1,51 года – у мужчин и 27,6+1,06 лет – у женщин. Во-вторых, обнаружено, что у спортсменов в среднем отсутствует «плато» в результативности. Другими словами, в реальности сильнейшие спортсмены мира практически линейно улучшают свои результаты, затем задерживаются на индивидуальном «пике» не более двух лет, а потом так же линейно снижают свою результативность. Примеры отдельных выдающихся спортсменов лишь подтверждают это правило. То есть можно говорить о том, что понятие «состояние спортивной формы» может быть применено не только к сезонной динамике результативности, но и к многолетней.

Во второй и третьей главах описаны два основных фактора, кроме «целенаправленной технической подготовки», которые могут влиять на значения и сезонную динамику кинематических параметров лыжных ходов при беге на лыжероллерах и лыжах. Таким образом, появляется возможность с большей обоснованностью определить основные пути воздействия на параметры техники спортсменов в ЛЦВС, от которых напрямую зависит дистанционная скорость. Этому посвящена четвертая глава книги.

Глава 4.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОВРЕМЕННОГО ОДНОШАЖНОГО КОНЬКОВОГО ХОДА У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ И БИАТЛОНИСТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

В данной главе представлены и обсуждаются результаты исследований кинематических параметров одновременного одношажного конькового хода, который выбран на основании нескольких критериев:

– этот ход используется как лыжниками, так и биатлонистами;
– с использованием этого стиля преодолевается большая часть дистанции в пологие подъемы, от скорости бега на которых в значительной мере зависит спортивный результат [440, 441];
– техника этого стиля является наиболее изученной, следовательно, появляется возможность валидизации наших данных путем сравнения с данными других исследователей.

Одновременный одношажный коньковый ход далее обозначается как ООКХ или «соревновательное упражнение» (СУ).

4.1 Методы и организация исследования

Результаты этой части работы получены на основании анализа видеозаписей спортсменов ЛЦВС основного состава спортивной сборной команды РФ, полученных:

– у биатлонистов-мужчин в сезонах 2017/18 и 2018/19 гг. на отборочных соревнованиях и далее на этапах Кубка мира;
– у биатлонистов и лыжников-гонщиков – мужчин в подготовительном периоде 2023-го года, когда исследовалась динамика изменения параметров техники под воздействием применяемых нагрузок и в связи с изменением показателей подготовленности спортсменов.

Сбор нагрузок и показателей подготовленности осуществлялся по методике, описанной ранее в этой книге.

Для регистрации кинематических показателей СУ использовался комплект оборудования, состоящий из:

– видеокамеры Canon Legria HF G26;
– штатива;

– двух контрастных конусов как визуальных маркеров;
– рулетки;
– специализированного программного обеспечения «Dartfish Pro Suite 6».

Методика проведения съемки в условиях соревнований была следующей. Камера располагалась неподвижно на штативе в десяти м от середины полотна лыжной трассы, по которой проходили спортсмены, под углом 90º к направлению движения. Высота установки камеры – 120–140 см от поверхности трассы. Формат съемки – AVC HD, 50 кадров в секунду. В процессе съемки не использовался зум, кадр должен был оставаться неизменным. Для калибровки камеры (определения линейного масштаба) на трассу выставлялись два конуса на расстоянии одного м друг от друга. Во время соревнований маркеры убирались с трассы и производилась видеосъемка гонок спортсменов.

Для проведения съемки ООКХ при беге на роллерах на этапах подготовительного периода выбирался прямой равнинный (с углом наклона менее 3%) участок трассы протяженностью 100–120 м. Камера устанавливалась неподвижно на штативе на расстоянии 10–15 м от середины полотна трассы, где проходили спортсмены, так, чтобы кадр захватывал участок шириной около 15–30 м для выполнения условия попадания в кадр не менее двух полных циклов ООКХ. Точка для съемки должна была находиться между 50 и 90 м отрезка для того, чтобы спортсмен полностью набрал целевую скорость, а также для нивелирования возможности раннего окончания бега («бросил» ускорение до финиша).

Спортсмены последовательно пять раз, используя ООКХ, с произвольным интервалом пробегали отрезок с возрастающей скоростью, так, чтобы скорость при беге на роллерах по равнине примерно соответствовала:

– 1 отрезок – 1 зона интенсивности;
– 2 отрезок – 2 зона интенсивности;
– 3 отрезок – предсоревновательная скорость (на дистанцию 20 км для женщин и 30 км для мужчин);
– 4 отрезок – соревновательная скорость (на дистанцию 10 км для женщин и 15 км для мужчин);
– 5 отрезок – сверхсоревновательная скорость (соревновательная скорость на 3–5 км, но не максимальная).

В течение учебно-тренировочного мероприятия выполнялось два теста. Первый тест проводился в первый разгрузочный день тренировочного мероприятия первого микроцикла. Второй тест проводился в последние три дня (любой из дней).

Отснятый материал загружался в программу обработки видео «Dartfish ProSuite 6». Первый маркер выставлялся в точке условного центра масс тела (ЦМТ) спортсмена в момент начала цикла движения (момент постановки палок на опору) (рисунок 45). Второй маркер ставился в точке ЦМТ в момент отрыва палок от опоры, третий маркер – в точку ЦМТ в момент полного отрыва лыжи (роллера) от опоры, четвертый маркер – ЦМТ в момент постановки палок на опору (начало следующего цикла). После выставления размерности видео (метровый отрезок на калибровочном ролике) производился расчет расстояния между маркерами.

Таймер выставлялся на нулевое значение в момент начала исследуемого цикла (момент постановки палок на опору). Фиксировались три временных отрезка между выставленными маркерами на теле спортсмена.

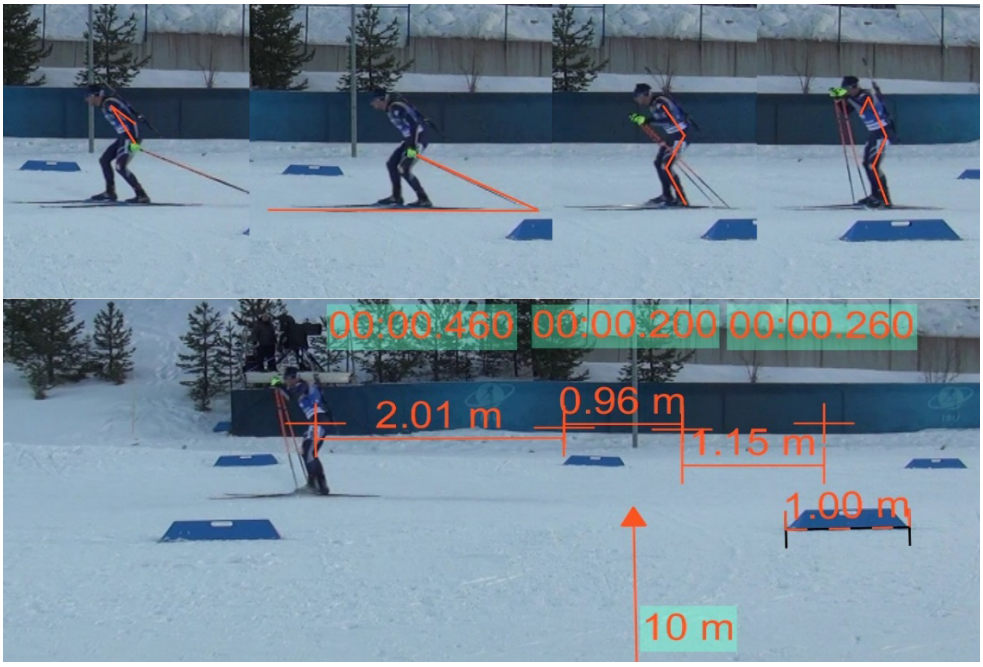


Рис. 45 – Фрагменты видеосъемки с указанием моментов бегового шага, в которые производилось считывание параметров соревновательного упражнения

На основании этих данных, как время и расстояние от момента постановки палок до момента их отрыва от опоры, вычислялись: скорость перемещения ЦМТ (далее – «скорость» (бега)), длина шагов и время цикла, длительность и путь за время отталкивания палками –. Длительность и путь за время отталкивания ногой вычислялись как время и расстояние от момента отрыва палок до момента отрыва ноги от опоры.

Для определения времени рассинхронизации между отталкиванием руками и отталкиванием ногой фиксировалось время от момента постановки палок на опору до момента начала разгибания ноги в коленном суставе. Каждый временной параметр вычислялся до сотых долей секунды.

Определение угловых параметров. Первое измерение проводилось в момент постановка палок на опору (начала исследуемого цикла). Измерялись значения углов в плечевом (ПС1), тазобедренном (ТБС1) и коленном (КС1) суставах. Второе измерение производилось в момент приведения маховой ноги к опорной (момент максимального наклона корпуса и сгибания в колене) – в этот момент фиксировались углы в КС2 и ТБС2. Третье и четвертое измерения проводилось в момент отрыва палок от опоры – измерялись значения углов в плечевом суставе (ПС2) и угла палок относительно опоры («угол палок») по направлению движения. Угол палок фиксировался за один кадр до визуально различимого отрыва от опоры, угол в ПС2 – в момент визуально различимого отрыва.

Измерение угла в ТБС: вершина располагалась на проекции головки бедренной кости, лучи заканчивались на проекции КС и проекции головки плечевой кости.

Измерение угла в КС: вершина располагалась на проекции КС, лучи заканчивались на проекции головки бедренной кости и проекции латеральной лодыжки.

Измерение угла в ПС: вершина располагалась на проекции головки плечевой кости, лучи заканчивались на проекции локтевого сустава и проекции головки бедренной кости.

Измерение угла палок относительно опоры в момент отрыва: вершина располагается в точке контакта палки с опорой, один луч полностью совпадает с положением лыжной палки, второй направлен вдоль полотна лыжной трассы.

Методика расчета кинематических параметров была идентичной для съемок в подготовительном (на роллерах) и соревновательном (на лыжах) периодах.

Всего было произведено более 300 видеозаписей соревновательной деятельности биатлонистов. Фиксировались человеко-случаи на всех кругах спринтерских гонок (1–3 кругов), а также круги с 1 по 5 на индивидуальных гонках главного старта сезона (ЧМ и ЧЕ), где спортсмены проходили заданный участок одновременным одношажным коньковым ходом. Всего было зафиксировано 299 человеко-случаев, по 27 параметров в каждом, включая расчетные.

В подготовительном периоде помесячно обработано 397 человеко-случаев у 13 спортсменов в период с 17.06.2023 по 17.09.2023.

Перечень рассчитываемых показателей и их сокращенные наименования представлены в таблице 19. Далее для обозначения кинематических параметров будут использоваться только сокращенные наименования.

Таблица 19

Расшифровка аббревиатур и сокращений наименований кинематических параметров одновременного одношажного конькового хода, используемых в этой книге

Параметр	Сокращение
Время отталкивания руками	t руками
Путь за время отталкивания руками	S руками
Время отталкивания ногой	t ногой
Путь за время отталкивания ногой	S ногой
Сумма времен отталкиваний руками и ногой	t Р+Н
Путь за время отталкивания руками и ногой	S Р+Н
Время свободного скольжения	t проката
Путь за время свободного скольжения	S проката
Общее время цикла движения	t цикла
Длина шагов	Длина шагов
Частота движений (60/t цикла)	Частота шагов
Угол палки при отрыве от опоры в момент окончания отталкивания	угол палок
Время между началом отталкивания руками и началом разгибания коленного сустава (КС)	t рассинхронизации
Угол в тазобедренном суставе (ТБС) в момент постановки палок	угол ТБС1
Угол в ТБС в момент приведения маховой ноги (нижняя точка сгибания)	угол ТБС2
Изменение угла в ТБС (разница ТБС1-ТБС2)	угол ΔТБС
Угол в КС в момент постановки палок	угол КС1
Угол в КС суставе в момент приведения маховой ноги (нижняя точка сгибания)	угол КС2
Изменение угла в КС (разница КС1-КС2)	угол ΔКС
Угол в плечевом суставе (ПС) в момент постановки палок	угол ПС1
Угол в ПС в момент отрыва палок от опоры (дальняя точка движения)	угол ПС2
Угол изменения угла в ПС (сумма ПС1+ПС2)	угол ΔПС

4.2 Взаимосвязь биомеханических параметров бега на лыжах одновременным одношажным коньковым ходом со скоростью движения

Интерес к изучению взаимосвязи кинематических показателей со скоростью движения во многих научных школах (подробнее представлено в первой главе) вызван очевидной причиной: для поиска путей повышения дистанционной скорости важно понимать, за счет каких параметров скорость может быть увеличена. Это позволит более обосновано судить о том, какие изменения в двигательных способностях и технических навыках необходимо обеспечить при программировании и организации тренировочного процесса (прежде всего в подготовительный период) для роста соревновательной скорости. Кроме этого, при изучении техники нужно точно знать, какие параметры СУ связаны с разницей в дистанционной скорости спортсменов, чтобы правильно интерпретировать технику в том случае, если спортсмены бегут с разной скоростью.

Для изучения корреляции параметров СУ со скоростью изучался бег на спринтерских гонках на ЭКМ, а также бег на снегу и на роллерах в третьей и четвертой зонах интенсивности при тестировании спортсменов на УТС. В частности, в этой части работы использованы данные:

- 19 биатлонистов, входивших в состав сборной команды РФ, бег которых на соревнованиях ЭКМ снимался в сезоны 2017/18 и 2018/19 гг. Эта группа была разделена на две подгруппы: первая – восемь спортсменов, обозначенные как «основа», регулярно участвовавшие на ЭКМ; вторая – девять спортсменов («резерв») эпизодически участвовали на ЭКМ, но регулярно – в Кубке IBU;
- данные двух биатлонистов той же команды, которые пробегали пять раз с различной скоростью в трех сериях (схема тест-ретест 2x3x5) отрезок 100–120 м в мае 2023 года в лыжном туннеле. Далее – «модельный эксперимент»;
- 13 биатлонистов, которые в подготовительный период ежемесячно выполняли тест 5x100–120 метров при беге на роллерах в подготовительном периоде 2023 года. Для выявления закономерностей при расчетах использовались записи бега со скоростью, соответствующей третьей и четвертой зонам интенсивности;
- 17 лыжников-гонщиков, входивших в состав сборной команды РФ, которые также выполняли тест 5x100–120 метров при беге на роллерах в подготовительном периоде 2023 года. Использованы записи скорости, соответствующей третьей и четвертой зонам интенсивности.

Биомеханические параметры движения фиксировались и рассчитывались при помощи методики, описанной выше.

Значения парных коэффициентов корреляции, представленные в таблице 21, рассчитаны по всем обработанным видеосъемкам всех спортсменов для увеличения объема выборки. Для компенсации возможной в таких случаях ненормальности выборки использовался ранговый коэффициент корреляции Спирмена.

Вначале рассмотрим бег биатлонистов по снегу на лыжах.

Первым существенным результатом можно считать факт существенной разницы в корреляционной структуре кинематики ООКХ со скоростью между стационарными условиями модельного эксперимента и бегом в условиях реальных гонок, когда имеют место вариации: рельефа; качества снега; утомления; «давления» соперников; осадков и т. п. В этой работе кинематика каждого из 19 спортсменов регистрировалась в общей сложности от 6 до 18 раз на разных этапах соревновательного периода на всех кругах спринтерской дистанции на разных ЭКМ. Поэтому существование полученных взаимосвязей можно считать высоковероятным для условий соревновательной деятельности.

При таком подходе в широком, но реальном диапазоне (X=5,77 м/с; минимально – 4,05 м/с; максимально – 7,71 м/с) скорость бега при использовании ООКХ для всех трех выборок биатлонистов («все», «основа», «резерв») была, как и ожидалось, положительно и тесно (r = 0,74–0,93) связана с длиной шагов, а также длиной свободного проката. Это было ожидаемо, хотя и противоречит некоторым данным бега на третбане [203]. Но интересным является то, что с ростом скорости также увеличивался путь, проходимый спортсменом за время отталкивания как руками (r = 0,53–0,60), так и ногой (r = 0,65–0,76). Это означает, что спортсмены для увеличения скорости предпочитали распределять свои амортизационные и пропульсивные усилия на большей дистанции, а не концентрировать их только в узком диапазоне, например, «удобных» углов в суставах или на «выгодном» участке траектории/фазы цикла. Этот вывод подтверждает данные T. Stöggl [203], показавшие, что пиковые силы, в отличие от импульса силы, с ростом скорости при отталкивании не растут.

При этом следует отметить, что если при отталкивании ногой положительная связь объясняется просто тем, что спортсмен при увеличении скорости «успевает» проехать больший путь, то в отношении отталкивания руками такая возможность отсутствует, так как палка установлена в снег. Значит, и на лыжах, и на роллерах работает другой фактор. Оказалось, что это не увеличение амплитуды движения в суставах, например, в плечевом, – они со скоростью не связаны, а уменьшающийся со скоро-

стью угол в КС в момент постановки палок. Получено, что спортсмены со скоростью «едут ниже», это позволяет опустить точку плечевого сустава и тем самым увеличить длину проката за время отталкивания палками, несмотря на то, что время сокращается.

В этой связи прокомментируем одновременное уменьшение и угла в КС, и амплитуды его сгибания у основы. Уменьшение угла увеличивает момент силы в суставах. Это должно перегружать мышцы – разгибатели ног, особенно с учетом веса винтовки. Однако «основа» с ростом скорости переходит именно на такой бег. Здесь, например, может играть роль обсуждаемое выше создание лучших условий для работы руками. В то же время функциональная перегрузка мышц бедра компенсируется меньшей амплитудой ее сокращения и, следовательно, меньшей работой по перемещению ЦМТ в вертикальном направлении. То есть более низкое положение ЦМТ в начале цикла, но при уменьшении амплитуды в КС, вполне можно рассматривать, как фактор повышения рациональности техники ООКХ с ростом скорости. Однако значение корреляции низкое, поэтому этот вопрос подлежит дальнейшему изучению.

Тем не менее в обеих сериях исследования с ростом скорости надежно уменьшалась длительность отталкивания руками. Следовательно, подтверждается положение, что увеличение скорости требует лучшего проявления скоростно-силовых (взрывных) способностей при отталкивании руками, но с замечанием, что при этом спортсменам, возможно, следует стараться распределить усилия мышц плечевого пояса на большей дистанции при отталкивании, тем самым уменьшив концентрацию усилий и потенциально связанное с этим утомление.

Существенным является также следующий вопрос. Показано (на роллерах), что импульс силы при отталкивании ногой в ООКХ возрастает [203]. Означает ли факт тенденции уменьшения амплитуда в КС у «основы», что они более существенно увеличивают градиент и пиковое значение силы при сгибании и, особенно, при разгибании КС, чем спортсмены резерва? Вопрос интересный, так как при увеличении пиковой силы давления на снег возрастает сила трения, что является негативным фактором [272], и, вероятно, должны существовать механизмы его компенсации.

Таковыми могут быть:

– с учетом более тесной связи со скоростью длины отталкивания ногой (r=0,76) у основы, чем у резерва (r=0,65), можно предположить, что спортсмены основы, одновременно с уменьшением амплитуды в КС, способны распределять градиент прироста силы на более длинный путь скольжения при отталкивании, сглаживая тем самым экстремум силы давления лыжи на снег. Отметим, что

в работе T. Stöggl [203] получено, что более быстрые лыжники имели ту же тенденцию, но при отталкивании палками;

– данные об увеличении силы давления на снег со скоростью получены на роллерах [203], возможно, что такое явление на лыжах отсутствует и снижение амплитуды в КС просто означает снижение активности работы мышц. В этом случае дополнительного давления на снег не будет, однако повышение механической работы по продвижению вперед должно будет происходить за счет отталкивания руками. Это возможно, если соответствующие мышцы достаточно подготовлены. Косвенно в пользу этой версии говорит то, что в упоминавшейся работе T. Stöggl [203] с ростом скорости в диапазоне субмаксимальных скоростей на роллерах наблюдалась положительная связь импульса силы на палках, но не при отталкивании ногами. А мощностные показатели мышц плечевого пояса лыжников имели связь с импульсом отталкивания руками;
– возможен комбинированный вариант.

В этой связи интересно будет обсудить взаимосвязь биомеханических параметров ООКХ с физическими кондициями спортсменов (см. раздел 4.5.), однако для вынесения более точного суждения нужны дополнительные прямые миографические и тензодинамометрические исследования ООКХ.

Из общих тенденций можно отметить также увеличение частоты шагов с ростом скорости и уменьшение времени рассинхронизации между постановкой палок и началом отталкивания ногой.

Однако если в эксперименте увеличение скорости тесно (r=0,78) связано с увеличением частоты движений и сокращением длительности всех компонентов активного взаимодействия с опорой, то в реальной гонке связь слабая, в то время как доля фактора увеличения длины шагов (за счет длины свободного проката и длины активных фаз) в росте скорости составляет 65–80%.

Таким образом, общей стратегией при увеличении скорости является повышение пиковой и общей мощности сокращения мышц для создания более высокого импульса силы отталкивания. Но в диапазоне скоростей реальной гонки работа НМА аппарата спортсмена в существенно большей степени организована так, чтобы скорость возрастала за счет длины проката и длины отталкивания ногой, во время которого также можно снизить сократительную активность мышц в пересчете на метр проходимого пути. Причем это в целом реализуется в рамках одних и тех же угловых параметров в суставах, о чем говорит практически полное отсутствие какой-либо связи скорости с углами и амплитудами их изменения, то есть практически полностью за счет повышения мощности сокращения мышц в рамках неизменной «внешней картины» поз, углов,

амплитуды движений. Но и в этих биомеханических условиях спортсмены стараются экономить, понижая удельную активность отталкивания.

Справедливость сказанного подтверждается сравнением корреляционной структуры связей со скоростью между группами «основа» и «резерв». Действительно, из таблицы 21 следует, что «основа» с ростом скорости в большей степени увеличивала путь, пройденный за время отталкивания ногой, за время свободного скольжения и, соответственно, за весь цикл шага.

Взгляд на этот факт с позиции возможностей для создания пропульсивных сил позволяет высказать гипотезу, что при беге на лыжах ООКХ – в данном случае биатлонисты основы – стремятся не увеличивать экстремумы силы при отталкивании ногами, но предпочитают «свободный, менее напряженный прокат», включая период отталкивания ногой. Это следует из более высокой положительной связи пути со скоростью. В пользу этого вывоа свидетельствуют представления А. В. Гурского, согласно которым одним из признаков мастерства лыжников является «… несоздание пиковых усилий при скольжении по снегу, так как последнее, увеличивая коэффициент (силу) трения, приводит к потере скорости…» [272]. Но это же может означать, что они предпочитают (или вынуждены) в большей степени повышать «импульсность/мощность» работы руками, так как других вариантов для создания скорости просто нет. Наши данные свидетельствуют в пользу таких предположений у лучших биталонистов. Действительно, на основе данных тестирования, представленных в таблице 21, спортсмены «основы» в большей степени «скользят», в том числе в фазе свободного проката, по сравнению с «резервом», а большая «опора на руки» позволяет (возможно) еще в большей степени снизить давление на снег, а значит, уменьшить силу трения-скольжения.

Тем не менее необходимо отметить, что на индивидуальном уровне «позы, углы и амплитуды» высоковариативны: диапазон коэффициента вариации лежит в пределах от 4% для КС до 47% для ПС в условиях изменения скорости в диапазоне 3%. Другими словами, подтверждается ранее сделанный вывод, что общая задача достижения высокой скорости в реальности может достигаться при разном индивидуальном стиле передвижения [442].

Вторым важным элементом, связанным с вероятным преимуществом «основы» в плане технического мастерства, является более высокая степень синхронизации времени между отталкиваниями руками и ногой при увеличении скорости – у «резерва» такой связи не наблюдается.

И, наконец, третье различие двух групп связано с углами в суставах. У «основы» угол в коленном суставе в момент постановки палок с ростом скорости уменьшался, а у «резерва» начинал увеличиваться. При этом амплитуда движения в КС у «основы» также становилась меньше. Сочетание отмеченных деталей (меньший угол в КС в начале движения

и меньшая амплитуда его изменения) позволяют заключить, что «основа» предпочитала повышение статической нагрузки на мышцы (при меньшем угле в КС увеличивается плечо силы), но при этом уменьшала «динамический компонент» в работе мышц. Это, видимо, имеет свои преимущества, хотя на данный момент труднообъяснимые.

Далее необходимо остановиться на различиях корреляционной структуры связей между бегом на лыжах в соревновательных условиях и при беге на роллерах по асфальту в тренировочных условиях.

Как следует из таблицы 20, принципиальной разницы между структурой взаимосвязей нет. Но можно отметить разницу в величине коэффициентов корреляции. На роллерах наблюдается менее тесная связь со скоростью практически всех показателей длины проката: при отталкивании руками, ногой, свободного проката и, как следствие, длины шагов. То есть на лыжах выгоднее увеличивать скорость за счет увеличения длины проката и шагов. В целом это хорошо объяснимо: при всей противоречивости данных и множестве влияющих факторов, для нормального случая можно считать, что с ростом скорости коэффициент сопротивления скольжению лыжи по снегу не изменяется или уменьшается, а качения роллеров по асфальту растет. Поэтому, если принимать во внимание только этот фактор, то для увеличения скорости на лыжах выгоднее дольше катиться, а на роллерах «чаще шагать». Из данных видно, что спортсмены интуитивно используют эту закономерность, особенно лыжники, у которых положительная связь частоты шагов со скоростью на роллерах выше, причем даже несмотря на то, что масса роллеров больше по сравнению с лыжами, – этот фактор, наоборот, должен был бы делать более выгодным увеличение длины шагов на роллерах.

Однако понятно, что его значимость будет сильно зависеть от связи с массой роллеров, их качества и, особенно качества асфальта.

Данные таблицы 20 также позволяют отметить различия между ЛГ и БИ при беге на роллерах в одном и том же диапазоне соревновательной скорости.

В целом, у ЛГ существенно больше значимых коэффициентов корреляции, возможно, потому, что БИ бежали без винтовки, то есть не использовали свое СУ в полной мере и поэтому могли иметь большую межиндивидуальную вариативность. У ЛГ теснее связаны со скоростью все временные параметры бегового цикла, но не длина прокатов. При этом у них не связано со скоростью время рассинхронизации. Но наиболее заметным отличием от БИ является то, что с ростом скорости у них уменьшаются значения углов в ТБС и КС. Возможно, что такая перестройка техники, с одной стороны, несет в себе рациональное зерно. Например, как отмечено

выше, это повышает потенциальную возможность увеличения времени приложения усилия палками, а также позволяет отталкиваться под более острым углом в конце активной фазы, что и подтверждает отрицательная корреляция угла палок (r = –0,25). С другой стороны, биатлонисты не используют эту возможность из-за наличия винтовки.

Таблица 20

Коэффициенты корреляции (R) значений кинематических параметров бега на лыжах в соревновательный период (этапы Кубка мира, спринт, средняя по всем кругам) со скоростью движения биатлонистов основного состава команды («основа») и резервного («резерв»), в объединенной группе («все»), а также в модельном эксперименте при беге с различной скоростью (третья-четвертая зоны интенсивности), а также при беге на роллерах лыжников (ЛГ) и биатлонистов (БИ) со скоростью, соответствующей третьей-четвертой зонам интенсивности

Параметр	Биатлон, бег ООКХ на снегу				БИ роллеры	ЛГ роллеры
	R, все n=291	R, основа, n=182	R, резерв, n=109	R, эксперимент, n=16	R, 3–4 зоны, n=135	R, 3–4 зоны, n=129
t рук	**-0,53**$^{\#}$	**-0,55**	**-0,50**	**-0,62**	**-0,38**	**-0,42**
S рук	**0,56**$^{\#}$	**0,60**	**0,64**	0,34	**0,40**	**0,47**
t P+H	**-0,47**	**-0,47**	**-0,49**	**-0,56**	**-0,43**	**-0,57**$^{\$}$
S P+H	***0,70***$^{\#}$	***0,76***	***0,69****	-0,02	**0,45**	**0,48**
t ног	**-0,34**$^{\#}$	**-0,31**	**-0,41**	**-0,53**	**-0,38**	**-0,53**$^{\$}$
S ног	**0,70**$^{\#}$	**0,76**	**0,65***	-0,11	**0,42**	**0,45**
t прокат	*0,12*	*0,14*	0,15	**-0,68**	-0,09	**-0,34**$^{\$}$
S прокат	**0,82**$^{\#}$	**0,84**	**0,74**	-0,26	**0,40**	**0,39**
Длина шагов	**0,88**$^{\#}$	**0,93**	**0,83***	-0,27	**0,50**	**0,51**
Частота шагов	**0,17**	0,11	**0,20**	**0,78**	**0,26**	**0,53**$^{\$}$
Угол палок	-0,09	-0,13	-0,02	-0,15	-0,09	**-0,25**$^{\$}$
Время рассинхр	**-0,25**	**-0,32**	-0,14	**-0,50**	**-0,32**	-0,13$^{\$}$
Угол ТБС1	0,05	0,02	0,08	-0,20	-0,09	**-0,22**$^{\$}$
Угол ТБС2	0,10	0,11	-0,04	-0,46	-0,13	**-0,24**$^{\$}$
Угол ΔТБС	-0,05	-0,11	0,09	0,05	0,00	0,12
Угол КС1	-0,11	**-0,30**	**0,18***	-0,20	-0,11	**-0,22**$^{\$}$
Угол КС2	0,08	0,05	0,15	-0,45	0,01	**-0,23**$^{\$}$
Угол ΔКС	**-0,15**	**-0,28**	0,02	-0,02	-0,10	0,02
Угол ПС1	0,01	***0,17***	-0,10	-0,24	-0,02	0,07
Угол ПС2	-0,06	-0,07	***0,20***	**-0,57**	-0,06	0,01
Угол ΔПС	-0,02	0,07	-0,04	**-0,50**	-0,03	0,06

Примечания: КС – коленный сустав; ТБС – тазобедренный сустав; ПС – плечевой сустав. Жирным выделены значения, достоверные при α = 0,05.

***** – различия r между спортсменами «основы» и «резерва», $^{\#}$ – между роллерами и лыжами у БИ, $^{\$}$ – между ЛГ и БИ на роллерах.

Таким образом, проведенное исследование выявило тенденции изменения значений кинематических параметров со скоростью в разрезе квалификации спортсменов и различий между бегом на роллерах и лыжах. При этом получено, что корреляционная структура в эксперименте, причем даже «полевом», существенно отличалась от таковой в реальных гонках. Это должно учитываться в аналогичных исследованиях.

4.3 Различия кинематических параметров соревновательного упражнения в выборках испытуемых, классифицированных как «основа» и «резерв» из числа спортсменов спортивной сборной команды России

Исходными положениями при проведении этой части исследования, где объектом была техника одновременного одношажного конькового хода биатлонистов высокого класса, можно считать следующие.

Критерием «хорошей техники» в циклических видах спорта, связанных с проявлением выносливости, считается ее высокая «экономичность». Предполагается, что это позволяет лучше реализовать двигательный потенциал спортсменов за счет меньшего напряжения физиологических систем и меньших затрат энергии на метр пути. Однако минимум энергозатрат – не единственный критерий. Существует фактор «локальной перегрузки рабочих мышц», действие которого может заставить спортсмена двигаться «неэкономично», но при этом не перегружать (не «закислять») крупные мышечные группы. Это позволяет добиться лучших результатов при условии, если системы транспорта и утилизации кислорода не лимитируют. Например, по нашему опыту, для сборных команд России по ЛЦВС уровень МПК, при котором соответствующие системы не будут главным лимитирующим фактором, должны быть выше примерно 80–82 мл/кг*мин для мужчин и 68–70 мл/кг*мин для женщин. В таких случаях значимым критерием «хорошей техники» становится соответствие выбранного способа решения двигательной задачи «оптимуму биомеханических условий работы мышц» для данного спортсмена. В свою очередь, оптимум биомеханических условий работы мышц связан с индивидуальными особенностями нервно-мышечного аппарата (НМА) и обеспечивающих систем (ОС) спортсмена [18, 266, 272].

Характеристики НМА и ОС зависят от:

– генетически обусловленных факторов;
– морфофункциональной специализации НМА и ОС, сформированной под влиянием тренировки;

– особенностей моторного обучения – используемый «вариант техники» мог быть сформирован в процессе целенаправленной «технической подготовки», при этом совершенно не очевидно, что этот вариант оптимален для данного спортсмена.

Именно поэтому спортсмены даже элитного уровня иногда сильно отличаются по внешним характеристикам движений [442].

В этой связи стратегиями формирования оптимального варианта техники в многолетнем аспекте и в макроцикле будет одна из следующих:

– «обучение» наиболее экономичному варианту выполнения СУ с одновременным приведением его НМА и ОС в соответствие с требованиями данного варианта техники СУ (в той степени, насколько это возможно);
– поиск баланса между экономичным вариантом техники СУ, а также врожденными или сформированными особенностями НМА и ОС.

К факторам, связанными с НМА и ОС, которые могут влиять на выбор того или иного варианта техники СУ, можно отнести:

– уровень МПК и АнП;
– композицию мышечных волокон в основных мышцах;
– строение структур опорно-двигательного аппарата, таких как:
  1) плечи силы тяги мышц;
  2) соотношение длины сухожильной и сократительной частей мышц;
  3) количество последовательно расположенных саркомеров мышечных волокон;
  4) силовые и скоростно-силовые способности спортсменов, включая «топографию силы» [18].

К факторам «экономичности техники», в частности в ЛЦВС, относят:

– внутрицикловые колебания горизонтальной скорости и амплитуду вертикальных перемещений ЦМТ, так как на разгон и вертикальное перемещение ЦМТ тратится энергия – в биатлоне значимость этого фактора повышается дополнительной массой винтовки;
– частоту шагов – с ростом частоты шагов растет работа по перемещению конечностей, лыж и палок относительно ЦМТ;
– градиент силы при отталкивании ногой – при «резком» («импульсном») скользящем отталкивании повышается сила трения скольжения, что приводит к потере кинетической энергии, но, с другой стороны, это может повысить использование доли энергии упругой деформации в совершении механической работы и частично компенсировать затраты на высокие вертикальные колебания ЦМТ;

– угол постановки палок– при бóльшем угле постановки уменьшается давление на лыжи, но создается невыгодный угол приложения усилия в начале отталкивания, в то же время при соответствующей силовой подготовленности это позволит раньше начать отталкивание и уменьшить непроизводительные паузы в цикле;
– угол палок при завершении отталкивания – при остром угле палок направление вектора приложения усилий для создания пропульсивных сил выгоднее, но возрастает механическая работа из-за высоких внутрицикловых колебаний и вертикальных перемещений туловища;
– способность сохранять проекцию ЦМТ в площади опорного контура и более «выпрямленное» положение туловища – уменьшает напряжение мышц для обеспечения баланса на скользкой поверхности и дает возможность более эффективно использовать вес тела при отталкивании;
– степень «синхронизации» отталкивания руками и ногой (сближение моментов начала соответсвющих отталкиваний) – снижает давление на опорную лыжу, но увеличивает внутрицикловые колебания.

Подчеркнем, что, как показано выше, для многих случаев имеет место разнонаправленность в действии многих факторов. Например, при меньшей частоте шагов требуется бóльшая сила мышц, повышается «внешняя работа», но уменьшается «внутренняя работа»; при большей частоте шагов меньше требования к силовой подготовленности, уменьшаются внутрицикловые колебания, но требуются более высокие аэробные возможности. Аналогичные моменты существуют для рабочего диапазона и амплитуды углов в суставах и т. д.

Определить «оптимальный вариант» техники аналитически при таком количестве противоречивых факторов практически невозможно. Однако проблема существует: какой вариант (характеристики) техники позволяет обеспечить наилучший баланс между особенностями НМА, ОС биатлонистов и многочисленными факторами, разнонаправленно действующими на экономичность движения и работу НМА в соревновательных условиях?

Для решения подобных вопросов в спортивных исследованиях может быть использован, например, подход, при котором сравнивается техника спортсменов различной квалификации. Предполагается, что спортсмены, достигшие лучших результатов в процессе многолетней тренировки, тем или иным образом выработали оптимальный вариант техники и сумели так сбалансировать его со своим двигательными и функциональными способностями, что это позволяет им находиться

выше других в спортивном рейтинге. Но подчеркнем, что при таких исследованиях некорректно использовать параметры движения одного, пусть даже выдающегося спортсмена – именно из-за его ярко выраженных индивидуальных особенностей. Здесь корректнее статистический подход, пусть даже на «малых выборках», так как особенности одних выдающихся спортсменов сглаживаются особенностями других. При таком подходе существенно повышается вероятность выделить именно те черты техники, которые действительно отличают более успешных спортсменов. Сказанное в полной мере относится и к спортсменам высокого класса.

В этой связи целью этой части исследования было изучить различия в кинематической структуре ООКХ биатлонистов из состава спортивной сборной команды РФ с разной результативностью соревновательной деятельности.

Для целей исследования у действующих спортсменов национальной команды России были зафиксированы кинематические показатели ООКХ на нескольких ЭКМ в сезонах 2017/18 и 2018/19 гг. Спортсмены были разделены на группу «основа» (n=8), которые постоянно участвовали в соревнованиях ЭКМ, и группу «резерв» (n=9) – те, кто, находясь и тренируясь в составе национальной команды, участвовали в соревнованиях кубка IBU, а к соревнованиям этапов Кубка мира привлекались эпизодически в рамках ротации. Средний (расчетный [197]) рейтинг в мировой квалификации спортсменов «основа» – 28,4, «резерв» – 66,7.

Для сравнения кинематических показателей все имеющиеся в распоряжении данные (по все стартам в спринтерских гонках, за все годы и по всем трем кругам дистанции) спортсменов групп «основа» и «резерв» объединялись, после чего рассчитывались средние арифметические каждого показателя, которые и использовались при межгрупповых сравнениях.

Межгрупповые различия определялись по t- критерию при $\alpha = 0,05$.

Размер эффекта рассчитывался по формуле Коэна (1988) [197]:

$$РЭ=(X1–X2)/\sqrt{(SD1^2+SD2^2)}$$

где РЭ – размер эффекта;

X – среднее значение;

SD – стандартное отклонение для двух групп.

Данные кинематических показателей СУ для двух групп приведены в таблице 21. Показатели проранжированы по РЭ. Ниже, в начале, интерпретированы РЭ, который соответствует различиям при $\alpha=0,05$.

Таблица 21

Различия средних значений показателей кинематики одновременного одношажного конькового хода биатлонистов спортивной сборной команды Российской Федерации в группах «основа» (n=8) и «резерв» (n=9) в сезонах 2019/20–2020/21 гг. При расчетах использовалась вся совокупность зафиксированных на ЭКМ циклов ООКХ

Параметр	Основа (n=180)	SD	Резерв (n=107)	SD	p	РЭ
° ТБС2	106,9	8,07	99,5	6,67	<0,01	0,71
Частота шагов	66,35	3,69	62,61	4,16	<0,01	0,67
t Р+Н	0,73	0,06	0,78	0,07	<0,01	-0,60
t ног	0,45	0,04	0,48	0,05	<0,01	-0,58
t рассинхронизации	0,25	0,03	0,27	0,03	<0,01	-0,50
t рук	0,28	0,03	0,30	0,03	<0,01	-0,47
S Р+Н	4,30	0,52	4,56	0,42	<0,01	-0,39
° ΔКС	22,53	7,36	18,26	8,16	<0,01	0,39
° ΔПС	81,57	13,73	88,57	12,2	<0,01	-0,38
S рук	1,64	0,19	1,74	0,17	<0,01	-0,37
° ТБС1	130,1	7,20	126,6	6,60	<0,01	0,36
S ног	2,66	0,37	2,82	0,30	<0,01	-0,35
° ΔТБС	23,21	8,05	27,08	8,34	<0,01	-0,33
t проката	0,46	0,05	0,48	0,05	<0,01	-0,31
° ПС2	13,87	7,21	16,78	6,35	<0,01	-0,30
° КС2	122,8	5,57	125,1	6,17	<0,01	-0,27
Длина шагов	5,28	0,79	5,53	0,62	<0,01	-0,25
° ПС1	67,70	12,92	71,79	13,0	0,01	-0,22
° КС1	145,4	5,82	143,3	6,83	0,01	0,22
t проката /t ног	1,04	0,16	1,01	0,14	0,07	0,17
t проката /t Р+Н	0,64	0,10	0,62	0,08	0,09	0,16
t проката /tрук	1,66	0,27	1,61	0,22	0,17	0,14
S проката /S Р+Н	0,61	0,10	0,60	0,08	0,20	0,13
S проката /S ног	0,99	0,17	0,96	0,14	0,17	0,13
S проката /S рук	1,61	0,30	1,57	0,23	0,28	0,12
S проката	2,63	0,52	2,71	0,43	0,08	-0,12
S прокат/Длина шагов	0,495	0,04	0,488	0,04	0,25	0,11
tрук/ tног	0,63	0,06	0,63	0,05	0,32	0,07
Угол палок	26,24	1,67	26,21	1,96	0,89	0,01

По критерию РЭ группа «основа» больше всего отличалась от группы «резерв» более вертикальным положением туловища в момент начала разгибания ноги. В целом, «основу» в плане угловых параметров отличали более вертикальное положение туловища в активной фазе, но более согнутая опорная нога в коленном суставе. При этом амплитуда движения в тазобедренном и плечевых суставах была меньше (меньше

раскачивание), а в коленном суставе – больше. Так как амплитуды в ТБС и КС в какой-то мере друг друга компенсировали, то можно предположить, что вертикальные перемещения ЦМТ в двух группах существенно не различались.

Вторая группа показателей, которые различались с высоким РЭ, – это временные показатели, определяющие большую частоту шагов бега у «основы». В порядке значимости – меньшие: время отталкивания ногой, руками, свободного проката. То есть «основа» сокращала длительность как активной, так и пассивной фазы.

Далее можно отметить полное отсутствие разницы по всем без исключения ритмовым показателям – по соотношению длительности и пути проката в фазах движения. То есть нет оснований выделить какое-то «ведущее звено» в фазовой структуре бегового цикла в ООКХ, связанное с результативностью биатлонистов. Угол палок при завершении отталкивания руками был одинаков.

Однако необходимо отметить тенденцию ($p=0,07–0,09$) больших значений всех временных и пространственных параметров проката относительно показателей отталкивания. Это может говорить о некоторой степени более высокой относительной активности приложения усилий группы «основа».

И, наконец, «основа» существенно и с относительно высоким РЭ отличалась меньшим рассогласованием между временем начала отталкивания руками и ногой.

Таким образом, результаты анализа кинематики ООКХ у биатлонистов высокого класса, представленные в таблице 21, с учетом использованного подхода, при котором значения индивидуальных кинематических показателей были приведены к одинаковой скорости движения, позволяют утверждать:

– биатлонисты «основы» передвигаются по дистанции преимущественно за счет большей частоты движений, а спортсмены «резерва» за счет большей длины лыжных шагов;
– значительные различия между двумя группами выявлены по большинству пространственных, временных и угловых параметров СУ;
– «основа» и «резерв» не различались по ритмовым характеристикам, но у первых были более согласованные во времени фазы отталкивания руками и ногой;
– на уровне тенденции у «основы» был более длинный и долгий прокат относительно длительности их бегового цикла.

На основе полученных данных можно также выделить следующие важные особенности в технике двух групп.

Более короткий путь, проходимый за время цикла «основой», указывает на меньшую величину (точнее, импульс силы) приложения мышечных усилий в фазах работы рук и ног. Однако значительно более короткая длительность отталкивания, но меньшая разница по времени и пути проката позволяют предполагать, что, «экономя на усилии», спортсмены группы «основы» существенно опережают спортсменов «резерва» по быстроте реализации усилий при тенденции создания большего импульса силы. Это следует из соотношения активных и пассивных фаз.

Однако данный вывод, вероятнее всего, справедлив только в отношении коленного сустава, в котором при более коротком отталкивании амплитуда движения была существенно выше, в то время как активность (амплитуда) движения в ТБС у «основы» была меньше, что вполне может отражать оптимизацию движения в связи с увеличением момента сил в этом суставе в связи с ношением винтовки. Кроме этого, сохранение более выпрямленной и, как можно предположить, более устойчивой позиции во время отталкивания у спортсменов «основы» общий центр массы тела может значительно меньше выходить за площадь опорного контура в момент навала на палки. Такая особенность может выражаться в повышении устойчивости тела, снижении излишнего напряжения мышц ног и может позволить более эффективно уменьшать давление на лыжу за счет работы рук, мышц плечевого пояса и спины.

Кроме этого, если рассматривать соотношение суставных углов с позиции биомеханической целесообразности техники передвижения ООКХ, то здесь, на уровне тенденции, но при достаточно высоком РЭ, биатлонисты «основы» демонстрируют меньшие значения угла в плечевом суставе в момент формирования атакующей позиции в сочетании с большим углом в тазобедренном суставе, тогда как «резерв» имеет меньший угол в тазобедренном и больший угол в плечевом суставах. В этом случае можно говорить о том, что спортсмены «резерва» в атакующей позиции при постановке палок больше сгибают руки в плечевых суставах для создания устойчивого положения тела, а не потому, что у них выше, чем у «основы», силовые возможности мышц плечевого пояса и рук, как может показаться, если сравнивать обе группы спортсменов только по углу сгибания в плечевом суставе. Иными словами, больший угол сгибания в плечевом суставе у биатлонистов «резерва» может быть вынужденной мерой биомеханической компенсации потери равновесия, а не отражения, например, высокого уровня силовых возможностей мышц, хотя последнее нельзя отрицать, на что указывает большая длина шагов,

создаваемая за счет не только более длинных фаз отталкивания (более «затянутых» движений), но и тенденции к большей длине проката, что возможно только при большем импульсе силы (механической работе), создаваемого на опоре.

В заключение стоит отметить меньшую рассинхронизацию во времени моментов отталкивания ногой и руками у спортсменов «основы». Это снижает давление на лыжу и уменьшает период двухопорного скольжения, давая мышцам возможность расслабиться после отталкивания.

Таким образом, можно заключить, что:

1. При нормировании кинематических параметров к одинаковой скорости было определено, что биатлонисты, входящие в группу «основа», использовали стратегию передвижения по дистанции с более высокой частотой движений и меньшей длиной лыжных шагов, тогда как спортсменов группы «резерв» отличала большая длина шагов. Это противоречит сложившимся представлениям и имеющимся в литературе данным, полученным на лыжниках-гонщиках и спортсменах более низкой квалификации.

2. Биатлонисты «основы» более эффективно «конструируют» соревновательное движение с позиции положения и амплитуды движения в плечевом, тазобедренном и коленном суставах, добиваясь устойчивого положения ЦМТ в момент навала на палки и снижения давления на лыжу за счет биомеханически выгодной работы мышц рук, плечевого пояса, спины. Возможно, это, наряду с другими возможными факторами, позволяет им не отличаться от «резерва» по длине проката при более коротких фазах отталкивания руками и ногой.

3. Биатлонисты «резерва» создают в атакующей позиции больший угол сгибания в плечевом суставе в момент постановок палок, что обусловлено требованиями к сохранению равновесия тела в связи с биомеханически нецелесообразным углом сгибания в тазобедренном суставе, а не стремлением более полноценно использовать силовой потенциал мышц рук и плечевого пояса.

4. Одним из важных отличий техники группы «основа» является тенденция меньшей рассинхронизации по времени моментов отталкивания руками и ногой, что не только снижает давление на лыжу в момент отталкивания, но и сокращает период двухопорного скольжения, удлиняя тем самым период мышечного расслабления.

5. Большая амплитуда движения в коленном суставе при укороченном отталкивании, с одной стороны, и относительно более длинном прокате,

с другой, позволяет предположить, что спортсмены «основы» имеют несколько большую «импульсность» отталкивания именно за счет разгибания ноги в коленном суставе. Большее активное участие в движении КС вместе с дополнительной массой винтовки может объяснять более высокие показатели силы мышц коленного сустава по сравнению с ЛГ (см. раздел 3.1), несмотря на значительно более объемные и интенсивные силовые нагрузки у последних (раздел 2.1).

4.4 Динамика показателей одновременного одношажного конькового хода соревновательного упражнения по кругам спринтерской гонки

Динамику изменения биомеханических параметров по кругам дистанции традиционно определяют для оценки влияния утомления. Однако биатлон в этом ряду занимает особое положение, так как спортсмены первые два круга бегут с некоторой оптимальной для себя скоростью из-за необходимости подойти в оптимальном состоянии к рубежу. Фактор утомления если и будет сказываться, то в минимальной степени. Третий же круг спортсмены бегут, как правило, быстрее, соответственно прикладывая гораздо больше усилий для преодоления утомления, которое неизбежно наступает. Поэтому оценка показателей кинематики по кругам имеет дополнительный интерес из-за действия дополнительных факторов.

Для определения среднего изменения параметров ООКХ по кругам спринтерской дистанции были усреднены данные по двум видеозаписям параметров бега восьми биатлонистов – лидеров российской команды, которые участвовали в одних и тех же гонках на разных ЭКМ (таблица 22). С учетом того, что, как показано в предыдущем разделе, большая часть параметров достоверно связана со скоростью, а средняя скорость относительного первого круга достоверно изменилась, все значения были скорректированы на разницу в скорости бега. То есть значения представлены в виде, как если бы скорость от круга к кругу не изменялась. Достоверность различий показателей кинематики между кругами оценивалась по Т-критерию Вилкоксона. Для оценки степени влияния фактора различий между кругами рассчитывался размер эффекта (РЭ) изменения показателей относительно перового круга.

На рисунке 46 графически отражен РЭ изменения показателей относительно первого круга.

Прежде всего следует отметить, что на изучаемых ЭКМ российские спортсмены не увеличили среднюю скорость бега на третьем круге (таблица 22), как это обычно происходит у лидеров на гонках ЭКМ.

Таблица 22

Средние значения и процент изменения кинематических показателей при беге ООКХ биатлонистов высокого класса (n=8) по кругам спринтерской дистанции после коррекции значений на разницу в скорости бега на соревнованиях ЭКМ. Приведены только показатели, имеющие достоверные отличия (α=0,05) относительно первого круга

Показатели	Значения индексов			% изменения относительно первого круга		
	1 круг	2 круг	3 круг	1 круг	2 круг	3 круг
V цикла	5,87	5,42	5,43	0,00	-8,15*	-8,09*
Длина шагов	5,18	5,37	5,35	0,00	3,44*	3,13*
Частота шагов	66,97	64,38	64,56	0,00	-4,02*	-3,74*
S рук	1,68	1,70	1,74	0,00	0,74	3,08*$
S ног	2,64	2,75	2,76	0,00	3,90*	4,25*
S прокат	2,55	2,63	2,61	0,00	3,09*	2,19
t прокат/t рук	1,60	1,55	1,52	0,00	-3,24*	-5,14*
t рук	0,29	0,29	0,30	0,00	1,62	3,26*
t ног	0,45	0,47	0,47	0,00	4,15*	4,23*
t рассинхронизации	0,25	0,26	0,26	0,00	1,99	4,28*
Угол палок	25,76	26,18	26,02	0,00	1,63*	0,99
° ТБС1	129,67	127,85	127,07	0,00	-1,42*	-2,04*
° ТБС2	102,40	104,16	101,80	0,00	1,69	-0,60$
° ΔТБС	27,27	23,69	25,28	0,00	-15,10*	-7,88*

Примечания: сокращения соответсвуют описанию в таблице 19.
* – разница достоверна относительно первого круга, разница достоверна относительно второго круга.

В этой связи можно считать, что если на втором круге изменения кинематики могут рассматриваться в равной степени, как в контексте идеи о возможной «оптимизации» техники бега в связи с подготовкой к ответственной стрельбе стоя, так и под влиянием, как это принято считать, «компенсированного утомления», то на третьем круге можно говорить о влиянии фактора «не компенсированного утомления», несмотря на максимальные усилия, прикладываемые спортсменами для увеличения скорости.

На втором круге имели место увеличение длины и уменьшение частоты шагов (рисунок 46, график А). Существенно, что это не согласуется с ранее полученными данными в других локомоциях (см. первую главу). С насту-

плением утомления происходят, как правило, противоположные явления, даже на одинаковой скорости, поэтому полученная закономерность – это довод в пользу предположения об «оптимизации» техники бега.

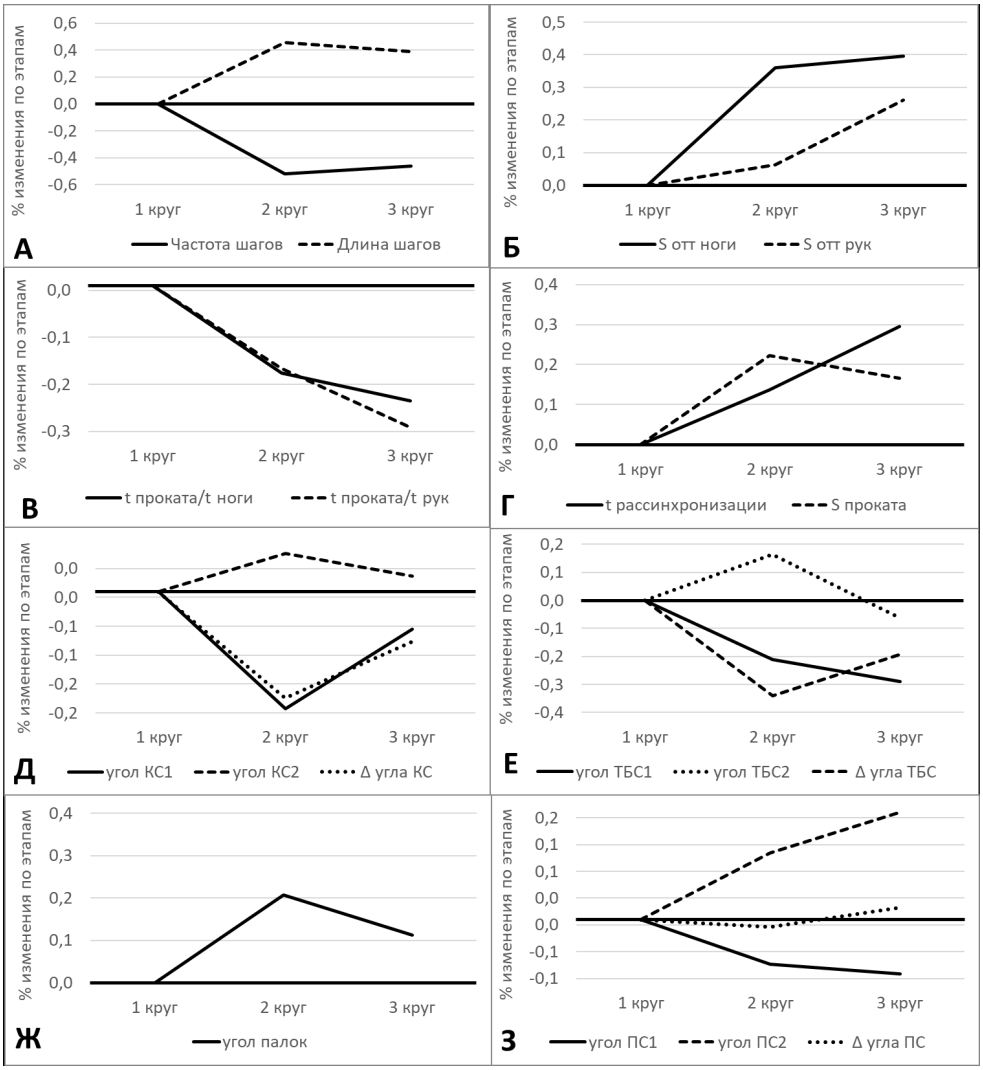


Рис. 46 – Изменения кинематических показателей относительно первого круга при беге ООКХ биатлонистов высокого класса по кругам спринтерской дистанции после коррекции значений на разницу в скорости бега, выраженные в единицах размера эффекта (РЭ)

Если придерживаться этого суждения, то отметим, что увеличение длины шагов сопровождалось увеличением времени и пути отталкивания ногой, но не руками (график Б). Последнее объяснимо по причинам,

обсуждавшимся в предыдущем разделе: путь отталкивания руками не может быть существенно увеличен из-за фиксации палок в снегу, уменьшенной амплитуды сгибания в ТБС (график Е) и неизменной амплитуды сгибания в ПС (график З).

Путь свободного проката увеличился достоверно, но при низком РЭ (график Г). Однако интересно, что при увеличении длины шагов и времени отталкивания ногой отношения длины свободного проката к длительности отталкивания, причем и руками и ногой, сократились. Другими словами, относительный импульс отталкивания уменьшился – спортсмены стали выполнять отталкивание менее активно. При этом время рассинхронизации между началом отталкиваний руками и ногой (график Г) возросло и к третьему кругу достигло достоверной величины. Таким образом, если время синхронизации считать критерием «техничности», то полученные данные не подтверждают идею, что на втором круге имеет место «оптимизация техники». Точно так же на втором круге биатлонисты уменьшили угол наклона туловища к горизонту – сильнее наклонили корпус вперед, а точку таза отвели дальше назад от проекции на опору, что также нельзя считать положительным фактором. Например, это характерно для группы «резерв», но не «основы» (раздел 4.2.). Таким образом, оба факта говорят в пользу предположения о влиянии утомления, но не поддерживают идею об «оптимизации» бега на втором круге.

Проявилась тенденция уменьшения угла в КС и, следовательно, более низкого положении ЦМТ при неизменной амплитуде в КС между моментами постановки палок и нижней точкой сгибания ноги. При этом углы в плечевом суставе никак не изменились, а угол палок достоверно увеличился, что также не совсем укладывается в представления об «оптимизации техники».

Подводя итог изменениям кинематики на втором круге спринтерской дистанции повторим, что общей тенденцией были уменьшение активности отталкивания, в большей мере ногой, потенциальное увеличение момента сил в ТБС и КС, увеличение угла отталкивания палками. Таким образом, необходимо сделать вывод, что на втором круге проявляется утомление и полученные изменения нельзя объяснять трендом в сторону «оптимизации» техники.

На третьем круге дистанции при фактически неизменной скорости бега, стабилизации длины и частоты шагов относительно второго круга достоверно изменились только два параметра – увеличились путь и время отталкивания руками, а также уменьшился угол наклона туловища вперед – спортсмены стали ехать с большим наклоном туловища вперед.

Если предположить, что спортсмены на третьем круге находились в состоянии существенного утомления, а на первом и втором кругах – нет, то такие изменения можно интерпретировать только таким образом, что существенно упала активность отталкивания руками (отношение t прокат/t рук еще больше снизилось), а вклад рук в импульс отталкивания поддерживался увеличением времени и пути контакта палок с опорой за счет тенденции увеличения угла в ПС в конце отталкивания палками.

Показатели отталкивания ногой относительно второго круга статистически не изменились, но общей тенденцией было еще большее удлинение отталкивания относительно значений первого круга. Таким образом, можно предположить, что ноги взяли на себя основную нагрузку по компенсации работы утомленных мышц плечевого пояса. При этом тенденция рассинхронизации отталкивания руками и ногами продолжилась.

По итогам результатов исследования возможно сделать вывод, что тенденции, зафиксированные в таблице 22 и на рисунке 46, указывают на снижение эффективности техники, но также должны соответствовать изменениям, происходящим при ухудшении физических кондиций биатлонистов. Насколько это суждение справедливо, будет обсуждаться ниже.

4.5 Факторная структура кинематических показателей при беге одновременным одношажным коньковым ходом на лыжах и лыжероллерах

При обсуждении данных по закономерностям варьирования характеристик кинематических параметров техники ООКХ в зависимости от разных факторов необходимо рассмотреть корреляционную и факторную структуру взаимосвязей кинематических показателей между собой при беге в условиях соревнований. Такие данные на биатлонистах самого высокого класса получены впервые и необходимы для понимания корреляции параметров кинематики с физической подготовленностью спортсменов, которая будет обсуждаться в следующих разделах. Для сравнения приведены данные по факторной структуре взаимосвязей кинематики у лыжников при беге на роллерах.

Так же, как и в предыдущих случаях, показатели были нивелированы на скорость бега. В связи с ограниченным объемом книги корреляционные матрицы не представлены, но даны факторная структура и интерпретация наиболее важных, на наш взгляд, взаимосвязей. Количество

случаев, включенных в расчет корреляций и определения факторной структуры, составило 291 для бега на лыжах путем объединения всех данных видеосъемки спортсменов, полученных в спринтерских гонках ЭКМ (в сезонах 2017/18 и 2018/19). Правомерность такого объединения подтверждено оценкой нормальности выборок по всем показателям с использованием критерия Колмогорова-Смирнова (StatPlus: mac при уровне значимости 0,05). Аналогично получено 152 случая бега на роллерах 13 биатлонистов и 129 случаев 17 лыжников, включенных в состав сборной России в 2023 году, выполнявших тест 5х100–120 метров. Обрабатывались данные бега со скоростью, соответствующей третьей-четвертой зонам интенсивности. Анализ факторной структуры по критерию «каменистой осыпи» определил достаточность выделения пяти факторов.

В таблице 23 приведены коэффициенты корреляции только тех показателей, которые имели значимую связь с тем или иным фактором.

При беге на лыжах у биатлонистов первым и наиболее весомым стал фактор, который, с одной стороны, может быть назван «ритмовая структура ООКХ», а, с другой, наиболее важным показателем в нем стали путь и длительность свободного проката, который детерминирует другие связанные с ним ритмовые показатели: отношение к длительности бегового цикла, отталкиванию ногой и руками.

Второй фактор – «длина шагов». Причем длину шагов в наибольшей степени определяет не путь проката, а компоненты активной фазы – длины отталкивания руками и ногой при большей роли длины отталкивания ногой.

Третий фактор указывает, что амплитуду движения в плечевых суставах определяет угол в суставах при постановке палок.

Четвертый фактор – в соотношении времени отталкивания руками и ногой ведущим элементом является длительность отталкивания руками. Показатели отталкивания ногой – более стабильный фактор.

Пятый фактор позволяет заключить, что амплитуду в коленном суставе, так же как и в плечевом, в большей мере определяют величины углов в суставах в начале бегового цикла при постановке палок.

При беге на роллерах у биатлонистов структура первого – ритмового и второго фактора, объединяющего параметры длины шагов, – совершенно идентична структуре факторов бега на лыжах, в которых в первом случае ведущим звеном являются показатели свободного проката, а во втором – длительность проката в активных фазах цикла.

Третий фактор говорит о взаимосвязи амплитуды в ТБС и КС, которая существенно связана с углом в коленном суставе в начале цикла.

Таблица 23

Факторная структура кинематических показателей ООКХ при беге на лыжах биатлонистов в условиях спринтерских гонок на этапах КМ и на роллерах при выполнении теста 5х100 м в тренировочных условиях

Переменная/фактор	Лыжи, биатлонисты					Лыжероллеры, биатлонисты					Лыжероллеры, лыжники-гонщики				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Длина шагов	0,40	**0,87**	0,05	-0,13	-0,11	0,66	**0,71**	0,02	-0,14	-0,03	0,46	**0,87**	-0,04	0,04	-0,14
S прокат/Дл. шагов	**0,94**	-0,25	-0,02	0,13	-0,03	**0,91**	-0,28	0,03	0,19	0,05	**0,95**	-0,22	-0,01	0,05	0,05
tрук/ tног	0,15	-0,24	0,05	**0,94**	0,04	0,10	-0,14	0,00	**0,82**	0,09	-0,07	-0,05	-0,03	-0,01	**0,92**
t проката /t ног	**0,93**	-0,23	0,01	0,17	0	**0,92**	-0,26	-0,02	0,16	0,04	**0,95**	-0,21	0,00	-0,04	0,13
t проката /tрук	**0,86**	-0,08	-0,04	-0,43	-0,08	**0,92**	-0,20	-0,03	-0,25	-0,02	**0,89**	-0,17	-0,01	-0,02	-0,38
t проката /t Р+Н	**0,95**	-0,18	-0,01	-0,05	-0,07	**0,95**	-0,25	-0,01	0,01	0,02	**0,96**	-0,20	0,00	-0,03	-0,07
S рук	-0,31	0,56	0,11	**0,74**	-0,03	-0,11	**0,84**	-0,05	0,38	0,07	-0,34	**0,75**	-0,11	-0,02	0,47
S Р+Н	-0,47	**0,84**	0,07	0,18	-0,06	-0,19	**0,96**	-0,03	-0,06	-0,02	-0,35	**0,92**	-0,05	-0,01	0,09
S ног	-0,47	**0,83**	0,03	-0,20	-0,06	-0,20	**0,89**	-0,02	-0,29	-0,07	-0,32	**0,92**	-0,02	0,00	-0,17
S прокат	**0,92**	0,35	-0,01	0,01	-0,09	**0,94**	0,30	0,04	0,01	0,01	**0,86**	0,48	-0,04	0,06	-0,07
Угол палок	0,05	-0,16	0,04	0,01	0,28	-0,15	0,05	-0,19	**0,66**	-0,02	-0,07	0,00	**0,71**	0,09	0,12
t рассинх	-0,22	0,62	0,03	0,10	0	-0,16	0,63	-0,07	-0,05	0,22	-0,12	0,58	-0,24	0,19	0,32
° ТБС2	0,09	-0,23	-0,55	0,04	-0,06	0,21	-0,14	-0,25	0,53	0	-0,08	-0,05	**0,81**	-0,01	0,02
° ΔТБС	-0,32	0,18	0,21	-0,04	-0,47	-0,15	0,12	**0,77**	-0,17	0,09	-0,05	0,36	-0,69	0,06	0,20
° КС1	-0,17	0,06	-0,21	-0,01	**0,61**	0,115	-0,20	**0,81**	-0,01	-0,02	-0,05	0,36	0,14	0,26	0,24
° ΔКС	-0,15	-0,08	-0,08	0,02	**0,97**	0,056	-0,03	0,63	-0,36	0,25	-0,16	0,31	0,13	-0,40	0,42
° ПС1	-0,08	0,03	**0,85**	0,04	-0,01	0,116	0,03	0,06	-0,12	**0,85**	-0,01	0,03	-0,11	**0,87**	-0,15
° ΔПС	-0,06	0,02	**0,86**	0,16	-0,10	0,02	-0,05	-0,04	0,10	**0,91**	0,01	0,01	0,05	**0,99**	0,11
Доля фактора (%)	**0,39**	**0,16**	**0,10**	**0,09**	**0,09**	**0,31**	**0,18**	**0,11**	**0,10**	**0,09**	**0,27**	**0,22**	**0,11**	**0,11**	**0,10**

Примечание: расшифровку обозначений см. в таблице 19. Жирным шрифтом выделены значимые для фактора коэффициенты корреляции.

Четвертый фактор указывает на положительную связь между отношением длительности отталкивания руками и ногой с углом палок при завершении активной фазы. Видимо, за время относительно более длительного проката при отталкивании спортсмены «успевают вложиться» в отталкивание палками и поэтому у них есть возможность «не доталкиваться» быстрее, снимая палки с опоры при большем угле их наклона. Но также вероятен фактор «вставания» на опорной ноге, пока толчковая еще оказывает давление на опору.

Время отталкивания затягивается, а спортсмен уже начинает формировать подготовку к следующему отталкиванию, т.к., помимо негативного воздействия на пропульсивную силу, увеличение угла палок и ПС2 ведет к ускорению возврата рук в атакующую позицию.

В пятом факторе, так же как и на лыжах, объединились показатели работы в плечевых суставах.

У лыжников набор взаимосвязанных показателей в первых двух факторах снова оказался полностью идентичным показателям биатлонистов.

Третий фактор указывает, что у лыжников более тесно связан угол палок с углом в ТБС в середине опоры.

На пятом выделилось только соотношение длительности опоры руками и ногой как показатель, независимый от других факторов.

Таким образом, анализ факторной структуры позволяет заключить, что корреляционно наиболее тесно связанными оказались показатели, определяющие ритмовую (временную) структуру бегового цикла, причем все показатели связаны с длительностью и путем свободного проката, то есть ритмовая структура определяется его параметрами. Еще это можно было бы интерпретировать таким образом, что лыжники и биатлонисты регулируют параметры активной фазы таким образом, что они влияют прежде всего на параметры свободного проката.

Длина шага, наоборот, и это вполне логично, полностью определяется факторами (пространственными), влияющими на длину проката в активных компонентах бегового цикла. Причем длина шагов в большей мере связана с длиной проката при отталкивании ногой.

Достаточно неожиданно оказалось, что кинематические показатели работы в суставах никак не связаны с временными и пространственными характеристиками бега. Складывается впечатление, что при их регулировании спортсмены решают какие-то другие задачи, напрямую не влияющие на длину/частоту шагов и пространственно-ритмовую структуру свободного проката и компонентов активной фазы бегового цикла, возможно, задачу удержания равновесия или какие-то другие чисто координационные и «технические» задачи. При этом определяющим звеном,

влияющим на другие угловые параметры, оказалось положение в суставах в момент постановки палок. Наличие достоверных взаимосвязей между угловыми и временными параметрами в обычной (не факторной) матрице в этом случае правильнее назвать ложными. Тем не менее они обсуждаются ниже, чтобы читатель сам решил, отражают они реальные закономерности техники бега или нет.

Относительно независимыми от других выступил показатель соотношения отталкивания руками и ногой, а также время рассинхронизации.

При анализе факторной структуры, определяющей взаимосвязи показателей и не приведенных здесь корреляционных матриц, можно выделить также следующее.

Основными переменными, связанными с продольным перемещением спортсмена за время бегового цикла, являются длина и частота шагов, время отталкивания и путь при отталкивании руками и ногой, время свободного проката.

Очевидно, что в наиболее общем случае показатели пути и длительности фаз бегового цикла связаны между собой, однако обращает на себя внимание ряд моментов.

Прежде всего, после коррекции на скорость величина связей (в корреляционных матрицах) оказалась невысокая – в большинстве случаев не превышающая 0,6. Это свидетельствует о наличии дополнительных факторов, влияющих на взаимосвязь показателей.

Второе: путь при отталкивании руками и ногой связаны между собой слабо и на лыжах, и на роллерах (r=0,18–0,20). Складывается впечатление, что работа руками и ногами при отталкивании в ООКХ в существенной степени независима друг от друга. Однако с длиной шагов более тесно связана длина отталкивания ногой (r=0,64–0,82) причем на лыжах достоверно теснее.

Напротив, такой важный технический элемент ООКХ, как время рассинхронизации между началом отталкивания руками и ногой, существеннее зависит от работы рук (r=0,50–0,61) по сравнению с ногами (r=0,24–0,44).

Второй важный технический элемент – длительность/путь свободного проката, являясь сильным детерминантом длины шагов (r=0,89–0,91), вообще никак не связан с длительностью отталкивания руками либо ногой. Причем тенденция связи – отрицательная (таблица 23). Другими словами, длина проката полностью определяется мощностью и градиентом силы отталкивания, которые детерминируют величину импульса силы, создаваемой спортсменами на опоре.

Амплитуда движений в плечевых суставах, как оказалось, слабо связана с длительностью отталкивания руками (r = 0,16), и только у биатлонистов при беге на лыжах. На роллерах такая связь полностью отсутствует.

Однако с длительностью отталкивания руками положительно связан угол ТБС при постановке палок. То есть у БИ и более сильно у ЛГ (r = 0,50) «наваливание» туловища на палки в сочетании с большей амплитудой работы в ТБС, по всей видимости, увеличивает длительность отталкивания руками.

Однако амплитуда работы туловища отрицательно связана со свободным прокатом (r = –0,23). В то же время длительность отталкивания руками уменьшается при более вертикальном положении туловища в нижней точке сгибания коленного сустава, то есть в первой трети фазы приложения усилий.

Показателями, связанными с вертикальными колебаниями лыжника и положением его ЦМТ относительно поверхности, являются углы в ТБС и КС при постановке палок на опору (начало цикла) и в нижней точке (начало приложения усилия), а также амплитуда движения в ТБС и КС. Положения и движения в этих суставах синхронизированы, то есть все корреляции положительные, кроме очевидной отрицательной связи между амплитудой ТБС и углом в ТБС в нижней точке (при максимальном наклоне) (r = –0,62).

Взаимосвязь показателей «вертикальной амплитуды» и основных продольных характеристик движения характеризуется слабыми, но положительными корреляциями. Это объяснимо, так как более «затянутые» движения лыжников, как известно из практики, характеризуются большими амплитудами и большей длительностью работы в основных суставах. Тем не менее напомним, что на уровне «частных корреляций» (таблица 22) такие связи отсутствуют.

В то же время отдельно можно рассмотреть связь с двумя «горизонтальными» техническими показателями: временем свободного проката и рассинхронизации.

Вопреки бытующим представлениям о «затянутых движениях», при которых прокат, как считается, должен быть больше, это явно не распространяется на время свободного проката: амплитуды работы в ТБС (r = –0,23) и КС (r = –0,29), а также углы в этих суставах (r = –0,24 и –0,22) с прокатом связаны отрицательно. Другими словами, более длительный прокат имели те биатлонисты, которые начинали цикл более выпрямленными, с более высоким положением ЦМТ и меньше «подседали» при выполнении отталкивания ногой. Аналогично время рассинхронизации между отталкивани-

ем руками и ногой положительно связано с вертикальными колебаниями и более низким положением ЦМТ в начале и по ходу активной части цикла. Вероятно, это связано с тем, что в стремлении сохранить частоту биатлонисты просто «обкрадывают» себя в прокате, при этом гася внутрицикловые колебания скорости, растягивая время приложения усилия.

Некоторые закономерности имеет смысл выделить при анализе других кинематических показателей ООКХ. В частности, меньший угол палок к горизонтали при завершении отталкивания руками имели биатлонисты с более длительным циклом, большим прокатом за цикл и, соответственно, с большей амплитудой движения в суставах ног (но не в плечевых) и более низком положении ЦМТ. Все отмеченное закономерно и не вызывает вопросов.

Углы в ПС. Их начальное, конечное значение и амплитуда положительно связаны с длительностью отталкивания руками. Это объяснимо. Гораздо больший интерес вызывает отрицательная связь угла в ПС при завершении отталкивания палками с длительностью отталкивания ногой ($r = –0,20$) и, соответственно, амплитудой работы в суставах ног. Другими словами, биатлонисты, выполняющие более быстрое менее амплитудное отталкивание ногами, имеют тенденцию больше «дорабатывать» руками за счет большего разгибания в ПС. Это, возможно, связано со стремлением максимально быстро вернуть руки в атакующую позицию. Спортсмены, ускоряя отталкивание ногой, ускоряют время цикла, поэтому вынуждены более быстро возвращать руки для организации следующего цикла движения.

4.6 Различия кинематических параметров одновременного одношажного конькового хода на лыжероллерах у лыжников и биатлонистов, мужчин и женщин

В таблице 24 приведены средние значения показателей кинематики одновременного одношажного конькового хода при беге на лыжероллерах лыжников и биатлонистов (М+Ж), мужчин и женщин (ЛГ и БИ), включенных в состав сборных команд России в 2023 году в тренировочных условиях (тест 5 х 100–120 м, третья-четвертая зоны интенсивности). Все значения в выборках испытуемых были приведены к одинаковой средней скорости бега: ЛГ и БИ – 7,06 м/с, М и Ж – 7,15 м/с.

Большая часть средних значений показателей между выборками статистически различалась, поэтому анализ приведен прежде всего по размеру эффекта (РЭ) влияния факторов «спорт» и «гендер».

Лыжники по сравнению с биатлонистами имели меньшую длину и, соответственно, большую частоту шагов. Это обусловлено меньшей длиной свободного проката при близких с биатлонистами абсолютными показателями пути длительности отталкивания руками и ногой. Соответственно, все ритмовые показатели фаз бегового цикла относительно длины проката у них были также меньше. Наибольший размер эффекта выявлен по показателю времени рассинхронизации – у ЛГ он был существенно короче.

По показателям углов в суставах лыжников характеризовали такие же значения ТБС, как у биатлонистов, но при этом имели меньший угол и амплитуду движений в коленном и плечевых суставах. Возможно, что более низкое положение ЦМТ явилось причиной меньшего угла палок в конце отталкивания, даже несмотря на меньшую амплитуду и меньший угол в ПС в конце отталкивания.

Мужчин отличала от женщин прежде всего большая длина шагов. Однако, в отличие от закономерности по фактору «спорт», у мужчин большая длина бегового цикла достигалась за счет больших абсолютных значений пути за время активной фазы при наибольшем размере эффекта длины отталкивания руками. Абсолютные значения проката, так же как время рассинхронизации, не различались.

Снова, в отличие от фактора «спорт», гендерные различия выразились в показателях работы, прежде всего в ТБС – мужчины имели больший наклон туловища вперед в середине опоры и большую амплитуду в ТБС. С учетом меньшего значения в КС можно утверждать, что мужчины бежали с более низким положением ЦМТ. Соответственно, несмотря на одинаковые показатели работы в ПС, мужчины имели меньший угол отталкивания палками в конце цикла.

Таблица 24

Сравнение («р» и РЭ) показателей кинематики одновременного одношажного конькового хода (X±SD) при беге на лыжероллерах лыжников и биатлонистов (М+Ж), мужчин и женщин (ЛГ и БИ) в тренировочных условиях со средней скоростью: ЛГ и БИ – 7,06 м/с, М и Ж – 7,15 м/с. Аббревиатуры см в таблице 19

Показатель	ЛГ n=218	SD	БИ n=376	SD	p	РЭ	М n=280	SD	Ж n=315	SD	p	РЭ
Длина шагов	6,61	0,59	6,78	0,57	<0,01	-0,29	6,85	0,58	6,72	0,58	0,01	0,22
S проката/Длина шагов	0,52	0,03	0,53	0,04	<0,01	-0,29	0,52	0,04	0,53	0,04	0,03	-0,18
t руками/ t ногой	0,56	0,04	0,57	0,05	0,06	-0,16	0,57	0,04	0,56	0,05	<0,01	0,41
t проката /t ногой	1,12	0,15	1,17	0,18	<0,01	-0,30	1,14	0,15	1,16	0,19	0,14	-0,12
t проката /t руками	1,99	0,28	2,06	0,32	0,02	-0,20	1,99	0,27	2,09	0,33	<0,01	-0,34
t проката /t Р+Н	0,71	0,09	0,74	0,11	<0,01	-0,27	0,72	0,09	0,75	0,11	0,01	-0,21
S руками	1,75	0,19	1,78	0,17	0,11	-0,14	1,84	0,18	1,72	0,16	<0,01	0,67
S ногой	3,20	0,30	3,20	0,29	0,96	0,00	3,27	0,30	3,16	0,28	<0,01	0,38
S Р+Н	4,95	0,46	4,98	0,41	0,48	-0,06	5,11	0,44	4,88	0,40	<0,01	0,54
S проката	3,41	0,43	3,58	0,49	<0,01	-0,35	3,57	0,46	3,56	0,49	0,64	0,04
Угол палок	24,99	1,83	25,45	1,76	<0,01	-0,26	24,91	1,72	25,58	1,81	<0,01	-0,38
t рассинхронизации	0,20	0,04	0,24	0,03	<0,01	-0,99	0,22	0,04	0,22	0,04	0,78	-0,02
° ТБС1	127,14	5,33	127,96	5,05	0,06	-0,16	127,64	5,00	127,34	5,28	0,48	0,06
° ТБС2	101,94	6,64	101,12	6,51	0,14	0,13	99,48	5,94	102,96	6,75	<0,01	-0,55
° ΔТБС	25,07	6,19	26,70	7,22	0,01	-0,24	28,16	6,15	24,54	7,05	<0,01	0,55
° КС1	142,63	4,58	145,54	5,34	<0,01	-0,57	144,18	5,77	144,67	4,67	0,26	-0,09
° КС2	125,52	5,03	126,52	4,81	0,02	-0,20	125,43	4,75	126,64	5,05	<0,01	-0,25
° ΔКС	17,25	4,57	19,24	5,80	<0,01	-0,37	18,75	5,43	18,30	5,48	0,31	0,08
° ПС1	66,87	6,80	68,70	8,30	0,01	-0,23	68,43	6,81	67,20	8,50	0,06	0,16
° ПС2	6,22	4,39	7,79	4,89	<0,01	-0,33	7,41	4,56	7,04	4,95	0,35	0,08
° ΔПС	72,64	7,64	76,48	8,38	<0,01	-0,47	75,83	7,91	74,49	8,47	0,05	0,16

Как было показано во второй главе, спортсмены существенно различались по средним показателям физической подготовленности и по фактору «спорт» и фактору «гендер». Поэтому анализ взаимосвязей кинематики ООКХ с показателями двигательных и функциональных способностей, а также экономичности, представляет особый интерес.

4.7 Взаимосвязь параметров соревновательного упражнения биатлонистов высокого класса с показателями физической подготовленности, приобретенной в течение подготовительного периода

Этот вопрос обсуждается только на примере биатлонистов, так как по лыжникам соответствующие данные отсутствуют.

Задача повышения дистанционной скорости в биатлоне решается каждый год. Но повышение объемов и интенсивности не безгранично и входит в противоречие со стрелковой подготовкой, поэтому второе направление усилий – улучшение «техники». Однако проблемой является факт, что в процессе многолетней подготовки все детерминанты внешних и внутренних параметров движения спортсменов высокого класса оказываются хорошо согласованными (сонастроенными) между собой. Это определяет индивидуальный «рисунок техники», которая, как почерк, имеет достаточно жесткую структуру, устойчива и сохраняется даже в сильно вариативных внешних условиях биатлонных соревнований. Поэтому изменение «техники» путем обучения ее «наиболее рациональному варианту» чаще приносит плоды только до первых соревнований. Затем «техника» или возвращается к привычному варианту, или «разваливается» [427].

В этой связи специалистами давно обращалось внимание на зависимость динамической и кинематической структуры спортивных движений от свойств исполнительного (нервно-мышечного) аппарата спортсмена. На основании этого делается предположение, что оптимизация «техники», в том числе в циклических видах спорта на выносливость, возможна или даже должна осуществляться в контексте и средствами силовой тренировки, тем более что много отечественных, а затем и зарубежных исследований однозначно подтвердили положительный эффект силовой тренировки на результативность в ЦВС, включая лыжные. Однако биатлонисту, особенно высокого класса, не нужна «сила» как таковая. Задача – повысить эффективность рабочих усилий. Для этого как минимум необходимо понимать, какие параметры движения, особенно те, которые

изменяются с ростом скорости, связаны с различными проявлениями силовых способностей спортсменов.

Отдельной и важнейшей темой является коррекция средствами силовой подготовки так называемых «патобиомеханических (дисфункциональных) паттернов движения», проще – не рациональных движений в суставах, которые не только снижают результативность, не давая спортсмену полностью реализовать свой функциональный потенциал, но и прямо влияют на вероятность травм, раннего «износа» структур опорно-двигательного аппарата, укорачивая тем самым спортивную карьеру. Эта тема хорошо развита на Западе, но в России она находится в зачаточном состоянии, поэтому здесь не обсуждается.

В исследовании использованы данные по кинематике 21-го биатлониста, входящего в состав спортивной сборной команды России в сезонах 2017/18–2018/19 гг., которые при этом регулярно проходили обследования по методике, описанной ранее. Расчетный рейтинг [197] биатлонистов в мировой классификации составил от 4 до 162. В корреляционную матрицу включены усредненные показатели физической подготовленности, полученные в период с конца августа по середину октября в системе НМО спортсменов. Кинематические параметры СУ фиксировались во время соревнований ЭКМ по методике, описанной выше в этой главе. Для расчета корреляций за все спринтерские гонки, в которых участвовал спортсмен, значения кинематики усреднялись для первого и второго кругов дистанции, чтобы избежать сбивающего влияния утомления на третьем круге (см раздел 4.3). После этого значения нормировались на среднюю по всей выборке скорость бега на всех кругах всех участников на всех ЭКМ.

Проведены две серии исследований.

В первой анализировались корреляционные взаимосвязи параметров соревновательного упражнения биатлонистов с показателями физической подготовленности.

Всего в матрицу были включены и анализировались 33 кинематических («кинематики») и 39 функциональных и двигательных показателя («физики»), а также рейтинг спортсменов. Непараметрические коэффициенты корреляции Спирмена рассчитывались с использованием статистического пакета AnalystSoft Inc., StatPlus: max Pro, версия 8. Анализировались показатели при $\alpha=0,05$.

Во второй серии для уточнения выводов, сделанных по результатам корреляционного анализа, проводилось межгрупповое сравнение кинематики биатлонистов, существенно различающихся по показателям физической подготовленности и экономичности, которые имели наибольшее количество корреляционных связей с кинематикой.

Для межгруппового сравнения биатлонисты той же выборки ранжировались по одному из признаков, имеющих достоверные корреляционные связи с кинематикой ООКХ. Затем, для снижения влияния случайных факторов, из выборки исключались пять спортсменов из середины ранжированного ряда. Таким образом, сравнивались две выборки испытуемых по восемь человек в каждой, диаметрально различающихся по выбранному признаку. Различия для надежности выводов сравнивались по трем критериям:

– t-критерию Стьюдента. С учетом несоблюдения требования нормальности распределения для оценки трендов использовался наиболее «жесткий» вариант критерия – для двухстороннего распределения для неравных сравнений;
– U-критерию Манна – Уитни. Групповые различия по отобранным по первому критерию показателям оценивались по U-критерию как наиболее мощному для несвязанных малых выборок с ненормальным распределением;
– по размеру эффекта (РЭ).

Ниже описываются и интерпретируются только те закономерности, которые оказались значимыми и при корреляционном и межгрупповом анализе для всех трех критериев.

В таблицу 25 включены наиболее характерные показатели физики и кинематики, которые имели хотя бы одну значимую связь с другими параметрами [2]. Жирным шрифтом выделены значения, достоверные при α=0,05. На рисунках 47–49 для наглядности представлен расширенный спектр показателей, отобранных по критерию высокого размера эффекта. Здесь отстояние жирной кривой от пунктирной линии характеризует степень влияния фактора (соответствующего параметра физической подготовленности) на показатели кинематики.

Получено, что спортсмены с высоким мышечным компонентом бежали с меньшей длиной шагов, короче отталкивались руками, у них имел место меньший прокат. Причем никаких достоверных связей с массой тела, индексом массы тела, массой мышц или силой у перечисленных или других показателей не выявлено, то есть спортсменов с высоким мышечным компонентом, имеющих такие связи, нельзя назвать «тяжелыми и сильными». У них также наблюдалась тенденция меньшей длины проката относительно длительности отталкивания, то есть такие спортсмены при коротком отталкивании еще больше сокращали длительность «пассивной фазы» бегового цикла. В этом есть некоторый смысл, так как можно ожидать меньшую величину энергетически не выгодной потери горизонтальной скорости. Однако не совсем ясно, почему это характерно именно для спортсменов с высоким процентом мышечной и, соответственно, низким процентом жировой массы тела, то есть не тяжелых.

Таблица 25

Коэффициенты корреляции между показателями мышечного компонента тела, показателями силовых способностей и кинематики одновременного одношажного конькового хода у биатлонистов (n=21, r критич. = 0,43)

Показатели	Длина шагов	S рук / S ног	S прокат / S ног	S прокат/ S рук	S прокат / S P+H	t отт руками	t отт ногой	S ног	S проката	Угол палок	ТБС1	КС1	КС2	ΔКС
% мышц в теле	**-0,48**	-0,21	-0,29	-0,28	-0,32	**-0,51**	0,21	0,01	**-0,48**	-0,04	-0,11	0,36	0,08	0,35
Тощий объем плеч. пояса	**-0,47**	0,27	0,02	-0,35	-0,16	-0,06	-0,25	-0,12	-0,29	0,10	0,06	**0,44**	**0,49**	0,12
Тощий объем таза+ног	-0,25	-0,03	-0,18	-0,31	-0,25	-0,05	0,06	0,12	-0,22	0,24	-0,10	0,36	**0,45**	0,05
Максимальная сила мышц ног	0,01	**-0,43**	**-0,46**	-0,26	-0,40	0,09	**0,44**	**0,46**	-0,17	0,20	0,08	0,32	0,10	0,28
Взрывная сила мышц ног	-0,13	-0,33	**-0,44**	-0,40	**-0,46**	0,16	0,36	0,41	-0,29	-0,14	**0,53**	0,24	0,04	0,25
Максимальная сила «рук»	**-0,51**	**-0,62**	**-0,78**	-0,63	**-0,77**	-0,22	**0,60**	**0,52**	-0,77	0,09	**0,46**	**0,52**	0,11	**0,51**
МАМ «рук»	0,15	**-0,54**	-0,39	-0,23	-0,33	0,13	**0,48**	**0,58**	-0,13	-0,03	0,11	0,12	-0,11	0,22
МАМ «ног»	0,11	-0,31	-0,36	-0,25	-0,33	0,33	0,38	0,27	-0,22	-0,17	**0,62**	0,28	0,02	0,30
О2-пульс «рук»	**-0,55**	0,22	-0,09	**-0,48**	-0,28	-0,16	-0,19	0,12	**-0,51**	**0,54**	-0,10	0,20	**0,52**	-0,20
VO2 АнП «рук»	**-0,70**	-0,10	-0,24	**-0,62**	**-0,44**	-0,09	-0,02	-0,23	**-0,50**	-0,10	0,19	0,41	**0,47**	0,09
Мощн АнП рук	-0,18	**-0,56**	**-0,56**	**-0,51**	**-0,58**	-0,18	-0,19	0,01	**-0,70**	0,38	0,05	**0,47**	**0,45**	0,18
VO2 АнП бег	**-0,54**	0,12	-0,10	-0,37	-0,27	-0,09	-0,14	-0,03	**-0,48**	-0,10	0,19	**0,50**	0,13	**0,47**
Экономич. «рук»	0,37	**-0,57**	**-0,48**	-0,09	-0,33	-0,08	**0,63**	**0,52**	0,01	0,23	0,16	0,24	0,15	0,15
Индекс ФП	0,26	-0,37	**-0,55**	**-0,52**	**-0,57**	-0,14	0,36	0,24	**-0,52**	**0,46**	0,18	0,37	0,31	0,17
Рейтинг IBU	**0,57**	0,08	0,28	0,37	0,33	0,26	0,08	0,20	**0,54**	-0,37	-0,37	-0,20	-0,13	-0,13

Примечания: расшифровка сокращений представлена в таблице 19. МАМ – максимальная алактатная мощность, ОМВ – окислительные мышечные волокна, «рук» – при работе руками на лыжном эргометре, «ног» – при работе ногами

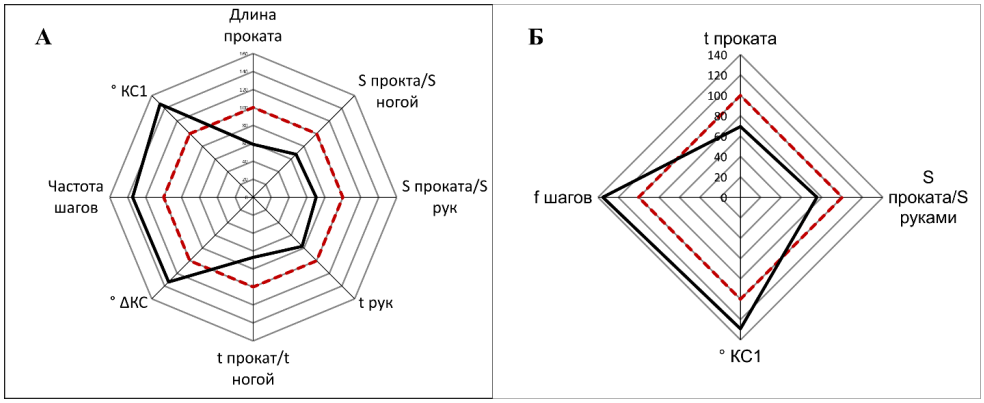


Рис. 47 – Графическое представление размера эффекта влияния различий в % мышц в теле (график А) и тощего объема верхней части тела (график Б) на кинематические показатели одновременного одношажного конькового хода у биатлонистов. Расшифровку аббревиатур см. в таблице 19. Отстояние жирной кривой от пунктирной линии характеризует степень влияния фактора на соответствующие показатели кинематики

Возможно, что с целью уменьшения внутрицикловых колебаний путем уменьшения фазы расслабления и увеличения фазы активного давления на опору. При этом из-за низкого % жира аэробные показатели таких спортсменов достаточно высоки для обеспечения работы мышц.

Биатлонисты с бóльшим объемом мышц, особенно плечевого пояса, кроме меньшей длины шагов, бежали «выше» – с бóльшим углом в КС, но не в ТБС суставе. Можно было бы предположить, что, увеличивая угол в КС, они стремились снизить момент силы и, соответственно, больше разгрузить мышцы разгибатели ног из-за большого веса. Либо это выполняется с целью активнее вовлечь в отталкивание верхнюю часть туловища в силу его большей массы, а угол ТБС не менялся в связи с отчасти ошибочным желанием подать вперед ЦМТ, так как при подобном сочетании углов спортсмену субъективно кажется, что он подается вперед сильнее, а в итоге может оказаться провал в ТБС при слишком прямой ноге в КС. Но надо принимать во внимание, что «тощая масса» положительно (r=0,64–0,91) связана с индексом массы тела, то есть высокое положение ЦМТ характерно для спортсменов с относительно массивной верхней частью тела, но с долихоморфным («стройным») строением.

Межгрупповой анализ (рисунок 47), подтвердив все отмеченные закономерности, к сказанному добавил то, что в активной фазе движения спортсменов с большим % мышц характеризует:

– меньшая длительность отталкивания руками относительно отталкивания ногой;

– бóльшая амплитуда движения в коленном суставе в цикле отталкивания ногой;

Но главное, что у таких спортсменов действительно меньший прокат относительно длительности и пути отталкивания.

Меньший прокат отличал также спортсменов с бóльшим объемом мышц плечевого пояса.

Спортсмены, у которых была бóльшая максимальная и взрывная сила ног, имели более длинную активную фазу за счет большего пути отталкивания ногами. Это могло бы выглядеть вполне логичным – более сильные мышцы ног позволяют спортсменам в большей степени использовать это их преимущество для создания пропульсивного импульса. На это же указывает отрицательная связь силы ног с отношением S руками /S ногой. Однако с таким предположением не согласуется отрицательная корреляция отношения длины проката к длине отталкивания ногами (раздел 4.4). То есть, отталкиваясь долго, спортсмены с сильными и «взрывными» ногами, так же как и «мышечные спортсмены», дольше катились на ноге при отталкивании, однако не стремились создавать больший импульс силы для длинного проката. Это может происходить для минимизации внутрицикловых колебаний, так как урезается время проката, а импульс при отталкивании растянут во времени. Вероятно, основной причиной такого стремления к минимизации колебаний и отсутствию ярко выраженного импульса при длинном прокате является масса винтовки, изменяющая к тому же масс-инерционные свойства тела биатлониста.

При межгрупповом анализе дополнительно установлено, что спортсмены с большей взрывной силой разгибателей ног (рисунок 48, графики Г) почему-то дольше отталкивались не только ногой, но и руками, имели бóльшую рассинхронизацию между началом отталкивания руками и началом разгибания КС, более выпрямленное положение туловища в начале цикла (больший ТБС1) и большую амплитуду движения в ТБС. Но при этом взрывная сила ног была единственным показателем среди силовых и аэробных, который имел тенденцию положительной связи с длиной свободного проката (рисунок 48).

Аналогичная картина наблюдается при сравнении спортсменов с большей и меньшей силой мышц плечевого пояса и рук. У таких спортсменов парадоксально длиннее отталкивание ногой, но параметры отталкивания руками у них не различались, при этом у них также был укороченный свободный прокат. Таких спортсменов отличала меньшая длина и большая частота шагов.

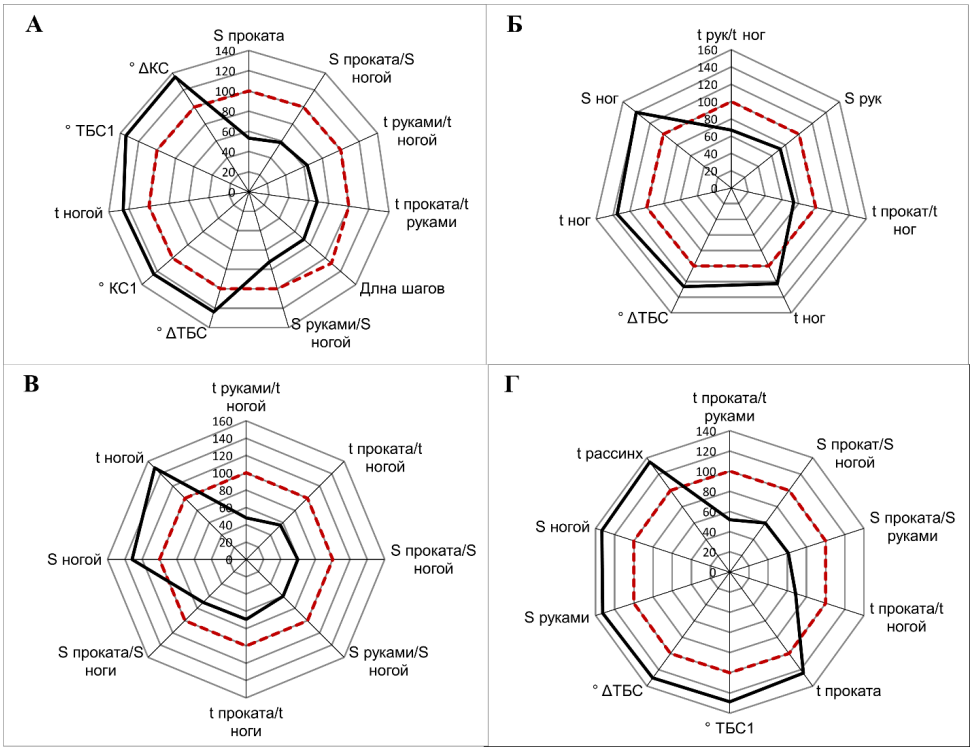


Рис. 48 – Графическое представление размера эффекта влияния максимальной силы мышц рук (А) и максимальной алактатной мощности при работе руками на лыжном эргометре (Б), максимальной динамической силы мышц ног (В) и взрывной силы мышц ног (Г) на кинематические показатели одновременного одношажного конькового хода у биатлонистов высокого класса. Расшифровку аббревиатур см. в таблице 19

Таким образом, существуют какие-то пока непонятные факторы, которые делают для биатлонистов с сильными мышцами плечевого пояса и ног более выгодным сокращать длину шагов, проката, но бежать с относительно длительным отталкиванием ногой.

Обнаружена еще одна неожиданная группа корреляций: спортсменов с относительно сильными мышцами плечевого пояса отличало более высокое положение ЦМТ при постановке палок за счет больших углов в КС и ТБС. Но при этом у них также наблюдалась бóльшая амплитуда движения в этих суставах. Последнее может быть как-то связано с большей относительной длительностью отталкивания ногами и хорошо согласовалось бы с большим периодом отталкивания руками, но такого не зафиксировано. То есть «сильные руки» позволяют иметь более высокую амплитуду работы в ТБС и КС, но в чем здесь рациональность для движения, также пока не совсем ясно.

Анализ различий по МАМ мышц рук к сказанному добавил бóльшие абсолютную длительность отталкивания и руками, и ногами и, соответственно, большую длительность всей активной фазы.

Таким образом, спортсмены с хорошими скоростно-силовыми и мощностными характеристиками мышц плечевого пояса и ног предпочитают отталкиваться менее активно.

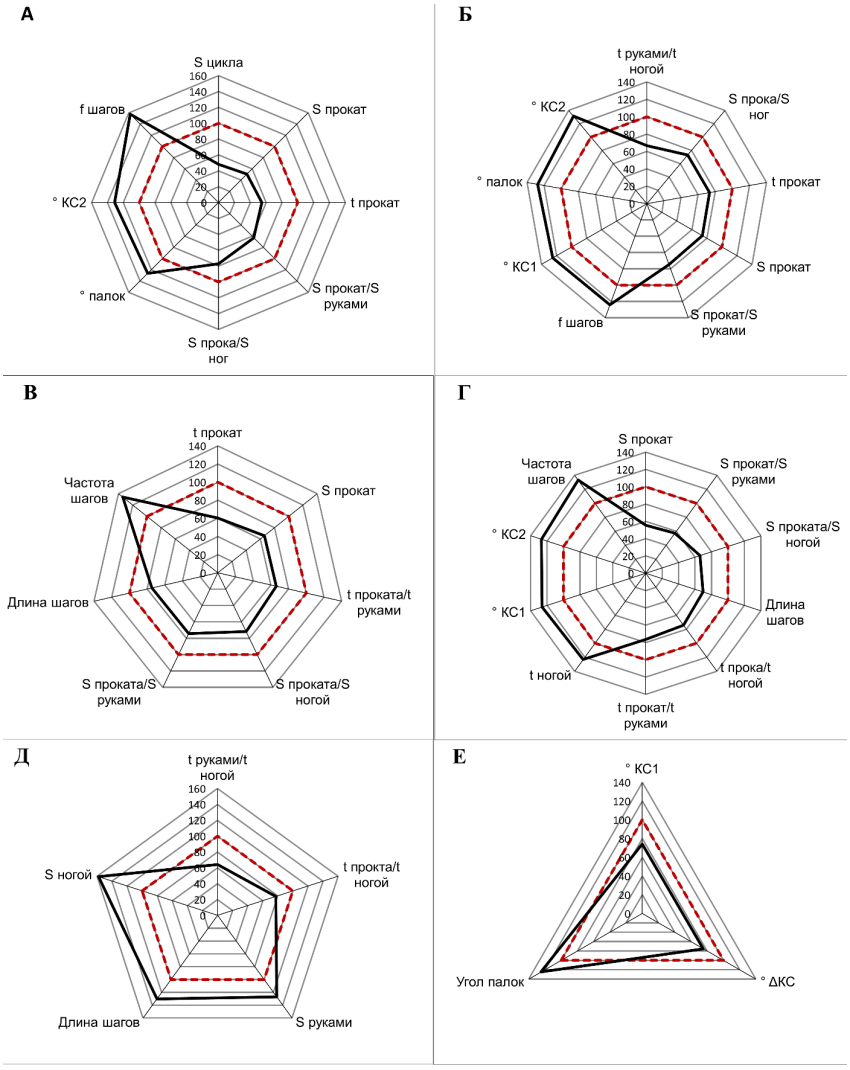


Рис. 49 – Графическое представление размера эффекта влияния показателей на уровне анаэробного порога (А – VO2 АнП, Б – мощность АнП, В – «сила» ОМВ, Д – экономичность) при работе руками на лыжном эргометре и в беге (Г – мощность АнП, Е – экономичность) на третбане с палками на кинематические показатели одновременного одношажного конькового хода у биатлонистов. Расшифровку аббревиатур см. в таблице 19

Возможно, причиной этого парадокса является то, что у таких спортсменов в составе мышечных волокон преобладают быстрые МВ, поэтому они вынуждены «затягивать» движение, то есть делать его менее «импульсным», чтобы не подключать быстрые двигательные единицы и снизить явления ацидоза мышц. Но это – гипотеза.

Таким образом, для выборки всех лучших биатлонистов России установлено, что при той же скорости «сильных и мощных» спортсменов в большей степени характеризует большая частота шагов за счет сокращения длительности проката. При этом у них относительно большая суммарная длительность отталкивания, прежде всего за счет показателей отталкивания ногой. Другими словами, сильные физически спортсмены дольше (можно предположить – менее активно) отталкиваются и, соответственно, относительно меньше (более коротко) свободно прокатываются. При этом у них имеет место тенденция большей амплитуды в ТБС и КС.

Отмеченные закономерности полностью соответствуют структуре взаимосвязей между кинематикой и показателями, характеризующих кислородтранспортные и аэробные способности спортсменов (таблица 25). Среди таких показателей наиболее значимое влияние (по критериям t, U и РЭ и количеству значимых «r») на кинематику оказывают потребление кислорода и мощность на уровне АнП при работе руками на лыжном эргометре (рисунок 49).

Лучше подготовленные в этом плане спортсмены бегут с большей частотой шагов, имея меньшие длительность и путь проката. Характерно, что такие спортсмены не сокращают длительность отталкивания, как руками, так и ногой, однако более «аэробные» имеют меньшее отношение t рук/t ног, у них короче отталкивание руками относительно проката, а также более выпрямленная нога в КС при постановке палок и в момент приведения маховой ноги (нижняя точка сгибания). Другими словами, такие спортсмены выполняют отталкивание при большем значении углов в коленном суставе. Среди еще не обсуждаемых показателей кинематики проявилась тенденция большего (менее острого) угла палок относительно горизонтали – такие биатлонисты быстрее «снимают» палки с опоры, не затягивая отталкивание.

Таким образом, в гомогенной группе биатлонистов спортсменов с лучшей физической подготовленностью в самых различных ее проявлениях в целом отличал бег с большей частотой шагов за счет сокращения длины проката, более длительной абсолютной и относительной активной фазой отталкивания, особенно по показателям отталкивания ногой.

Спортсмены с лучшей механической эффективностью при работе на лыжном эргометре (то есть в тесте с достаточно высокой степенью спец-

ифичности), так же как «сильные» и «аэробные», предпочитали бежать с относительно более длительным периодом отталкивания ногой и тенденцией большего пути при отталкивании руками (рисунок 49). Однако установлено и важное отличие от более физически сильных и «функциональных» спортсменов: спортсмены с более высокой механической эффективностью не отличались меньшей длиной свободного скольжения (проката). То есть такие спортсмены, отталкиваясь долго, создавали при этом достаточно большой импульс силы. Соответственно, и снова парадоксально, такие спортсмены бежали с большей длиной шагов.

Анализ различий кинематики у экономичных и не экономичных при беге на третбане выявил тенденцию (92–93%) меньших углов и амплитуды в КС, а также большого угла отталкивания палками. То есть такие спортсмены бежали «ниже», но меньше тратили энергию на вертикальные перемещения ЦМТ.

Обсуждение результатов исследования

Целью исследования было проанализировать корреляционные взаимосвязи параметров кинематики ООКХ с показателями физической подготовленности биатлонистов и проверить выявленные закономерности путем оценки межгрупповых различия.

Прежде всего, подтверждено, что показатели техники при беге с условно одинаковой скоростью (все показатели были нормированы на скорость) находятся в тесной связи с физической подготовленностью даже в «узкой выборке» спортсменов самого высокого класса.

Наиболее существенными из найденных закономерностей было то, что более «сильные» в неспецифических тестах и лучше подготовленные в аэробном плане спортсмены имеют относительно короткую длительность и путь свободного проката, но бóльшую длительность активных фаз отталкивания, особенно ногой, при этом у них выше частота движений, они выше держат центр масс над лыжней при наличии тенденции к большей амплитуде движений в ТБС и КС. Следует отметить, что указанные закономерности более тесно и надежно связаны с функциональными возможностями, проявляемыми при работе руками.

Сказанное противоречит устоявшимся представлениям, согласно которым большая мышечная сила, хорошие скоростно-силовые способности и физическая подготовленность в целом нужны как раз для того, чтобы иметь возможность «сильно толкаться и дольше катиться». Вероятнее всего, в данном случае имеет место некая «реципрокность» «физики» и «техники». В частности, с ростом уровня силовых способностей спортсмены делают акцент на преодоление соревновательной

дистанции не за счет удлинения фазы одноопорного скольжения, где от них требуется умение быстро сместить ЦМТ в площадь опорного контура по окончании отталкивания, а также создание биомеханически устойчивого положения тела в момент проката (то есть проявлять хорошие координационные способности, которых может и не быть), а за счет фазы активного давления на опору, когда требования к устойчивости рабочей позы меньше, так как обе лыжи в этот момент контактируют со снежной поверхностью. В этом случае можно предположить, что биатлонисты, обладающие высоким силовым потенциалом, реализуют его через такую «кинематическую стратегию» организации лыжного движения, при которой:

а) минимизируется длительность фазы свободного скольжения, когда спортсмен вынужден находиться в неустойчивом положении, стоя на одной скользящей лыже с расположенной на спине винтовкой, смещающей выше центр тяжести спортсмена (самая тяжелая часть винтовки расположена в области лопаток), что вызывает дополнительное напряжение мышц нижних конечностей и снижает эффективность выведения продуктов метаболизма, а, в конечном счете, провоцирует риск раннего развития некомпенсируемого утомления.

б) максимизируется длительность фазы скольжения с отталкиванием ногой, благодаря чему биатлонист, перемещающийся с дополнительным отягощением в виде винтовки массой около четырех кг, усиливающей силу трения лыжи об снег, имеет возможность, во-первых, снизить внутрицикловые колебания скорости за счет более длительного давления на опору в процессе передвижения, во-вторых, может уменьшить вклад быстрых гликолитических мышечных волокон в производство усилий при отталкивании, так как известно, что чем больше время действия силы, тем меньше усилий необходимо приложить для производства требуемого импульса силы ($I = F \times T$, где I – импульс силы, F – величина силы, T – время действия силы).

Такие закономерности различий в кинематике между спортсменами, различающимися «по силе» и «выносливости», могут объясняться особенностями выборки в группе спортсменов с близкими спортивными результатами: имеются сильные, но, как можно предположить, менее «техничные» спортсмены, и наоборот, такие, кто более низкую физическую подготовленность компенсируют какими-то элементами техники (или лучшим инвентарем), которые позволяют им короче отталкиваться, но дольше катиться в пассивной фазе бегового цикла. Этот вывод полно-

стью соответствует выводу, который сделал по результатам аналогичного исследования один из самых известных ученых, занимавшихся биомеханикой бега на лыжах – T. Stöggl [203].

Тогда, если принять предположение о том, что биатлонисты в нашей выборке с «низкой» физической подготовленностью являются наиболее «техничными», то к признакам «хорошей техники» (но не «физики»!) можно отнести:

– относительно бóльшую длину и меньшую частоту шагов;
– большее отношение проката к отталкиванию как руками, так и ногой;
– большее отношение длительности и пути отталкивания руками относительно отталкивания ногой.

Если говорить об одном критерии «техничности», то таковым, видимо, будет являться отношение длины (и/или времени) проката к суммарной длине (и/или времени) отталкивания руками и ногой – чем он выше, тем эффективнее техника.

И наоборот, если принять логику «реципрокности между физикой и техникой», то приходится сделать парадоксальный вывод, что все отмеченные выше многочисленные особенности «мышечных, сильных и выносливых» спортсменов являются критериями их низкого спортивно-технического мастерства, которое не позволяет биатлонистам даже такого ранга полностью реализовать свой двигательный потенциал.

В этой связи необходимо вспомнить данные по различиям в подготовленности по факторам «спорт» и «гендер», представленные во второй главе, а также данные предыдущего раздела по различиям в кинематике по тем же факторам. Сравнительный анализ позволяет сделать вывод, что полученные на биатлонистах закономерности взаимосвязи «кинематики» и «физики» почти на 100% можно распространить на все ЛЦВС. Но в очередной раз неожиданным оказывается заключение, что различия в кинематике ООКХ между лыжниками и биатлонистами, мужчинами и женщинами обусловлены главным образом групповой разницей в физической подготовленности разных контингентов спортсменов.

Разумеется, что данное предположение нуждается в дополнительном исследовании для его уточнения, биомеханического и физиологического обоснования. Тем более что в этой же выборке спортсменов обнаружено, что спортсмены с лучшим рейтингом имеют относительно короткий свободный прокат и бегут с большей частотой шагов. При этом исследование взаимосвязей показателей эффективности дало также противоречивый результат: с одной стороны, в отличие от «лучше подготовленных физически», у «эффективных» действительно наблюдались большая длина шагов, более низкое положение ЦМТ за счет более согнутой в КС ноги и больший

угол палок в конце отталкивания. С другой, так же как у «сильных и мощных», у «эффективных» были относительно короткое отталкивание руками и свободный прокат относительно отталкивания ногой.

В этой связи в отношении механизмов экономизации, как обсуждалось в первой главе, можно предположить, что меньшая скорость сокращения мышц при более длительном отталкивании ногой более выгодна энергетически, чем более высокая скорость сокращения мышц при коротком отталкивании, если только короткое отталкивание не повышает использование ЭУД, как это может иметь место при работе рук. То есть удлинение фазы отталкивания ноги может приводить к экономии на скорости сокращения МВ, а укорочение длительности отталкивания руками – к экономии на использовании ЭУД. Однако для этого мышцы плечевого пояса должны быть хорошо подготовлены. Возможно, поэтому, по причине отмечаемой «реципрокности», у более экономичных на лыжном эргометре спортсменов не выявлено тенденции сокращения длительности отталкивания руками.

В заключение также можно отметить, что экономичные бегуны (в легкой атлетике) бегут более вертикально (экономия подтверждена ЭМГ-исследованиями). Это также может быть значимо и для лыжников – подобная тенденция отмечалась выше.

Кроме основных выводов, исследование также показало, что в данный момент существует неясность с ответом на вопросы, почему у спортсменов с бóльшим процентом мышечной массы в теле и относительно более «массивной» верхней частью тела (которые можно было бы считать положительными сторонами спортсменов), а также с лучшими аэробными способностями наблюдаются те же тенденции в технике (меньший прокат, длинное отталкивание ногой, более высокое положение ЦМТ и др.), что и у более сильных и мощных биатлонистов.

Выше в этом разделе несколько раз приходилось использовать слова «неожиданно», «парадоксально» и т. п. То есть не все данные соответствуют общепринятым представлениям и «банальной логике». Поэтому в этой книге необходимым является представить результаты еще одного направления комплексного исследования, проведенного в «Центре спортивной подготовки» (ЦСП, Москва) и ВНИИФК (Москва) в 2012–2024 гг. с участием спортсменов сборных команд России по ЛЦВС. А именно: известно, что логика программирования и организации тренировочного процесса в макроцикле строится таким образом, чтобы спортсмены подошли к соревновательному периоду с околомаксимальным уровнем их специальной работоспособности, в которой (очень) условно можно выделить компоненты «физической» и «технической» подготовленности.

В третьей главе показано, что действительно по ходу подготовительного периода показатели практически всех компонентов физической подготовленности закономерно изменяются. Следовательно, предполагаем, что полезную информацию в отношении закономерностей подготовки лыжников и биатлонистов можно получить, если проанализировать изменения в кинематических параметрах в подготовительном периоде в контексте изменения «физики» и нагрузок.

4.8 Динамика кинематических показателей одновременного одношажного конькового хода в подготовительном периоде у биатлонистов и лыжников высокого класса в связи с применяемыми тренировочными нагрузками и изменениями в физической подготовленности

Данные, представленные в этом разделе книги, получены впервые, поэтому они обсуждаются достаточно детально.

В соотвествии с принятой логикой изложения материалов, динамика кинематических показателей одновременного одношажного конькового хода в подготовительном периоде обсуждается в последовательности: система нагрузок → «отклик» показателей функциональной и специальной физической подготовленности → «отклик» параметров СУ.

4.8.1 Характеристика системы нагрузок экспериментальной группы

В этой части исследования приняли участие 13 биатлонистов-мужчин основного состава сборной команды РФ сезона 2023/24 гг., названных условно «экспериментальная группа» (ЭГ). Средний расчетный рейтинг спортсменов в мировой классификации IBU составил по итогам сезона 2022/23–58±28. Система сбора и обработки информации по выполненным тренировочным нагрузкам описана в главе 2.

На рисунках 50 и 51 представлены месячные объемы тренировочной нагрузки циклического и силового характера у биатлонистов ЭГ. В качестве контрольных показателей («модели») использованы среднестатистические объемы нагрузок биатлонистов-мужчин из состава сборной команды РФ за 2014–2022 гг. Контроль нужен был для того, чтобы оценить, насколько подготовка ЭГ отличалась от «среднестатистической» для сборных команд России с тем, чтобы с учетом этой информации анализировать динамику показателей физической подготовленности и кинематики ЭГ.

Система нагрузок циклического характера («на выносливость») биатлонистов ЭГ характеризуется «традиционной» динамикой «большой волны» с «пиком» общего объема в июне, а не в июле, как в «модели». При этом среднемесячный объем циклической нагрузки с мая по сентябрь был меньше на 11,6 часов.

Вторым существенным отличием можно считать более высокую интенсивность тренировки ЭГ за счет более чем в два раза большего объема циклической работы в третьей зоне интенсивности. Но это не относится к интенсивности нагрузки (условно) «на мышцы», так как объем АСМ, во-первых, сконцентрирован в большей степени в начале макроцикла, во-вторых, был меньше на 30%.

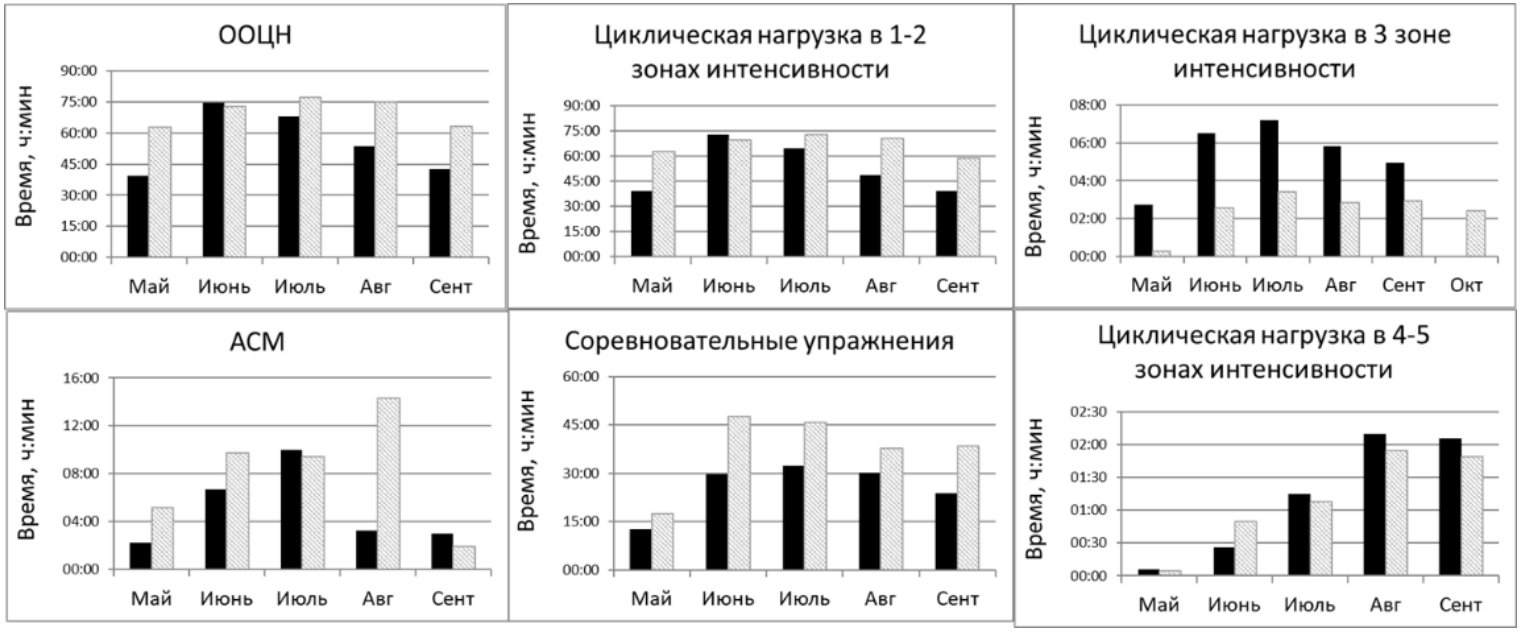
Третье важное отличие – в ЭГ в среднем на 12 часов был меньше объем бега в форме СУ (роллеры и ОБШХ). При этом разницы в наиболее интенсивном режиме циклической работы (четвертая-пятая зоны) практически не было.

Разница по режимам силовой тренировки также существенна. Прежде всего, общий объем силовой тренировки ровно в два раза меньше, чем в других биатлонных командах, с наибольшей концентрацией в июне, а не в июле, как в «модели». Это закономерно отразилось на доле силовой тренировки относительно циклической. Сокращение достигнуто прежде всего за счет «гипертрофических режимов» НСНИ и НССИ. При этом объем НСВИ был почти одинаков. В плане периодизации силовой тренировки общим моментом является то, что гипертрофические низкоскоростные низкоинтенсивные режимы сконцентрированы в начале макроцикла – в мае и июне, а высокоинтенсивные – в июле – сентябре. Однако ЭГ применяла в три раза меньший объем высокоскоростного режима (ВСВИ), и этот режим использовался только ближе к специально-подготовительному этапу (август – сентябрь).

4.8.2 Реактивность и динамика показателей физической подготовленности экспериментальной группы

В таблице 26 и на рисунках 50–52 представлены статистические оценки и данные по динамике показателей физической подготовленности, которые тестировались по стандартной для сборных команд методике. В качестве контрольных показателей использована среднестатистическая динамика показателей биатлонистов-мужчин из состава сборной команды РФ за 2014–2022 гг.

Не все спортсмены прошли полную программу тестирования, поэтому данные ЭГ в таблице 26 представлены после усреднения показателей только восьми человек.



ООЦН – общий объем циклической нагрузки; АСМ – аэробно-силовой метод

Рис. 50 – Средние месячные объемы тренировочных нагрузок циклического характера на «выносливость» биатлонистов высокого класса экспериментальной группы (n=13, 2023 г.) (темные столбики) относительно среднестатистической «модели» биатлонистов сборной команды Российской Федерации за 2014–2022 гг. (штриховка)

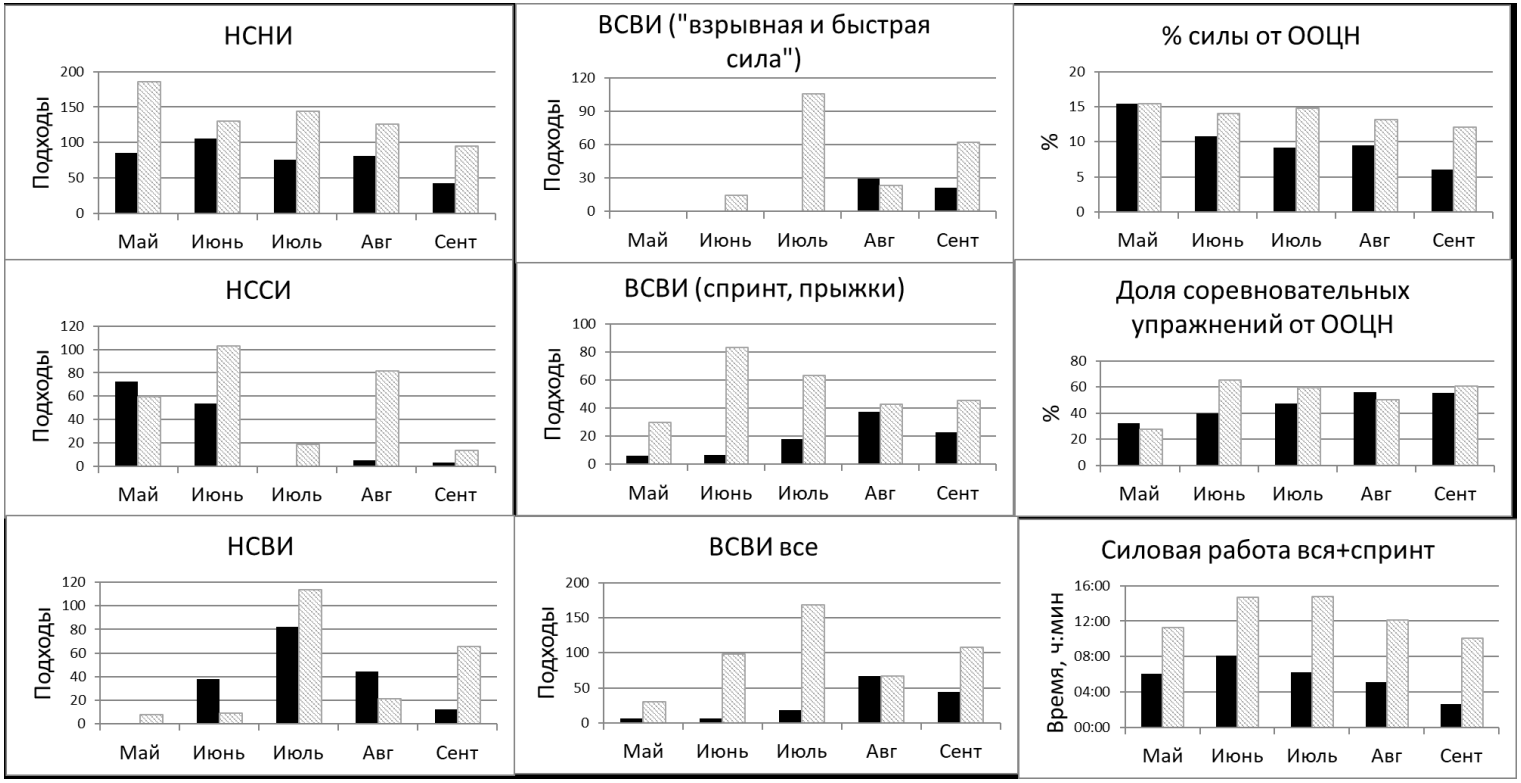


Рис. 51 – Средние месячные объемы тренировочных нагрузок силового характера у биатлонистов высокого класса экспериментальной группы (n=13, 2023 г.) (темные столбики) относительно среднестатистической «модели» биатлонистов сборной команды Российской Федерации за 2014–2022 гг. (штриховка)

Таблица 26

Оценки реактивности параметров физической подготовленности между минимальными (X1) и максимальными (X2) значениями, диапазон их изменения (Δ%), достоверность различий (p) и размер эффекта (РЭ)

Параметр	X1 (n=8)	SD	X2 (n=8)	SD	Δ%	p	РЭ
Масса тела, кг	75,54	6,61	76,08	6,68	0,71	0,091	-0,06
Масса мышц, кг	39,02	3,45	39,37	3,78	0,88	0,398	-0,07
Жировой компонент, %	9,13	1,89	9,36	1,89	2,54	0,612	-0,09
Тощая масса верхней части тела	16,03	1,04	16,35	1,11	1,96	0,063	-0,21
Тощая масса нижней части тела	20,44	1,76	20,82	1,59	1,83	0,128	-0,16
Максимальная сила мышц ног, Н*м/кг	2,72	0,33	2,75	0,39	1,15	0,028	-0,06
Скоростно-силовые способности разгибателей ног	21,86	1,35	23,17	1,31	5,64	0,028	-0,69
Максимальная сила рук, Вт/кг	3,57	0,50	3,84	0,64	6,94	0,028	-0,33
МАМ при работе руками, Вт/кг	8,09	0,79	8,30	0,59	2,53	0,091	-0,21
МАМ при работе ногами, Вт/кг	13,02	0,42	13,79	0,85	5,56	0,018	-0,80
Максимальный импульс рук	8,72	1,25	9,57	1,15	8,86	0,028	-0,50
Мощность окислительных МВ мышц плечевого пояса, у.е.	45,68	5,38	47,55	6,26	3,95	0,398	-0,23
Индекс (оценка) ударного объема сердца, у.е.	185,34	15,57	188,49	15,70	1,67	0,310	-0,14
Индекс (оценка) максимальной мощности сердца, у.е.	31,47	2,37	32,33	1,66	2,66	0,600	-0,30
МПК, мл/мин/кг	68,97	5,19	73,66	5,09	6,37	0,018	-0,65
O_2 пульс при работе руками, мл/уд	28,92	1,25	31,33	2,32	7,71	0,018	-0,92
O_2 пульс при беге с палками, мл/уд.	33,27	1,82	34,26	2,59	2,90	0,063	-0,31
VO_2 на уровне АнП при работе руками, мл/кг/мин	48,81	3,06	53,20	3,61	8,25	0,018	-0,93
Мощность на уровне АнП при работе руками, Вт/кг	3,45	0,35	3,64	0,35	5,20	0,063	-0,38
VO_2 на уровне АнП в беге на третбане, мл/кг/мин	59,32	2,99	60,98	2,96	2,72	0,063	-0,39
Мощность на уровне АнП в беге с палками на третбане, у.е.	3,02	0,06	3,12	0,10	3,07	0,035	-0,81
Экономичность при работе руками, у.е.	67,01	6,33	70,70	6,55	5,22	0,063	-0,41
Экономичность бега с палками на третбане, у.е.	50,67	2,46	52,18	1,98	2,89	0,176	-0,48

Примечания: МАМ – максимальная алактатная мощность, АнП – анаэробный порог, SD – стандартное отклонение.

Достоверность различий между минимальными и максимальными значениями за период наблюдения (с июня по сентябрь, данные из таблицы 25) определялись с использованием Т-критерия Вилкоксона (для парных сравнений).

Сначала оценивалась реактивность показателей «физики» с начала июня по середину сентября. В группу показателей с наибольшим размером эффекта изменений (>0,8) (таблица 26) вошли: О2-пульс при работе руками, VO2 на уровне АнП при работе руками, мощность на уровне АнП в беге с палками на третбане, МАМ при работе ногами. Все сдвиги были статистически значимыми.

Среди показателей, на которые тренировка практически не оказала существенного влияния (РЭ <0,2), оказались: все антропометрические индексы, кроме тощей массы верхней части тела, сила мышц ног, МАМ при работе руками, индекс (оценка) ударного объема сердца, мощности ОМВ при работе руками; индекс (оценка) ударного объема сердца; индекс (оценка) максимальной мощности сердца; экономичности (О2 стоимость) бега с палками на третбане.

Можно предположить, что показатели с низким РЭ и с недостоверными сдвигами по ходу сезона не будут влиять на динамику параметров СУ, несмотря на то, что часть из них потенциально могла бы быть связана с изменениями в кинематике.

Еще несколько показателей, представленных на рисунках 50–52, имели значимость амплитуды с вероятностью 91–94%, и в случае, если их изменения соответствовали аналогичным для «контроля», их изменения рассматривались как значимые.

На рисунке 52 представлена динамика антропометрических показателей. Спортсмены ЭГ (сплошная линия) были в среднем тяжелее спортсменов «контроля» (пунктир), имели большую массу мышц и жира, а также бóльшие тощие объемы верхней и нижней частей тела. Динамика антропометрических показателей в течение подготовительного периода в целом соответствовала «модельной», но, как отмечалось выше, фактически была не значимой по РЭ. Из особенностей можно отметить только тенденцию возрастания массы тела и мышц к августу, в то время как в «контроле» наблюдается их снижение. Однако здесь высока вероятность ошибки измерения при взвешивании спортсменов, так как динамика % жира и тощих объемов снижалась так же, как и в контроле.

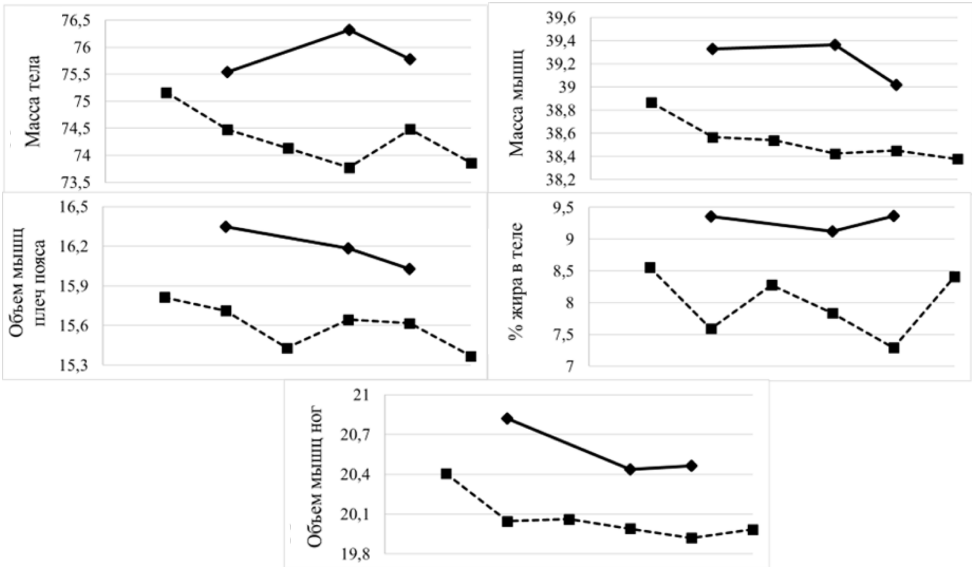


Рис. 52 – Динамика антропометрических показателей, отражающих силовые, скоростно-силовые и мощностные (МАМ) способности спортсменов экспериментальной (сплошная) и контрольной (пунктир) групп в течение подготовительного периода

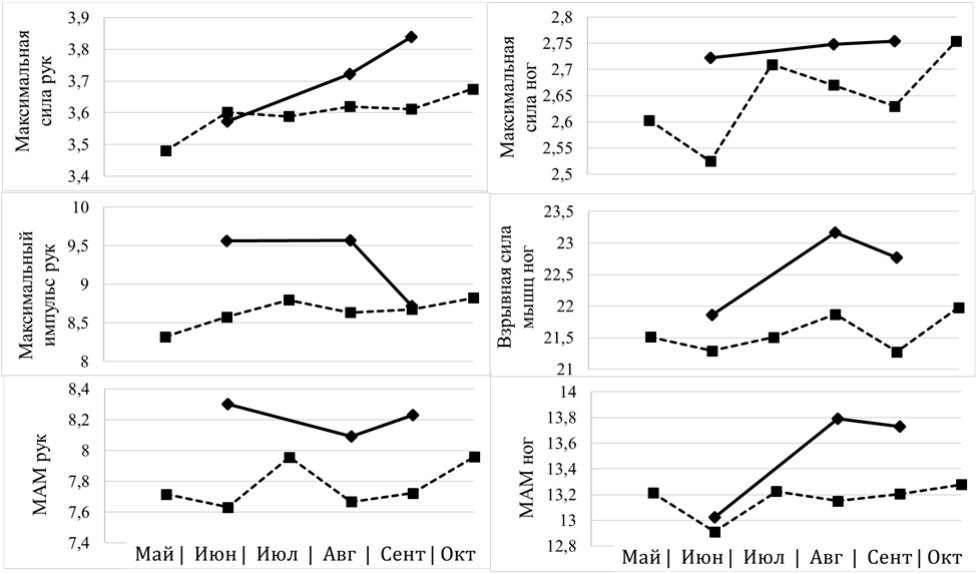


Рис. 53 – Динамика показателей, отражающих силовые, скоростно-силовые и мощностные (МАМ) способности спортсменов экспериментальной (сплошная) и контрольной (пунктир) групп в течение подготовительного периода

На рисунке 53 приведены данные динамики показателей силовых и скоростно-силовых способностей спортсменов. ЭГ немного превышала по максимальной силе спортсменов контроля. В плане динамики обращает на себя внимание существенно больший градиент возрастания силы мышц плечевого пояса, проявляемой в специфическом движении на лыжном эргометре. Динамика силы мышц ног была не значимой, но в целом соответствовала контрольной по общей тенденции. В плане проявления «взрывной и быстрой силы» ЭГ также превосходила контроль. Динамика этих показателей указывает на общее снижение «импульса силы плечевого пояса» (не значимо) как оценки «взрывных» способностей, но имело место возрастание взрывной силы мышц ног. В контроле общая тенденция та же. Однако следует отметить, что «импульс силы» тестируется в условиях максимальной скорости сокращения мышц и, кроме прочего, зависит от максимально доступной спортсмену частоты движений, поэтому лучше говорить о проявлении «быстрой силы», которую можно только условно отнести к скоростно-силовым способностям спортсменов.

Видимо, в этом одна из причин незначимых изменений этого показателя, так как тренировка соответствующих способностей у биатлонистов может отсутствовать.

Показатель МАМ при работе и руками, и ногами при более высоких значениях в целом повторяет динамику контроля. При этом имеется тенденция снижения МАМ при работе руками (значимо при $p < 0{,}09$), но МАМ по показателю работы ног возрастает.

На рисунке 54 представлены данные по динамике показателей, отражающих производительность сердечно-сосудистой системы, аэробных способностей мышц и экономичности спортсменов. Спортсмены ЭГ продемонстрировали заметно лучшие показатели, чем в контроле по пороговым параметрам работы руками, но не в беге, а также по экономичности движений. Однако у них были ниже показатели, отражающие параметры производительности ССС при беге (УО, МОК, МПК, О2-пульс), что в целом ожидаемо с учетом меньших объемов аэробной подготовки. По динамике показателей в течение подготовительного периода принципиальных отличий от контроля нет, кроме резкого снижения МПК в последней точке тестирования в сентябре. Пороговые мощность и потребление кислорода при работе руками линейно возрастали, показатели ССС при беге систематического тренда не проявили, что ранее отмечено при анализе РЭ.

Экономичность спортсменов ЭГ при работе руками и в беге была заметно выше, чем у контроля. При этом оба показателя имели тенденцию сначала снижения (точка августа), а затем возрастания (в сентябре), но в отношении экономичности бега тенденция была незначимой.

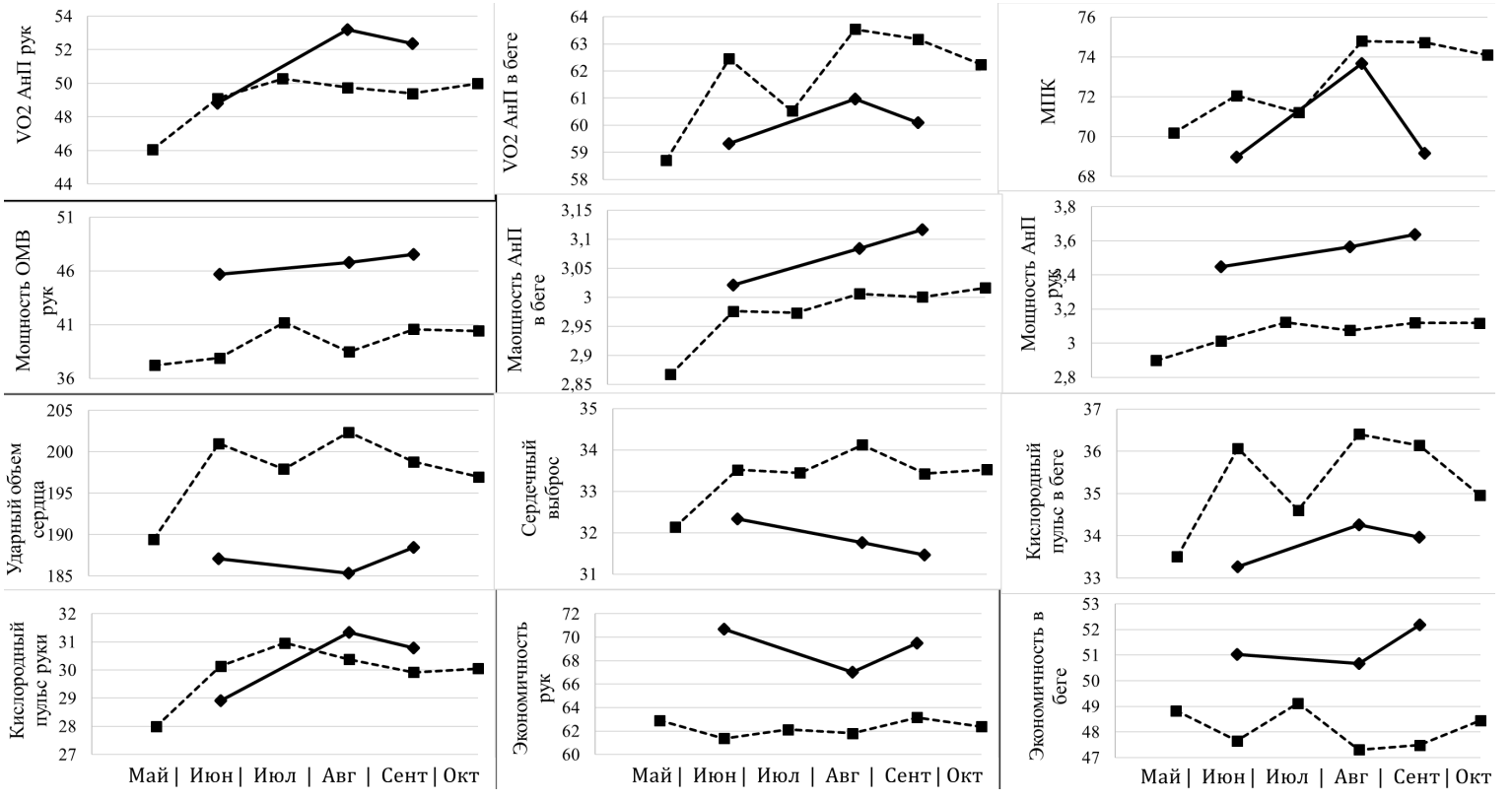


Рис. 54 – Динамика показателей, отражающих производительность сердечно-сосудистой системы, аэробных способностей мышц и экономичности движений спортсменов экспериментальной (сплошная) и контрольной (пунктир) групп в течение подготовительного периода

4.8.3 Динамика и характеристики реактивности кинематических показателей в подготовительном периоде

Динамика кинематических показателей в подготовительном периоде у 13 биатлонистов высокого класса исследовалась в условиях учебно-тренировочных мероприятий также в период с июня по сентябрь с одновременной фиксацией тренировочных нагрузок и изменений в физической подготовленности.

Кинематические показатели в условиях тренировки фиксировались при проведении теста 5х100 м. В расчет брались попытки, соответствующие третьей и четвертой зонам. Все значения за весь период наблюдения приводились (нормировались) к единой скорости.

Не все спортсмены тестировались во всех контрольных точках эксперимента, поэтому объем выборки в разных точках составлял от 10 до 12 человек. Это, как можно предположить, служило дополнительным (случайным) фактором повышения дисперсии относительно среднего тренда сезонного изменения показателей. Последнее обследование (5 сентября) проводилось за два дня до официальных соревнований, поэтому зафиксированные значения можно считать соответствующими соревновательной готовности спортсменов.

Датами фиксации кинематических показателей являлись:

– точка 3–17–18.06.2023;
– точка 23–13.07.2023;
– точка 55 – средняя за период с 27.07 по 23.08.2023;
– точка 82–05.09.2023.

Диапазон сезонного изменения показателей (Δ%), достоверность различий и РЭ определялись между минимальным и максимальным среднегрупповым значением в течение подготовительного периода.

Диапазон сезонной (в летнем макроцикле) вариативности и оценки достоверности сдвигов показателей представлены в таблице 27.

В группу показателей, в отношении изменений которых зафиксирован наибольший («большой» по классификации Коэн, 1988) размер эффекта (> 0,8), входят: отношение t проката /t рук; время и путь за время свободного проката.

Показателей с незначимым РЭ <0,2 не зафиксировано.

При этом в период с середины июня по начало сентября большая часть усредненных кинематических показателей имеет достоверные различия между минимальным и максимальным значением, за исключением: времени и пути отталкивания ногой; суммарного времени и пути отталкиваний руками и ногой; изменения амплитуды угла в КС (разница КС1-КС2). Отметим, что ранее было установлено, что все перечислен-

ные параметры находятся под влиянием разницы в физической подготовленности, которая в подготовительный период (кроме МАМ «рук») достоверно изменилась.

Таблица 27

Оценки реактивности параметров ООКХ между минимальными (X1) и максимальными (X2) значениями, диапазон их изменения (Δ%), достоверность различий (p) и размер эффекта (РЭ) между максимальным и минимальным значением в подготовительном периоде

Параметр	X1	SD	X2	SD	Δ%	p	РЭ
Длина шагов, м	6,92	0,44	7,28	0,57	4,92	<0,01	-0,50
Частота шагов, ш/мин	59,3	4,79	62,3	4,07	4,77	<0,01	-0,47
t руками	0,25	0,02	0,27	0,02	7,04	<0,01	-0,69
S руками	1,77	0,13	1,92	0,21	7,57	<0,01	-0,59
t ногой	0,455	0,04	0,465	0,04	2,57	0,193	-0,19
S ногой	3,29	0,35	3,39	0,32	2,99	0,230	-0,21
t проката	0,50	0,05	0,56	0,05	10,45	<0,01	-0,81
S проката	3,53	0,36	3,99	0,38	11,54	<0,01	-0,88
Угол палок	24,48	1,94	25,55	1,37	4,19	<0,01	-0,45
Время рассинхр.	0,22	0,03	0,29	0,04	23,09	<0,01	-1,41
Угол ТБС1	126,67	4,37	130,89	4,72	3,23	<0,01	-0,66
Угол ТБС2	98,376	3,71	101,06	6,02	2,66	0,027	-0,38
Угол ΔТБС	28,29	5,40	30,68	5,97	7,81	0,017	-0,30
Угол КС1	144,78	6,15	149,85	6,40	3,38	<0,01	-0,57
Угол КС2	124,91	3,63	128,32	3,50	2,66	<0,01	-0,68
Угол ΔКС	19,81	6,10	21,52	6,51	7,95	0,264	-0,19
Угол ПС1	67,25	7,13	72,24	5,18	6,91	<0,01	-0,57
Угол ПС2	8,01	3,75	11,39	4,54	29,63	<0,01	-0,57
Угол ΔПС	75,99	7,67	81,05	6,11	6,24	<0,01	-0,52
S проката/S шага	0,51	0,04	0,55	0,03	6,91	<0,01	-0,77
S руками/S ногой	1,20	0,20	1,37	0,24	12,50	0,26	-0,55
t руками/ t ногой	1,28	0,21	1,46	0,25	12,40	<0,01	-0,55
t проката /t ногой	2,62	0,54	2,84	0,58	7,72	0,13	-0,28
t проката /t рук	1,89	0,24	2,23	0,27	15,07	<0,01	-0,93
S проката /S ногой	2,45	0,48	2,70	0,54	9,29	0,06	-0,35
S проката /S руками	1,86	0,25	2,25	0,26	17,38	<0,01	-1,10
t проката /t P+H	1,09	0,15	1,24	0,17	12,07	<0,01	-0,65
S проката /S P+H	1,05	0,15	1,22	0,16	13,98	<0,01	-0,78

Примечания: расшифровка аббревиатур см. в таблице 19, SD – стандартное отклонение. РЭ – размер эффекта.

Динамика показателей, показавших систематический тренд или достоверные различия между максимальными и минимальными значениями, а также динамика некоторых расчетных ритмовых коэффициентов в графическом виде представлены на рисунках 55 и 56.

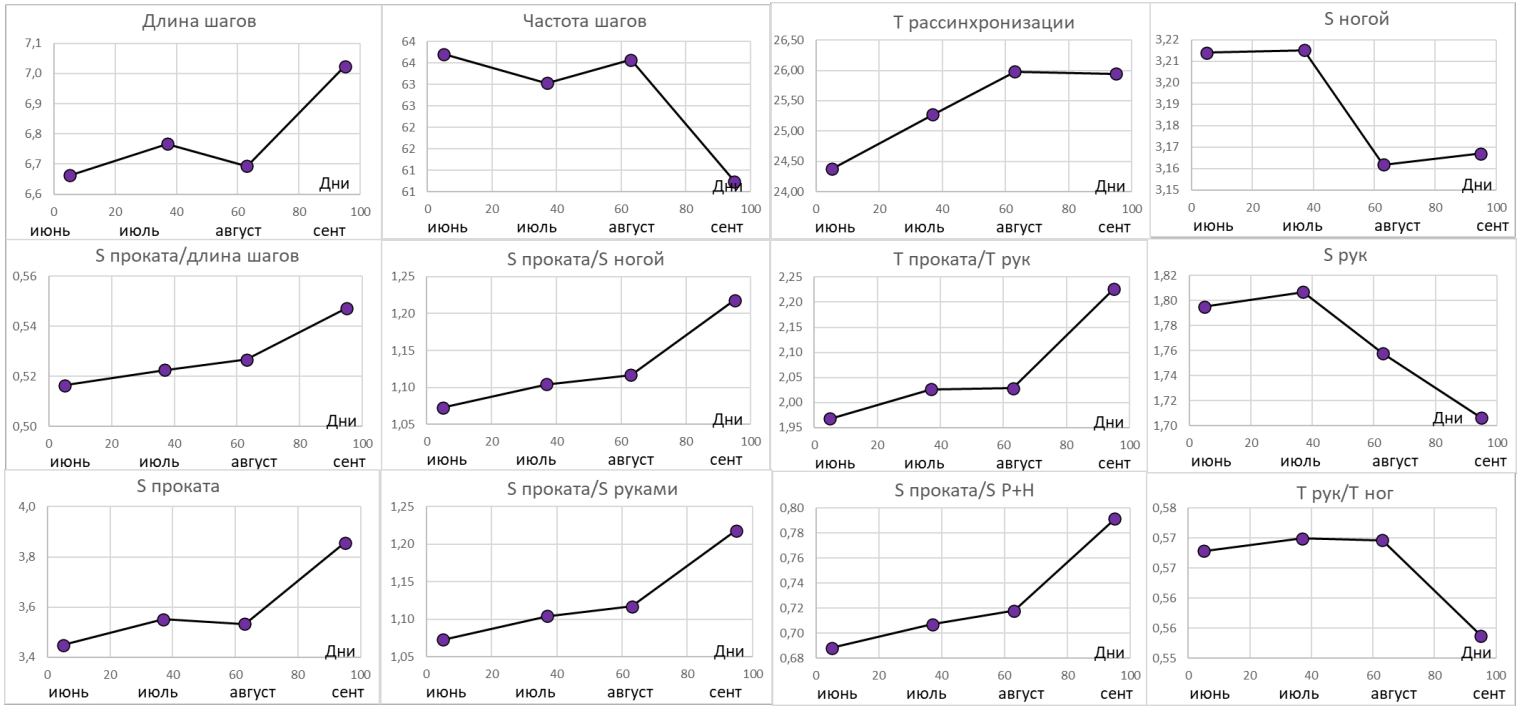


Рис. 55 – Динамика пространственных и временных показателей техники бега одновременным одношажным коньковым ходом на лыжероллерах у биатлонистов в подготовительном периоде

Интегральные показатели техники бега – длина и частота шагов – имели закономерное изменение в течение подготовительного периода (май – сентябрь): длина шагов возрастала, частота снижалась.

Наиболее важный ритмовой показатель, отражающий силу и эффективность приложения усилий при отталкивании – путь проката – систематически возрастал, как по абсолютным значениям, так и относительно длины шагов и пути отталкивания руками и/или ногой, причем наиболее активно к моменту участия в летних соревнованиях (сентябрь). При этом изменение длительности двух компонентов активной фазы (отталкивания) руками и ногой различалось. Путь и длительность отталкивания руками систематически снижались – наиболее активно после июля; ногой – имели S образную недостоверную динамику, но в целом снизились.

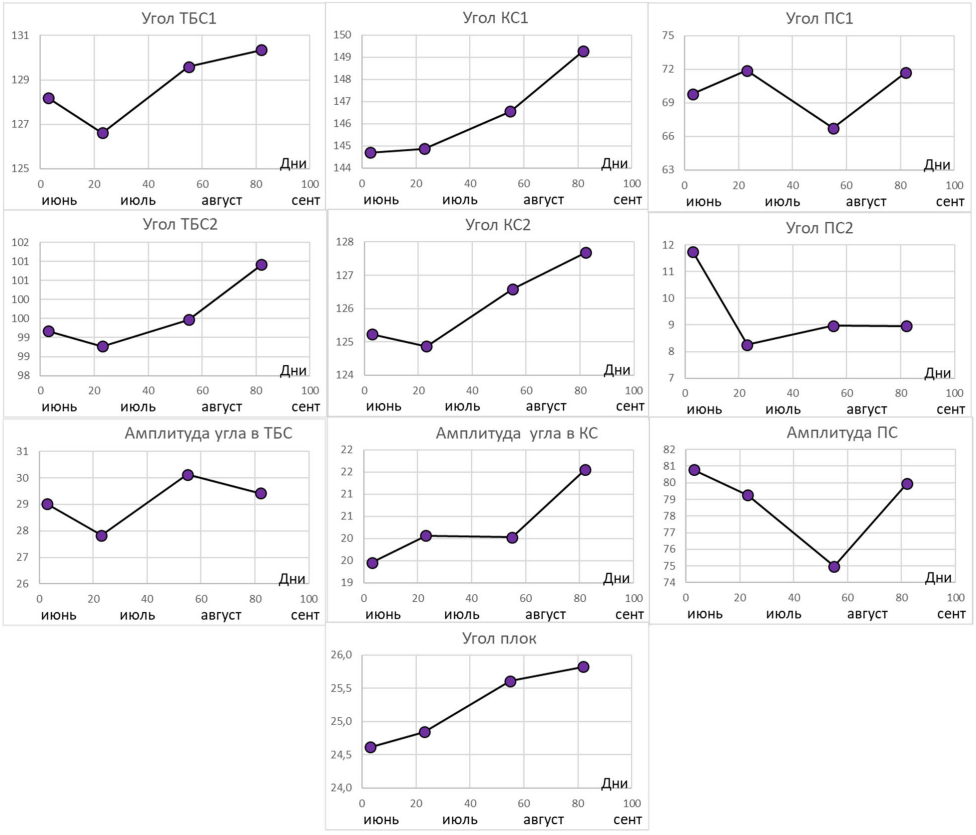


Рис. 56 – Динамика угловых показателей техники бега одновременным одношажным коньковым ходом на лыжероллерах у биатлонистов высокого класса в подготовительном периоде

Соответственно, путь и длительность отталкивания руками относительно отталкивания ногой сначала слабо возрастали, но затем относительная длительность отталкивания руками резко сократилась ($p < 0,01$).

Другой важнейший, как считается, показатель эффективности отталкивания – время рассинхронизации между моментами начала толчка руками и ногой в течение подготовительного периода – систематически уменьшался ($p < 0,01$), наиболее активно – в первой половине подготовительного периода.

Динамика угловых показателей представлена на рисунке 56.

Углы в тазобедренном и коленном суставах в начале и середине отталкивания почти синхронно увеличивались к этапу летних соревнований ($p < 0,01$). То есть техника спортсменов постепенно приобретала характеристику «более выпрямленного положения туловища с более высоким положением ЦМТ». Диапазон изменения углов (амплитуда) в ТБС при общей положительной тенденции достоверно возрастала только в период с июля до августа. Амплитуда в КС не изменялась ни на одном этапе при пренебрежимо малом РЭ. Показатели углов в плечевом суставе изменялись с очень высокой вероятностью (> 99%), а именно: при постановке палок на опору угол в ПС1 изменялся в противофазе углу в ТБС1 – уменьшался с июля по август. Однако между июнем и сентябрем различий не было. Угол в ПС2 при отрыве палок от опоры резко уменьшился с июня по июль ($p < 0,01$), затем стабилизировался. Амплитуда в ПС высоковероятно снижалась до августа, потом снова резко увеличилась к сентябрю.

Последним показателем, который продемонстрировал устойчивый тренд и достоверный диапазон изменения, был угол палок в конце отталкивания – он увеличивался. Другими словами, спортсмены быстрее завершали отталкивание, что хорошо согласуется с уменьшением длительности отталкивания руками и общей длительности активной фазы (S/t P+H).

4.8.4 Совместный анализ данных в логике исследования: нагрузки, подготовленность, реактивность кинематики одновременного одношажного конькового хода

Таким образом, исследование позволило получить необходимые составляющие для анализа тренировочных факторов, существенно влияющих на биомеханические параметры соревновательного упражнения, а именно: показатели величины и динамики тренировочных нагрузок, реакция на них функциональных систем и двигательных способностей спортсменов, сопутствующие изменения кинематики ООКХ.

Проведем анализ отдельно, для команды биатлонистов (мужчин) и объединенной группы лыжников-гонщиков (мужчин и женщин).

Биатлонисты

Основными характеристиками периодизации режимов тренировочных нагрузок являются следующие (п. 4.8.1).

После завершения втягивающего мезоцикла (вторая половина апреля, начало мая), спортсмены практически сразу выходят на максимальные объемы низкоскоростных низкоинтенсивных режимов циклической (на выносливость) и силовой (гипертрофической) нагрузки, представленные на рисунках 50 и 51. Данные по первому срезу показателей (в июне) физического состояния спортсменов и кинематике их бега с высокой вероятностью отражают пониженное состояние готовности спортсменов по всем составляющим, продемонстрированным на рисунках 52–54. Так как согласно существующим представлениям, несмотря на то, что спортсмены к этому моменту уже около 1,5 месяцев активно тренируются после завершения переходного периода, для того чтобы нагрузки устойчиво реализовались в изменении показателей подготовленности, требуются одна – четыре недели или даже больший период.

Таким образом, реакция организма на применение «блока» низкоскоростных режимов должна была проявиться при июльском тестировании. Однако в этот период ЭГ этапное обследование не проходила. Тем не менее, так как периодизация нагрузок в мае – июле принципиально не отличалась от «модели» (других биатлонных команд сборной РФ за 2014–2022 гг.), то о реакции организма на нагрузки этого этапа можно судить на основании анализа «модельной» динамики состояния спортсменов. В частности, из рисунков 52–54 следует, что на фоне снижения массы тела, жира и мышц в этот период силовые показатели, особенно связанные с работой руками, начинают свой восходящий тренд. В то же время аэробные показатели или не меняются, или слабо снижаются. Исключением снова являются показатели при работе руками («мощность» ОМВ, мощность и потребление кислорода на АнП), которые возрастают.

В третьей главе уже отмечалось, что параметры подготовленности при работе руками, вероятно, выступают в качестве своеобразной «целевой функции», так как, несмотря на закономерную этапную смену акцентов в нагрузках, эти показатели практически монотонно возрастали во всех выборках. На этом фоне все кинематические показатели, связанные с длиной шагов (напомним, при нормировании на скорость бега), увеличиваются. При этом снова строго в соответствии с данными по взаимосвязи показателей физической подготовленности с кинематикой, отраженной в разделе 4.7, начинает снижаться длительность отталкивания и руками, и ногами, что показано на рисунке 55. Это отражает тренд к повышению «активности» отталкивания на фоне увеличения длины

проката и снижения степени рассинхронизации между моментами начала отталкивания руками и ногой. Из рисунка 56 следует, что угловые показатели не демонстрируют в этот период какого-либо отчетливого тренда.

Таким образом, можно резюмировать, что «блок» большого (максимального за макроцикл) объема тренировки с применением низкоскоростных режимов работы мышц имеет своим следствием – в очередной раз «парадоксально» – повышение «активности» отталкивания. Это ассоциируется прежде всего с функциональными возможностями, связанными с работой плечевого пояса, что хорошо согласуется с данными, представленными выше в этой главе.

Повышение «активности» отталкивания выражается в увеличении длины шагов и длины свободного проката при сокращении длины и длительности отталкивания, но только руками. Время и путь отталкивания ногой имеют ту же направленность, но только на уровне слабой тенденции [43].

Увеличение силы мышц, реализующих отталкивание руками, отразилось на уменьшении угла в ПС при завершении отталкивания. Это может быть следствием того, что наиболее активная фаза отталкивания переместилась ближе к началу бегового цикла и спортсмены стали (или получили возможность?) быстрее «снимать палки с опоры».

Следующий условный этап наблюдений затрагивает период тренировки в конце июня, в июле и начале августа.

Анализ нагрузок, представленных на рисунках 50 и 51, позволяет охарактеризовать его как «этап низкоскоростных среднеинтенсивных циклических режимов». Об этом говорят максимальные объемы работы в третьей зоне интенсивности и в форме АСМ. Второе явное изменение периодизации на этом этапе относится к силовой тренировке: в это время полностью исключается НССИ (гипертрофический) режим, но вместо него применялись максимальные объемы НСВИ режима (на максимальную силу). Данная замена произведена на фоне сохранения прежних объемов многоповторного НСНИ режима (на «гипертрофию» окислительных МВ).

Результатом выполнения тренировочной работы такого характера (по данным тестирования ЭГ в августе, продемонстрированных на рисунках 52–54), явилось:

- увеличение мышечной массы и массы тела на фоне снижения доли жирового компонента тела и тощих объемов;
- увеличение всех тестируемых силовых, взрывных и мощностных показателей мышц ног;
- увеличение силы мышц рук, но снижение алактатной мощности мышц рук, что, как нами подробно обсуждалось ранее, вероятнее

всего, связано с ухудшением спринтерских возможностей спортсменов в результате применения высоких объемов низкоскоростных режимов силовой тренировки [43];
– выраженное улучшение всех показателей, связанных с потреблением кислорода мышцами спортсменов (АнП и МПК), что также с высокой вероятностью обусловлено совместным применением циклических и силовых низкоскоростных режимов [43];
– однако, в отличие от «контроля», спортсмены ЭГ продемонстрировали в этот период ухудшение показателей функциональных возможностей ССС (УОС и МОК). Возможно, это связано с меньшими объемами первой-второй зон, которые не смогли компенсировать бóльшие объемы более интенсивных режимов АСМ и нагрузок в третьей зоне.

Пространственно-временные параметры ООКХ в этот период продолжили практически с линейной динамикой демонстрировать те же самые тенденции, что и в предыдущий период, когда также использовались низкоскоростные тренировочные режимы, но меньшей интенсивности. Единственным различием явилась стабилизация длительности/пути проката при отталкивании ногой (не достоверно), что, как нам представляется, связано с применением НСВИ режима. Возможно, что реализация выполненной нагрузки в повышение силовых возможностей мышц ног сделала комфортным для спортсменов «долгое стояние на ноге» при отталкивании, что, как обсуждалось выше (п. 4.7), прямо связано с силой ног. Продолжение тенденции сокращения длительности отталкивания руками и увеличение проката могут быть связаны с улучшением взрывной силы мышц ног, описанной в пункте 4.7.

Тенденция повышения комплекса силовых возможностей мышц ног в явном виде отразилась на угловых параметрах в суставах ног: углы в начале цикла движения и по ходу отталкивания увеличились. Другими словами, спортсмены «выпрямились», «подняли выше» ЦМТ, «продвинули» таз вперед относительно точки опоры на лыжероллерах. Как обсуждалось выше, это также является характеристиками «хорошей техники». В то же время в этот период существенно возросла амплитуда изменения в ТБС, то есть спортсмены стали больше раскачиваться вперед-назад в активной фазе отталкивания руками (увеличили «навал на палки»). Однако нельзя однозначно утверждать, что это положительная тенденция техники, так как предположительно может возрастать расход энергии. В этой связи также можно отметить уменьшение амплитуды изменения углов в ПС за счет уменьшения этого угла при постановке палок на опору. Данные тенденции хорошо согласуют-

ся с повышением угла отрыва палок, что вместе с «выпрямлением» в суставах ног может свидетельствовать в пользу «рационализации» техники.

Последний из изучаемых этапов подготовки, может быть, по праву назван «предсоревновательным», но с учетом, что это летние соревнования спортсменов, которые для большинства биатлонистов высокого класса не являются основными.

На рисунках 53 и 54 показано, что в августе в продолжение тенденций, которые были начаты в июле, наблюдалось:

– существенное увеличение работы в четвертой-пятой зонах) на фоне исключения АСМ и уменьшения работы в третьей зоне;
– увеличение доли СУ в общем объеме циклических нагрузок;
– существенное снижение объемов низкоскоростных режимов силовой тренировки, но резкое (в три раза) увеличение объемов ВСВИ режима силовых упражнений.

На уровне показателей физических возможностей и способностей это выразилось:

– в резком снижением массы тела и мышц на фоне тенденции увеличения доли жира в теле;
– среди силовых показателей продолжила рост сила мышц и МАМ при работе плечевого пояса, однако показатели тестирования мышц ног проявили тенденцию к снижению;
– все показатели, отражающие потребление кислорода спортсменами (АнП, МПК), снизились, показатели работы ССС не выявили понятного тренда;
– но все показатели мощности циклической работы на уровне АнП, а также экономичности в беге и при работе руками улучшились.

Эти тенденции соответствовали следующим изменениям параметров СУ, отраженных на рисунках 55 и 56.

Прежде всего, резко возросла длина шагов, но, что важно, исключительно за счет длины проката, так как время и путь отталкивания руками еще сократился, а суммарное время отталкивания руками и ногой стабилизировалось (данные не приведены). Таким образом, в этот период еще больше реализовалось сокращение времени и, как можно предположить, возросла сила (и импульс) отталкивания руками. На уровне углов это сопровождалось увеличением угла в ПС при постановке палок на опору и соответствующим резким увеличением амплитуды движения в суставе.

Углы в суставах ног продолжили неизменную восходящую тенденцию, причем, с еще большим ускорением. При неизменной длительности

отталкивания ногой спортсмены еще больше «выпрямились», то есть еще выше подняли ЦМТ, несмотря на недостоверное снижение силы мышц ног. Поэтому, возможно, что последнее связано с улучшением функциональных возможностей мышц плечевого пояса: напомним, что такая гипотеза уже возникала при анализе взаимосвязей кинематики бега на лыжах зимой с двигательными способностями спортсменов (п. 4.7). Здесь также можно отметить некоторое уменьшение амплитуды движения в ТБС, то есть спортсмены несколько уменьшили «тангаж» – стали меньше «раскачиваться» вперед-назад.

Необходимо обратить внимание, что амплитуда изменения в коленном суставе была не только достаточно консервативной (7%), но не продемонстрировала никаких значимых изменений ни на одном из этапов подготовительного периода, несмотря на последовательную смену режимов тренировки, существенные изменения в показателях двигательных способностей, а также сопутствующие изменения в большинстве кинематических показателей. Это не соответствует ожиданиям, так как на основании обзора в первой главе, а также наших данных по взаимосвязи кинематики с физическими способностями именно этот показатель мог быть достаточно информативен в отношении изменений физических кондиций спортсменов. Одним из объяснений может служить факт, представленный в таблице 26, что в ЭГ показатель максимальной силы мышц ног и масса мышц (факторы, влияющие на угол в КС) продемонстрировали практически нулевой РЭ за время наблюдений.

Говоря об общем влиянии изменений в показателях подготовленности спортсменов на сезонные тренды в кинематике, нельзя не отметить также следующий важный парадокс.

С одной стороны, как следует из анализа корреляционных взаимосвязей «техники с физикой», а также межгрупповых сравнений спортсменов, все показатели подготовленности (кроме высокой массы мышц и взрывных способностей мышц разгибателей ног) отрицательно связаны с абсолютной и относительной длиной свободного проката – одного из основных критериев рациональности техники бега на лыжах и роллерах. Последнее следует, например, из сравнения спортсменов «основы» и «резерва», представленного в таблице 21, а также бытующих представлений. Однако, с другой стороны, в течение сезона имело место систематическое и с высоким РЭ:

– увеличение времени и пути свободного проката, причем не только относительных, но и выраженных в абсолютных значениях длины проката;
– уменьшение времени рассинхронизации.

Это те два важнейших показателя «техничности», в отношении которых ранее было сделано статистически обоснованное заключение в разделе 4.7, согласно которому лучшая физическая подготовленность в гомогенной группе биатлонистов ассоциируется с их ухудшением.

На этом основании нельзя не согласиться с выводами, который сделали авторы практически единственного проведенного ранее исследования по взаимосвязи «физики с техникой» лыжных ходов [203]: существует некий фактор «рациональности приложения усилий», который влияет на «рациональность» кинематических показателей бега на лыжах и всецело относится к «техническому мастерству спортсменов». Возможно, что это «фактор» связан с какими-то другими более глубокими «координационными или врожденными» способностями, которые оказываются значимыми в отношении кинематики, кроме различий в антропометрических, силовых и аэробных особенностях спортсменов.

Если в этой связи обсуждать сезонное изменение показателей кинематики, связанных с экономичностью спортсменов, то из данных таблицы 27 и рисунков 55 и 56 следует, что к этапу соревнований были реализованы все три положительных изменения в технике, а именно:

– уменьшилось отношение длительности (и пути) отталкивания руками и ногой;
– увеличился угол палок в конце отталкивания;
– увеличилась длина проката на ноге (не достоверно).

В заключение следует отметить, что наибольший РЭ (Коэна, 1988), наблюдались по показателям:

– время между началом отталкивания руками и началом разгибания КС (t рассинхронизации) – РЭ = 1,41;
– отношение пути проката к пути отталкивания руками (S проката/S рук) – РЭ = 1,10;
– путь за время свободного проката (S проката) – РЭ = 0,88.

Другими словами, именно перечисленные показатели можно использовать в качестве наиболее информативных при оценке влияния тренировочных факторов на кинематические параметры СУ (ООКХ), то есть при контроле (управлении) эффективности тренировки в отношении кинематических параметров ООКХ.

Лыжники-гонщики

Данные по кинематике 18 лыжников-гонщиков, мужчин и женщин сборной команды России фиксировались по аналогичной с биатлонистами методике в подготовительном периоде 2023 года. Однако нагрузки

и тестирование физической подготовленности в этом сезоне фиксировались не систематически. В то же время тренерский состав команды был сохранен на 75% относительно предыдущих лет. Другими словами, можно было предположить, что в 2023 году имела место высокая степень преемственности «усредненной системы подготовки» спортсменов относительно предыдущих лет. С учетом данного допущения динамика кинематических показателей ЛГ (рисунки 60 и 61) анализировалась относительно среднестатистических нагрузок (рисунки 57 и 58) и динамики подготовленности спортсменов сборных команд России, полученных в 2014–2022 годах, которые представлены на рисунке 59.

Закономерности периодизации нагрузок и их сочетаемость у лыжников описаны в разделах 2.2.3 и 2.3.

Новый макроцикл, как правило, начинается в середине или конце апреля, поэтому в мае в большинстве случаев идет полноценный тренировочный процесс. По этой причине, как следует из рисунка 59, большинство показателей подготовленности с мая по июнь значительно повышаются, за исключением силы и скоростно-силовых способностей ног.

Это означает, что июньское тестирование (первая точка соответствует 17-му июня) кинематики отражает не исходное состояние спортсменов после переходного периода, а уже значительно улучшенное после втягивающего этапа и месяца подготовки.

В следующий период – с июня по июль – тренды улучшения в физических кондициях продолжились, но были выражены существенно слабее – вероятнее всего, в силу «загрузки» спортсменов наибольшими объемами тренировочной работы по большинству циклических и силовых нагрузок (рисунки 57, 58). На фоне применения больших объемов гипертрофической силовой тренировки, спринта и прыжков, циклической работы в первой – третьей зонах и использования аэробно-силового метода в июне, можно говорить лишь об улучшении силовых показателей мышц ног и плечевого пояса, которые до этого не улучшались с мая по июнь. Также улучшались пороговые показатели.

Соответственно, не все показатели кинематики с июня по июль (до 17-го июля) изменились существенно. Тем не менее проявилась тенденция увеличения длины проката, уменьшилось рассогласование, уменьшилась амплитуда в ТБС и КС на фоне увеличения угла в КС и в ТБС (тенденция). Таким образом, ЦМТ спортсменов при отталкивании стал выше. Закономерно увеличились угол палок при тенденции увеличения углов и амплитуда движения в плечевых суставах.

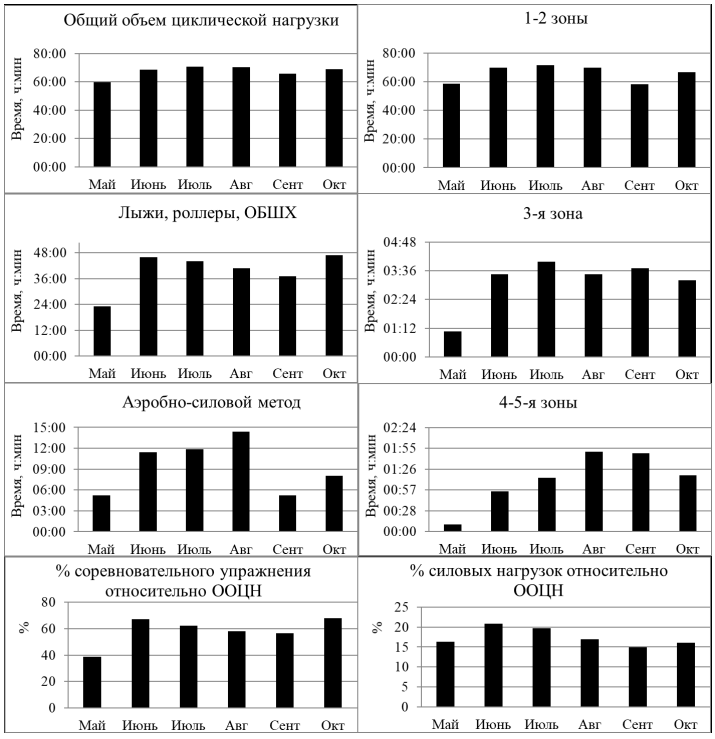


Рис. 57 – Средние месячные объемы циклических тренировочных нагрузок лыжников-гонщиков (мужчин и женщин) сборной команды Российской Федерации за 2014–2022 гг.

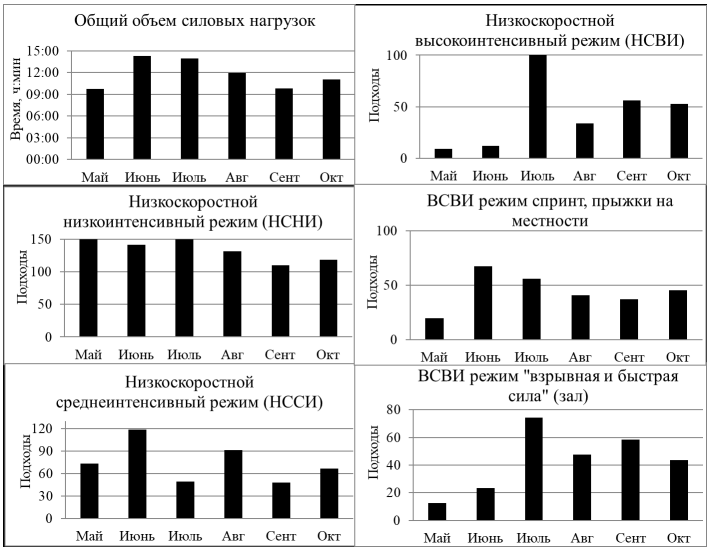


Рис. 58 – Средние месячные объемы тренировочных нагрузок силовой направленности лыжников-гонщиков (мужчин и женщин) сборной команды Российской Федерации за 2014–2022 гг.

Тренировка в июле характеризовалась прежде всего добавлением к НСНИ и ВСВИ режимам «блока» упражнений на максимальную и взрывную силу (НСВИ режим) и пиковыми объемами циклики в третьей зоне. Это в наибольшей степени отразилось на улучшении силовых, но не скоростно-силовых показателей спортсменов, заметно улучшились пороговые показатели и кардиодинамика.

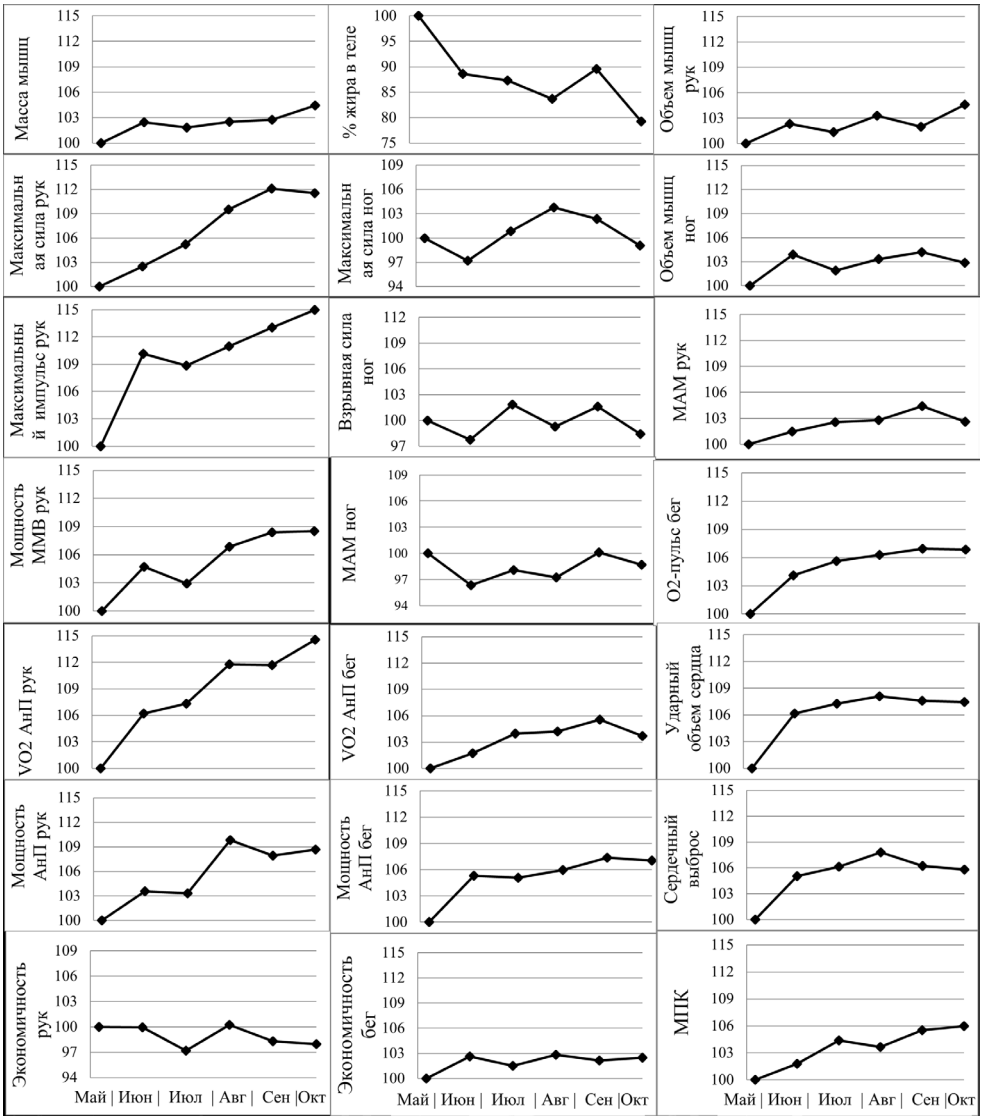


Рис. 59 – Среднестатистическая динамика показателей физической подготовленности лыжников-гонщиков (мужчин и женщин) сборной команды Российской Федерации в течение подготовительных периодов 2014–2022 гг.

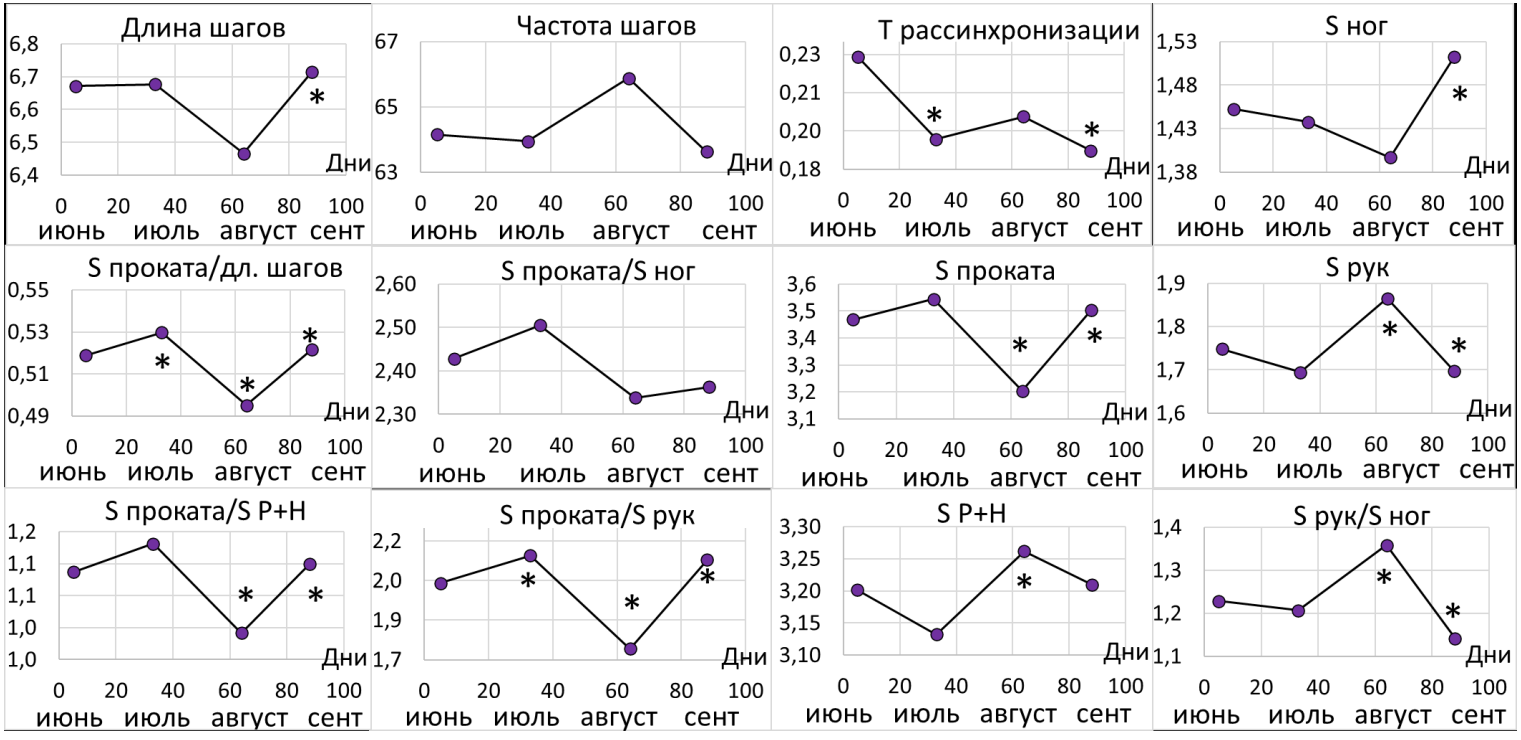


Рис. 60 – Динамика пространственно-временных показателей техники бега одновременным одношажным коньковым ходом на роллерах у лыжников-гонщиков в подготовительном периоде.
* – изменения достоверны относительно предыдущего среза.

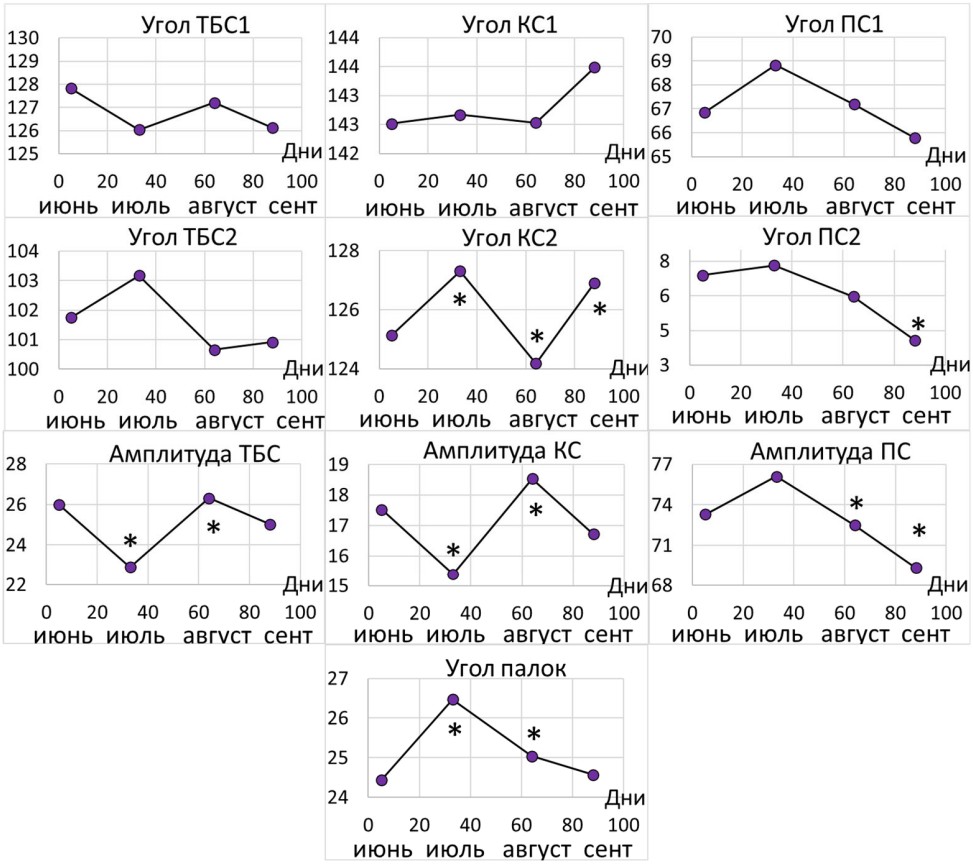


Рис. 61 – Динамика пространственно-временных показателей техники бега одновременным одношажным коньковым ходом на роллерах у лыжников-гонщиков в подготовительном периоде.

* – изменения достоверны относительно предыдущего среза

Длина и частота шагов по-прежнему существенно не менялись, но при тенденции уменьшения первого и возрастания второго. Кроме этого, характеру улучшения физических кондиций (см. раздел 4.7) также вполне соответствовало снижение абсолютного и относительного пути проката, а также увеличение амплитуды в ТБС и КС. Однако в эту тенденцию не вписываются увеличение длительности отталкивания руками и уменьшение углов в ТБС и КС.

Тренировка в августе знаменовалась увеличением объемов интенсивной циклической тренировки (четвертая-пятая зоны) и пиковыми нагрузками в форме АСМ, а применение силовых нагрузок – вторым «блоком» гипертрофических тренировок при резком снижении других средств силовой тренировки.

При этом все пороговые показатели и кардиодинамика проявили тенденцию к снижению, но МПК улучшилось. Среди силовых параметров продолжилась неизменная тенденция улучшения силовых показателей рук, при этом реализовались скоростно-силовые, но не силовые показатели ног.

Кинематика четко проявила те же тенденции, что и у биатлонистов в сентябре: возросла длина шагов за счет увеличения проката и пути отталкивания ногой при укорочении фазы отталкивания руками. Продолжилась тенденция уменьшения рассинхронизации. Углы в коленных суставах увеличились, в ПС снизились, в ТБС практически не изменились. Все амплитуды уменьшились.

Таким образом, в этот период в существенной степени, как и у биатлонистов, проявился «дуализм» влияния факторов «физики» и «техники» на кинематические параметры движения:

– влияние «физики» проявилось в укорочении фазы отталкивания руками и увеличении ногой, а также в увеличении угла в КС;
– влияние «техники» – в увеличении длины и уменьшении частоты шагов за счет увеличения длины проката.

Однако, наряду с общими тенденциями, имеют место и различия в динамике кинематики между ЛГ и БИ, прежде всего в период с июня по август. Их анализ позволит уточнить некоторые моменты.

Нагрузки в мае и июне, реакцию на которые можно отследить по изменению кинематики между июнем и июлем (рисунки 59 и 60), по своей логике у ЛГ и БИ различались не существенно. У БИ был более высокий градиент возрастания циклических нагрузок в первой – третьей зонах от мая к июню. По силовым нагрузкам биатлонисты в июне сочетали НССИ и НСВИ режимы, в то время как лыжники НСВИ не использовали, но имели относительно большую долю гипертрофического НССИ. Второе отличие БИ было в том, что они практически не использовали ВСВИ ни в какой форме в мае и июне, а ЛГ этот режим использовали широко, но в большей степени в форме спринта и прыжков. Таким образом, периодизация силовых нагрузок в мае и июне у БИ предполагала строго использование низкоскоростных режимов в логике от низкой интенсивности – к высокой, в то время как лыжники применяли сочетание низко- и высокоскоростных режимов силовой тренировки и не использовали НСВИ.

Тем не менее данные различия не привели к заметной разнице в динамике кинематики, а именно, у спортсменов на уровне тенденции возрастала длина шагов за счет длины проката, но не отталкивания. Различия проявились на уровне «техники»: степень рассинхронизации у БИ увеличилась, у ЛГ уменьшилась.

В следующий период тренировок в июле различий по периодизации циклических средств не было. По силовой тренировке: ЭГ БИ исключила гипертрофический НССИ режим, по-прежнему не использовала ВСВИ режим, а тренировка предполагала только сочетание НСНИ и НСВИ режимов. У ЛГ июль можно назвать «комплексным» и «ударным» – не снижая общего объема силовых нагрузок, лыжники резко увеличили объем тренировок на максимальную силу (НСВИ режим, рисунок 58), при этом использовали все низко- и высокоскоростные режимы.

Как отмечалось выше, это привело к некоторому приросту силовых и пороговых, но не скоростно-силовых показателей лыжников. Однако практически все показатели кинематики, начиная с длины шагов и проката, «рухнули», углы в ТБС и КС уменьшились, амплитуды увеличились. Увеличились путь и время отталкивания руками, но не изменились – ногой. Соответственно, «активность» отталкивания снизилась.

Третьим был период тренировок в августе с реакцией показателей тестирования в сентябре. Различия тренировки между БИ и ЛГ заключались в следующем: циклика – БИ исключили целенаправленное использование АСМ, а у лыжников в августе был пик применения этого средства. Силовая тренировка у ЛГ стала «комплексной» еще в большей степени, так как к другим режимам был добавлен гипертрофический НССИ. У БИ этот режим по-прежнему не использовался, при этом резко сократился объем НСВИ, но в тренировку были включены все формы ВСВИ режима – как в виде спринта, так и «взрывной силы» в зале.

Реакция кинематических показателей у БИ и ЛГ была схожей, и ее можно назвать «реализацией». Это заключалось в:

– увеличении длины и сокращении частоты шагов;
– увеличении длины проката, отталкивания ногой и сокращении отталкивания руками. Соотношения фаз указывают на увеличение «активности» отталкивания;
– уменьшении времени рассинхронизации;
– увеличении углов, но уменьшении амплитуды в коленном суставе.

Различия в этот период между ЭГ БИ и ЛГ проявились в тенденциях углов:

– в плечевых суставах у ЛГ углы и амплитуда снижались, у биатлонистов имела тенденцию к увеличению;
– у БИ увеличивались углы в ТБС, у ЛГ они четкой динамики не имели;
– у БИ угол палок в конце отталкивания увеличивался, у ЛГ – снижался. Вполне возможно, что все отмеченное связано с ношением винтовки биатлонистами.

В завершение данного раздела следует отметить, что у биатлонистов исследовались спортсмены одной команды, которая тренировалась под руководством одного тренерского коллектива. У этой команды прослеживается четкая логика периодизации силовой тренировки, которая заключалась в поэтапном переходе от низкоинтенсивных к высокоинтенсивным режимам и от низкоскоростных к высокоскоростным режимам. Вполне возможно, что именно этот факт обеспечил существенно более «плавные и однонаправленные» изменения параметров кинематики с июня по сентябрь. Напротив, ЛГ исследуемой группы тренировались в трех разных командах и включали мужчин и женщин. Вероятно, что этот факт отразился на видимой «гармоничности» графиков. Однако, с одной стороны, динамика кинематики интерпретировалась относительно среднестатистических нагрузок и изменений физической подготовленности у спортсменов, которые тренировались в предыдущие периоды под руководством тех же тренеров, с другой, такой подход позволил в процессе сравнения ЛГ и БИ лучше высветить некоторые закономерности влияния тренировочных нагрузок на кинематику спортсменов.

Заключение

О МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЕ КНИГИ, ПЕРВЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВАХ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ

В данном разделе подробнее рассматриваются основные положения, ход рассуждений и сделанные выводы в рамках «биомеханико-ориентированного подхода» к управлению спортивной подготовкой на примере команды биатлонистов-мужчин (2023 г.).

Вначале определение основных понятий:

Спортивный результат – продукт специфической организации двигательных действий со стороны спортсмена, позволяющей ему реализовать имеющийся уровень развития физических качеств (двигательный потенциал) в направлении решения конкретной моторной задачи.

Функциональное совершенствование соревновательного упражнения – целенаправленное воздействие на элементы его кинематической структуры, от которых непосредственно зависит скорость и экономичность движения, путем изменения динамического наполнения двигательных действий в рамках основных фаз бегового цикла.

Управление спортивной подготовкой – процесс, связанный с программированием, организацией, контролем и текущим регулированием (коррекцией) тренировочного процесса и необходимых организационно-педагогических условий по заранее заданным критериям эффективности для достижения формализованной цели подготовки (спортивного результата).

Программирование тренировочного процесса – процесс, включающий два последовательных этапа:

I этап. Формулирование задач подготовки, ранжированных в соответствии с объективно обусловленным порядком их решения в рамках периодов и этапов макроцикла в соответствии с целью подготовки.

II этап. Организация нагрузок – выбор средств, методов и распределение (периодизация) нагрузок различной преимущественной направленности и величины, ориентированных на создание объективно необходимых тренировочных эффектов, которые выступают условием решения задач и достижения цели подготовки.

Организация тренировочного процесса – процесс создания необходимых организационно-педагогических условий и реализации (проведения) учебно-тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов.

Контроль за ходом тренировочного процесса – сбор, обработка и анализ информации о факторах величины и направленности, а также результатах применения нагрузок по критериям, характеризующим эффективность тренировочного процесса, для установления степени их соответствия плану.

Оперативная коррекция (регулирование) тренировочного процесса – основанный на данных контроля процесс принятие решения о необходимости изменения запланированных параметров и факторов тренировочной нагрузки, а также реализация на практике измененной программы подготовки.

Основные положения методологии исследования.

Целью системы подготовки спортсменов и, в частности, лыжников и биатлонистов высокого класса, является демонстрация максимально высокого спортивного результата.

Для этого, согласно существующим представлениям, тренировочный процесс должен предусматривать несколько направлений, основными из которых являются:

– повышение уровня развития физических качеств (специальная физическая подготовка – ФП);
– совершенствование умения эффективно реализовывать достигнутый уровень физической подготовленности в рамках специализированной для конкретного вида спорта структуре соревновательного упражнения (технико-тактическая подготовка – ТП).

Однако организм спортсмена реагирует на тренировочные воздействия как система, направленная на решение некоторой двигательной задачи. То есть изменения в одной его части, например, силы мышц при тренировке, утомлении и т.п., обязательно повлечет за собой изменения в технике. Такие примеры подробно описаны в первой главе. И напротив, использование какого-то иного варианта техники движения или инвентаря рано или поздно что-то «перестроит» (изменит свойства, характеристики) в исполнительном аппарате или системе управления движениями (моторной программе). Другими словами, сдвиги в физической подготовленности или изменения моторной программы влияют на спортивный результат всегда опосредованно – через систему движений, которая имеет вполне конкретные и измеряемые биомеханические характеристики.

Поэтому традиционное деление системы подготовки на отдельные «направления» (физическую, технико-тактическую и др.), по сути, не корректны уже на методологическом уровне.

В этой связи более продуктивным для теоретический разработки и практической реализации системы управления тренировочным про-

цессом представляется подход, согласно которому основным объектом тренирующих воздействий должно выступать соревновательное упражнение (СУ). А все изменения в организме спортсмена, достигаемые с помощью специально подобранных и упорядоченных в микро- и мезоциклах средств, должны обеспечивать морфофункциональную специализацию нервно-мышечного аппарата, кислородтранспортной и других систем для создания условий направленной перестройки (биомеханики) СУ. Однако для того, чтобы в тренировочном процессе задать вектор адаптационных морфофункциональных перестроек, требуется точно представлять, как реагирует «живое» движение на конкретные изменения в организме спортсмена.

В связи с вышесказанным, по нашему мнению, методология подготовки спортсменов высокого класса должна в первую очередь базироваться на понимании механизмов, их причинных факторов и закономерностях влияния средств специальной физической подготовки на кинематические и динамические параметры СУ. Понимание указанных закономерностей позволит четко сформулировать принципиальные требования к содержанию и организации тренировочных нагрузок и на этой основе существенно ограничить количество интуитивно принимаемых тренерским штабом решений в части управления процессом физической и технической подготовки в направлении расширения рабочих возможностей соревновательной структуры движения.

В рамках представленной работы мы ограничились изучением взаимосвязей кинематических параметров СУ и физической подготовленности лыжников и биатлонистов на этапе высшего спортивного мастерства, не затрагивая аспекты изучения динамической структуры специализированных локомоций, но даже эта, несколько ограниченная информация, может являться ценным инструментом при планировании и организации тренировочного процесса, основанного на понимании взаимообусловленности физической и технической подготовки спортсменов.

Не ставя перед собой задачу описания в данной монографии всех аспектов, связанных с технологией функционального совершенствования СУ, остановимся на объяснении общей методологии и методической концепции, отражающей нашу систему взглядов на построение тренировочного процесса у лыжников и биатлонистов высокого класса.

Во главу угла необходимо поставить представления, что спортивный результат прямо определяется сочетанием определенных кинематических параметров СУ во время гонки, прежде всего – сочетанием длины и частоты шагов. В свою очередь, значения длины и частоты шагов складываются из показателей и соотношения (пассивных и активных)

фаз цикла движения, на характеристики которых влияют отдельные двигательные действия. При этом параметры всех элементов структуры движения зависят от двух факторов: моторной программы, выработанной у спортсмена в процессе подготовки, и динамического (силового) наполнения каждого двигательного действия работой отдельных звеньев нервно-мышечного аппарата (НМА). Внешне оба фактора проявляются в кинематической структуре движения. Но в любом случае кинематика движения создается (определяется) работой конкретных мышц, включенных в конструкцию опорно-двигательного аппарата спортсмена со всеми его индивидуальными особенностями.

Далее, надо учитывать, что характеристики (силовые, скоростно-силовые, эластичные, упруго-вязкие, аэробные и др.) НМА формируются в процессе тренировки с использованием самого широкого круга упражнений, каждое из которых управляется своей моторной программой и которая чаще всего далека от программы соревновательного упражнения. В результате, согласно представлениям П. К. Анохина [443], сформированные свойства НМА в лучшем случае могут не полностью использоваться в рамках соревновательного движения, в худшем – входить в конфликт с моторной программой. Ситуация усложняется также тем, что, как известно, техника бывает «рациональной», а бывает «нерациональной», то есть такой, которая будет решать поставленную двигательную задачу заведомо нерациональным путем [444], а тренировка, прежде всего через изменение свойств НМА, может сдвигать всю систему управления и исполнения движения в неоптимальную сторону. Таким образом, выполненная тренировочная работа может быть неэффективной или даже вредной как минимум для реализационной эффективности спортсмена. Правда, обозначенное противоречие в значительной степени может сглаживаться высокой пластичностью центральной нервной системы, которая позволяет в той или иной степени настроить моторную программу на оптимальное использование свойств опорно-двигательного аппарата спортсмена [443]. Это происходит во время тренировки при регулярном выполнении основного упражнения с характеристиками, близкими к соревновательным, повышением доли таких режимов на предсоревновательном этапе, подбором тренировочных упражнений с параметрами работы мышц, близкими соревновательному режиму, и т. п.

Перечисленное хорошо известно.

Тем не менее мы предполагаем, что если на концептуальном (методологическом) уровне встать на позицию, что все компоненты системы управления подготовкой необходимо изначально строить для функционального совершенствования СУ в рамках его рационального варианта,

то это позволит оптимизировать тренировочный процесс, то есть повысить эффективность использования ресурсов спортсмена, которые всегда ограничены.

Таким образом, в практической плоскости влиять на скорость через изменение кинематики возможно только через изменение силового наполнения двигательных действий. Это может сопровождаться, но может и не сопровождаться перестройкой моторной программы, которая, как уже говорилось, бывает достаточной консервативным фактором. С этой позиции строятся программирование и организация тренировки. Кроме этого, по характеристикам кинематики движения можно судить о генерируемых отдельными звеньями нервно-мышечного аппарата движущих силах и их изменениях в процессе тренировки. Это дает объективные основания для разработки и реализации системы контроля, а на его основе – оперативной коррекции (регулирования) тренировки и всех значимых условий, в которых последняя осуществляется.

Такая информация вместе со знанием законов адаптации, вытекающих из них педагогических принципов и формализованных закономерностей построения тренировочного процесса в каждом виде спорта является основой для управления подготовкой спортсменов [437].

Представленная выше логика рассуждений, а также анализ литературных источников позволили нам сформулировать ряд принципиальных положений, которые могут служить основой при программировании процесса физической и технической подготовки лыжников и биатлонистов в макроцикле, а именно:

а) результативность выполнения СУ зависит от того, насколько его кинематическая структура находится в благоприятном соотношении с уровнем развития физических качеств: только необходимый и достаточный уровень развития физических качеств может обеспечить эффективные и надежные связи между кинематическими параметрами упражнения;

б) в сформированном упражнении реализуется только те физические качества, которые адекватны особенностям его кинематической структуры: при программировании тренировочного процесса объектом педагогического воздействия в первую очередь должны являться те физические качества, которые требуются для осуществления конкретной кинематики движения;

в) в рамках структуры СУ одни компоненты кинематики могут быть более чувствительны к изменению тех или иных компонентов физической подготовленности (то есть связаны прямой связью с высоким уровнем значимости), а другие – менее: при программировании тренировочного

процесса компоненты физической подготовленности, демонстрирующие прямые и значимые связи с кинематикой СУ, должны рассматриваться как главные индикаторы в определении преимущественной направленности средств физической подготовки (ФП), ориентированных на решение частных задач, связанных с совершенствованием отдельных элементов техники (кинематики) СУ;

г) не все взаимосвязи между кинематическими компонентами и/или физическими качествами одинаково важны для повышения результативности упражнения, то есть скорости передвижения спортсмена по дистанции: существуют параметры высокочувствительные (которые связаны прямой связью с высоким уровнем значимости) и низкочувствительные к результативности движения: при программировании тренировочного процесса, кинематические компоненты и компоненты физической подготовленности, демонстрирующие прямые и значимые связи со скоростью передвижения спортсмена, должны рассматриваться как главные индикаторы в определении преимущественной направленности средств физической и технической подготовки, ориентированных на решение целевых задач, связанных с совершенствованием целостной структуры СУ;

д) спортивная техника как система развивается на основе последовательной смены фаз диссоциации и интеграции кинематических компонентов и компонентов физической подготовки: при программировании процесса физической и технической подготовки в рамках подготовительного периода необходимо опираться на тот факт, что ускорение в развитии отдельных кинематических компонентов движения или физических качеств находится в противофазе с совершенствованием целостной структуры СУ и, соответственно, в рамках общеподготовительного этапа, акцент должен быть сделан на развитии отдельных, но функционально связанных компонентов кинематики и физической подготовленности, а затем, на специально-подготовительном и предсоревновательном этапах, необходимо планировать формирование целостной двигательной структуры в строгом соответствии с достигнутым уровнем развития ее отдельных компонентов.

Как следует из сформулированных выше принципиальных положений, воздействие на СУ предполагает изменения его структурных связей, в которых кинематические параметры не одинаково влияют на скорость цикла движений, выступающей в качестве важнейшего критерия уровня спортивно-технического мастерства спортсмена. Соответственно, для программирования тренировочного процесса необходимо, в первую очередь, установить прямые и значимые связи кинематических параметров СУ со скоростью цикла движения.

В проведенном нами в группе биатлонистов исследовании такими параметрами выступают (см. раздел 4.1), в частности, время отталкивания руками и ногой, длина проката при отталкивании руками и ногой, длина шагов, время рассинхронизации, угол в коленном и плечевых суставах в момент постановок палок на опору, амплитуда движения в коленном суставе. Именно данные параметры кинематики СУ должны рассматриваться как объекты тренировочных воздействий и в то же время выступать как объекты педагогического контроля за изменениями в уровне технической подготовленности спортсмена в рамках макроцикла.

Определив, таким образом, ведущие или, как мы ранее писали, высокочувствительные кинематические параметры СУ, необходимо определить преимущественную направленность средств и методов физической подготовки, избирательно воздействующих на кинематику (технику). С этой целью требуется установить взаимосвязь компонентов физической подготовленности спортсменов с кинематическими характеристиками СУ, и в первую очередь с теми, которые напрямую определяют параметры спортивного результата. При этом мы считаем, что наиболее целесообразным с теоретических и практических позиций следует рассматривать кинематические характеристики в составе частей упражнения, каждая из которых обладает своим двигательным составом и несет в себе определенную функцию. Такие части получили названия фаз упражнения, а в рамках структурного взаимодействия образуют фазовый состав упражнения (рисунок 62.)

Представленные на рисунке 62 следующие друг за другом двигательные действия (положения спортсмена в пространстве, включая граничные моменты рабочих поз) в рамках полного цикла одновременного одношажного конькового хода мы объединили в следующие фазы:

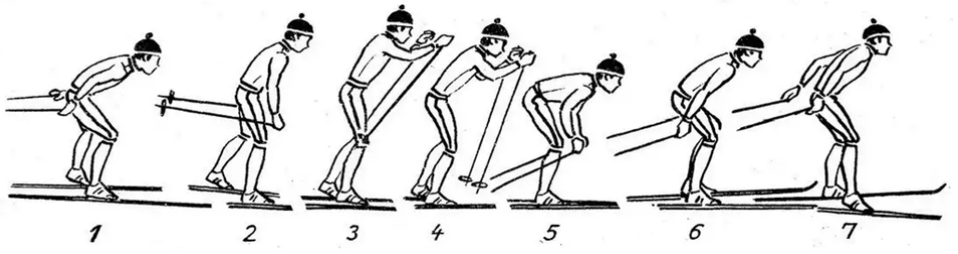


Рис. 62 – Фазовый состав одновременного одношажного конькового хода

– фаза 1 – свободное скольжение – положение спортсмена с «1 по 4» (начало фазы – положение «1» – граничный момент «отрыв лыжи от опоры», окончание фазы – положение «4» – граничный момент «постановка палок на опору»);

– фаза 2 – скольжение с отталкиванием руками – положение спортсмена с «4 по 6» (начало фазы – положение «4» – граничный момент «постановка палок на опору», окончание фазы – положение «6» – граничный момент «отрыв палок от опоры»);
– фаза 3 – скольжение с отталкиванием ногой – положение спортсмена с «6 по 1» (начало фазы – положение «6» – граничный момент «отрыв палок от опоры», окончание фазы – положение «1» – граничный момент «отрыв лыжи от опоры»).

После определения фазового состава СУ (в нашем случае – ООКХ) более информативными и наполненными содержательным смыслом становятся кинематические характеристики движения, которые в рамках фазовой структуры распределились нами следующим образом:

– фаза 1 – свободное скольжение: время и длина проката, длина и частота шагов;
– фаза 2 – скольжение с отталкиванием руками: время отталкивания руками, длина проката при отталкивании руками, угол палок в момент их отрыва от опоры, время рассинхронизации, все угловые и амплитудные параметры в плечевом (ПС), коленном (КС), тазобедренном (ТБС) суставах, а именно:
  1) положение спортсмена «4» (граничный момент постановки палок на опору): угол ТБС1, угол КС1, угол ПС1;
  2) положение спортсмена «5»: угол ТБС2, угол КС2 (момент максимального сгибания в коленном и тазобедренном суставах);
  3) положение спортсмена «6» (граничный момент отрыва палок от опоры): угол ПС2;
  4) амплитуда движений в ПС, КС и ТБС;
  5) суммарное время, затраченное при отталкивании руками и ногой;
  6) общая длина пройденного пути при отталкивании руками и ногой;
  7) длина и частота шагов;
– фаза 3 – скольжение с отталкиванием ногой: время отталкивания ногой, длина проката при отталкивании ногой (активное давление на опору), суммарное время, затраченное при отталкивании руками и ногой, длина пройденного пути при отталкивании руками и ногой, длина и частота шагов.

Определение фазового состава СУ и связанных с каждой фазой кинематических характеристик движения позволяет не просто представить значение каждой фазы, то есть решать с ее помощью частные задачи, но и создает возможность для программирования содержания средств физической и технической подготовки, направленно влияющих на ведущие кинематические параметры СУ (внешняя форма упражнений,

режим работы мышц, характер двигательных усилий, время цикла и т. д.), и контроля за их изменениями.

Для демонстрации логики рассуждений сжато перечислим наиболее значимые связи морфологических компонентов состава тела и компонентов физической подготовленности с кинематическими характеристиками лыжных локомоций (раздел 4.5):

1) процент мышц в теле отрицательно связан с длиной шагов, длиной проката в фазе свободного скольжения и временем отталкивания руками;

2) тощий объем плечевого пояса положительно связан с углом в коленном суставе в момент постановки палок и в момент подседа (положение спортсмена «4–7» на рисунке 62);

3) тощий объем нижних конечностей положительно связан с углом в КС2 в момент подседа (положение спортсмена «5»);

4) максимальная сила мышц ног положительно связана со временем отталкивания руками, длиной отталкивания ногой, то есть, как можно предположить, увеличивает вклад нижних конечностей относительно верхних в длину проката в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3);

5) взрывная сила мышц ног положительно связана с длиной проката в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) и с углом в тазобедренном суставе в момент постановки палок на опору (окончание фазы 1 и начало фазы 2);

6) максимальная сила рук отрицательно связана с длиной шагов и проката, но, видимо, положительно влияет на длину и время отталкивания ногой в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3), а также углы в КС1 и ТБС1 в момент постановки палок на опору;

7) максимальная алактатная мощность рук положительно связана со временем отталкивания ногой и длиной пути в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3), но отрицательно влияет на длину проката в фазе свободного скольжения (фаза 1);

8) максимальная алактатная мощность ног положительно связана с углом в ТБС1 в момент постановки палок на опору (окончание фазы 1 и начало фазы 2);

9) кислородный пульс при работе руками отрицательно связан с длиной шагов и проката в фазе свободного скольжения (фаза 1), но положительно связан с углом палок в момент окончания отталкивания руками и углом сгибания в коленном суставе в момент подседа;

10) потребление кислорода при работе руками на уровне АнП отрицательно связано с длиной шагов и проката в фазе свободного скольжения, но увеличивает вклад верхних и нижних конечностей в длину проката

в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) и увеличивает угол сгибания в коленном суставе в момент подседа;

11) механическая мощность, развиваемая спортсменом при работе руками на уровне АнП, отрицательно связана с длиной проката в фазе свободного скольжения, но положительно – с длиной проката в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) и углом сгибания в КС1 в момент постановки палок на опору и момент подседа;

12) потребление кислорода в беге на АнП отрицательно связано с длиной шага и проката в фазе свободного скольжения, но положительно влияет на угол в КС1 в момент постановки палок на опору;

13) экономичность при работе руками положительно связана с длиной проката и временем отталкивания ногой в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3);

14) рейтинг IBU, то есть квалификация спортсмена, отрицательно связан с длиной шагов и проката в фазе свободного скольжения.

Теперь, если сгруппировать представленные выше взаимосвязи кинематики и морфофункциональные показатели таким образом, чтобы изменение суставных углов при выполнении СУ условно считать изменением собственно техники, а временные и амплитудные параметры, связанные с перемещением ЦМТ – как проявление функциональных возможностей лыжного движения, то можно говорить о том, что:

1. Для того чтобы спортсмен изменил технику в направлении более высокой атакующей позиции, позволяющей ему создать мощность рабочих усилий в момент навала на палки, при этом максимально вовлекая в работу мышцы живота и массу туловища, то в первую очередь следует уменьшить процент жировой массы верхних и нижних конечностей, так как только таким путем реально повысить % мышечной массы в теле. Соответственно, делаем вывод, что «морфология» напрямую влияет на технику лыжных локомоций. Еще одним важнейшим фактором, влияющим на технику лыжных движений, выступают аэробные возможности быстрых и медленных мышечных волокон мышц плечевого пояса и функциональные возможности сердечно-сосудистой системы, проявляемые при работе руками. Таким образом, мы подтвердили тот факт, что энергетические компоненты, входящие в состав динамической структуры соревновательного упражнения, будут оказывать влияние на его кинематическую структуру, но что самое главное, влиять именно на суставные углы, в частности, в коленном суставе. Помимо аэробных возможностей мышц плечевого пояса, аэробные возможности мышц, работающих при беге с палками, прежде всего нижних конечностей, также влияют на угол в коленном суставе. При этом примечательно, что потребление кислорода

верхними конечностями в основном влияет на угол в коленном суставе в момент подседа, а нижними конечностями – на суставной угол в момент постановки палок на опору. Таким образом, «морфология» и «энергетика» влияют на то, что в повседневной тренерской практике называют «техникой» движений. Полученный факт достаточно важен не только с методологических позиций построения тренировочного процесса, но и с практической точки зрения, так как указывает, с одной стороны, на недопустимость программирования процесса специальной физической подготовки (СФП) в отрыве от технической подготовки, а, с другой стороны, указывает на возможность влиять на технику движения не только с применением традиционных средств технической подготовки, но и привлекая для этого средства СФП с точно выверенным воздействием на кинематику лыжных локомоций.

2. Силовые способности неожиданно меньше, чем «морфология» и «энергетика», были связаны с угловыми параметрами лыжного движения. Но при этом только взрывная сила мышц нижних конечностей и максимальная сила рук, как можно считать, влияют на угол в тазобедренном суставе, формируя у спортсмена более выгодную атакующую позицию в момент постановок палок на опору. Таким образом, воздействовать на технику лыжных локомоций через изменение угла сгибания в коленном суставе в момент постановки палок и в момент подседа возможно через уменьшение жировой массы мышц верхних и нижних конечностей, но не увеличивая при этом процент мышечной массы, а также путем повышения аэробных возможностей мышц и функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы при работе руками. В то же время, чтобы изменить угол сгибания в ТБС1 в момент постановки палок на опору, видимо, требуется в первую очередь повысить взрывную силу мышц ног и максимальную силу мышц плечевого пояса.

3. Временные параметры ООКХ практически не связаны с морфологическими и энергетическими факторами. Но при этом прямое влияние на изменение времени отталкивания ногой, по-видимому, оказывает уровень максимальной силы мышц верхних и нижних конечностей, а также показатели взрывной силы верхних конечностей и экономичности потребления кислорода при работе руками. В то же время можно предположить, что на время отталкивания руками напрямую влияет только процент мышц в теле, причем отрицательно. В этой связи примечателен тот факт, что время, затрачиваемое на отталкивание ногой, больше подвержено влиянию силовых способностей мышц, тогда как время отталкивания руками практически не связано напрямую ни с «силой», ни с «энергетикой», а только с одним морфологическим фактором.

4. Амплитудные параметры движения, связанные с перемещением ЦМТ в фазах скольжения с отталкиванием ногой и свободного скольжения, в большей степени могут перестроиться в зависимости от изменения уровня силовых и энергетических (аэробных) способностей мышц верхних и нижних конечностей и практически не зависят напрямую от морфологических факторов.

Таким образом, угловые, временные и пространственные параметры специализированного упражнения обладают разной чувствительностью (восприимчивостью) к изменению показателей «силы», «морфологии», «энергетики», поэтому, чтобы иметь возможность успешно программировать и эффективно сочетать в макроцикле средства ОФП, СФП и ТП, требуется точное понимание их влияния на кинематические характеристики лыжных локомоций.

Все вышесказанное отнюдь не означает, что только представленные выше взаимосвязи определяют выбор средств и методов в процессе ФП и ТП. Напомним, что в рамках данного исследования изучались только прямые связи, тогда как существуют общие и частные, а также опосредованные связи между компонентами физической и технической подготовленности спортсменов. В этой связи для их выявления требуется проведение дальнейших исследований. В своей работе мы лишь попытались в общих чертах, идеологически, представить отличную от традиционной методологию построения тренировочного процесса у высококвалифицированных лыжников и биатлонистов, но сам процесс окончательного формирования данной методологии еще очень далек до своего завершения.

Продолжая раскрывать методологию построения тренировочного процесса, основанную на единстве ФП и ТП, следует указать, что установление взаимосвязей между физической и технической подготовленностью еще не позволяет ответить на вопрос о том, как должны быть упорядочены в рамках подготовительного периода задачи по изменению различных сторон физической подготовленности и кинематических характеристик СУ. Без этой информации процесс программирования, организации и контроля тренировочных нагрузок не будет обладать должной прогностичностью и технологической надежностью. Поэтому в рамках проведенного исследования прослеживалась динамика морфофункциональных изменений в организме биатлонистов и кинематических показателей соревновательного упражнения за время подготовительного периода.

В ходе наблюдений установлено, что с начала общеподготовительного этапа (июнь) до момента окончания специально-подготовительного этапа

(летний чемпионат России) ведущие кинематические характеристики соревновательного движения изменялись следующим образом:

- возросли длина шагов, длина проката в фазе свободного скольжения, время рассинхронизации, длина проката в фазе свободного скольжения относительно фазы скольжения с отталкиванием ногой;
- снизились частота шагов, длина проката в фазе скольжения с отталкиванием ногой, длина проката в фазе свободного скольжения, время отталкивания руками по отношению ко времени отталкивания ногой;
- возросли углы в КС1 и ТБС1 в момент постановки палок на опору и в момент подседа, а также амплитуда в КС в фазе скольжения с отталкиванием руками (фаза 2) и угол отрыва палок в момент окончания фазы 2;
- снизились амплитуда в ТБС и ПС, а также угол в ПС2 в фазе скольжения с отталкиванием руками (фаза 2);
- не изменился угол в ПС1 в момент постановки палок на опору.

При этом принципиально важно было в ходе наблюдения установить временные этапы наибольшей «кинематической сенситивности» характеристик СУ в рамках подготовительного периода. Полученные нами результаты указывают на следующее:

1) общеподготовительный этап (май – июль): длина шагов и длина проката в фазе свободного скольжения возрастали, частота шагов снижалась, а длина проката в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) не менялась; углы и амплитуда движения в тазобедренном суставе в момент постановки палок на опору и в фазе скольжения с отталкиванием руками (фаза 2) снижались, тогда как углы в ПС1 и КС1 в момент постановки палок на опору увеличивались; в то же время углы в КС2 и ПС2 в фазе скольжения с отталкиванием руками снижались, но при этом амплитуда в КС растет, а в ПС падает;

2) первая половина специально-подготовительного этапа (август): длина шагов и длина проката в фазе свободного скольжения (фаза 1) и фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) снижались на фоне роста частоты шагов и времени рассинхронизации; длительность отталкивания руками по отношению к отталкиванию ногой находилась в стагнации, тогда как отношение длины проката в фазе свободного скольжения (фаза 1) по отношению к длине проката в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) возрастала; все угловые и амплитудные характеристики увеличивались, за исключением угла и амплитуды в плечевом суставе в фазе скольжения с отталкиванием руками при стагнации амплитуды движения в коленном суставе;

3) изменения во второй половине специально-подготовительного этапа (сентябрь, летний чемпионат России) полностью повторяли тенденции в целом за подготовительный период и описаны выше.

Благодаря представленной выше информации становится возможным проследить, как меняется кинематическая структура соревновательного упражнения за время подготовительного периода, и выделить этапы наибольшей восприимчивости («сенситивности») кинематических характеристик к предлагаемым тренировочным нагрузкам.

Опишем выявленные тенденции на примере условного биатлониста.

В начале общеподготовительного этапа соревновательное движение спортсмена отличает сильное сгибание КС опорной ноги при значительном сгибании туловища (таз находится сзади) в момент постановки палок на опору. При этом спортсмен недалеко относительно туловища выносит руки и ставит палки на опору. В момент подседа и отталкивания спортсмен достаточно слабо (не глубоко) подседает и сгибает туловище, осуществляя давление на опору (лыжу) со стороны верхних и нижних конечностей. При такой организации движения длина шага и проката в фазе свободного скольжения небольшая относительно показателей последующих этапов подготовительного периода, однако длина проката в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) и частота движений достаточно высокая. При этом спортсмен более медленно отталкивается руками относительно времени отталкивания ногой в фазах скольжения с отталкиванием руками и ногой (вторая и третья фазы, соответственно).

К окончанию общеподготовительного этапа ситуация меняется. Спортсмен в момент постановки палок на опору стоит на более выпрямленной ноге, но при этом сильнее сгибает туловище и дальше выносит палки вперед. В дальнейшем из данной атакующей позиции спортсмен не сильно подседает, сгибая КС, но при этом увеличивает наклон туловища. При такой организации движения спортсмен все время перегружает поясничную область для создания давления на опору со стороны плечевого пояса и не создает благоприятных биомеханических условий для полноценного задействования мышц живота и массы туловища. Кроме этого, после отталкивания в фазе свободного скольжения спортсмен для создания атакующей позиции перемещает ЦМТ в площадь опорного контура (в площадь лыжных ботинок) с недостаточной амплитудой, создавая тем самым стопорящий момент в отношении скорости передвижения (таз в фазе свободного скольжения находится сзади) и излишне перегружая мышцы передней и задней поверхностей бедра опорной ноги. Иными словами, спортсмен «конструирует» движение таким образом, что вклад скелетных мышц и их усилий преобладает над рациональной механикой

и экономичностью движения. При этом можно наблюдать увеличение длины шага и проката в фазе свободного скольжения на фоне снижения частоты шагов. Примечательно, что протяженность фазы скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) не изменилась.

В первой половине специально-подготовительного этапа спортсмен еще более выраженно начинает выпрямлять колено опорной ноги в момент постановки рук на опору, но при этом и ЦМТ оказывается более смещенным в площадь опорной базы за счет усиления разгибания тазобедренного сустава. Угол в плечевом суставе снижается. В этом случае можно утверждать, что спортсмен существенно улучшил биомеханику атакующей позиции в момент постановки палок на опору и создал благоприятные условия для вовлечения мышц живота и массу туловища в создание пропульсивной силы со стороны мышц плечевого пояса и спины. Кроме этого, в фазе скольжения с отталкиванием руками (фаза 2) спортсмен меньше наклоняет туловище, больше и эффективнее вовлекая мышцы живота в работу и меньше перегружая мышцы поясничной области. Благодаря такому взаиморасположению плечевого, коленного и тазобедренного суставов в фазе скольжения с отталкиванием руками у спортсмена появляется возможность снизить напряжение мышц опорной ноги. Это позволяет их лучше расслабить и, как можно предположить, более эффективно вывести продукты метаболизма в следующей фазе свободного скольжения. Кроме этого, создаются благоприятные биомеханические условия для быстрой организации перехода к новому циклу движения, что сопровождается увеличением частоты шагов на фоне снижения длины шага и проката в фазе свободного скольжения.

К моменту начала летнего чемпионата России (сентябрь) наш биатлонист сохраняет общую тенденцию в организации движений, которую мы наблюдали в начале специально-подготовительного этапа. Отличием является то, что при достаточно высоком положении ЦМТ в момент постановки рук на опору (сильно разогнутые КС и ТБС) спортсмен стал больше выносить руки вперед и увеличил амплитуду движения в ПС. Как результат, можно наблюдать предельное за весь подготовительный период увеличение длины шага и проката в фазе свободного скольжения на фоне столь же существенного снижения частоты шагов. Кроме этого, максимально снизилось время отталкивания руками относительно времени отталкивания ногой и практически не изменилась протяженность фазы скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3).

В заключение хотелось бы отметить, что, согласно рейтингу IBU, отражающему, в том числе, уровень спортивно-технического мастерства спортсменов, наиболее конкурентоспособных атлетов отличают именно

высокие значения длины шагов и проката в фазе свободного скольжения, что мы и наблюдаем у биатлонистов на момент начала летнего чемпионата России. В этом случае можно говорить о том, что зафиксированные нами в конце специально-подготовительного этапа кинематические показатели лыжных локомоций и их динамика на протяжении подготовительного периода могут рассматриваться как ориентиры (возможно, модели) при программировании тренировочного процесса.

В том, что касается «кинематической синситивности», то есть периодов наибольшей восприимчивости кинематических параметров движения к предлагаемым тренировочным нагрузкам, здесь отметим следующее:

1) угол в КС, а также угол палок в момент завершения отталкивания, возрастали на всем протяжении обще- и специально-подготовительного этапов, вне зависимости от содержания нагрузок;

2) углы и амплитуда в ТБС в фазе скольжения с отталкиванием руками демонстрировали период снижения в начале общеподготовительного этапа и период возрастания с середины общеподготовительного до окончания специально-подготовительного этапов, а значит, избирательно реагировали на предлагаемое содержание нагрузок в мезоциклах. Такой характер изменений далее будем рассматривать как «высокую чувствительность к специфике тренировочных воздействий» («высокая чувствительность»);

3) угол в ПС1 в момент постановки палок на опору имеет два периода увеличения значений в начале общеподготовительного и в конце специально-подготовительного этапов, разделенных периодом снижения значений. Таким образом, данный кинематический параметр избирательно реагирует на предлагаемое содержание нагрузок в мезоциклах, то есть он демонстрировал высокую чувствительность;

4) угол в ПС2 в момент окончания отталкивания и частота шагов демонстрируют два периода снижения значений в начале общеподготовительного и в конце специально-подготовительного этапов, разделенных периодом увеличения значений. Соответственно, данные кинематические параметры демонстрировали высокую чувствительность;

5) амплитуда в КС (фаза 2), длина шагов и длина проката в фазе свободного скольжения (фаза 1) демонстрируют два периода повышения значений в начале общеподготовительного и конце специально-подготовительного этапов, разделенных периодом снижения значений, –высокая чувствительность;

6) амплитуда движения в ПС (фаза 2) демонстрирует период снижения в рамках общеподготовительного этапа и период повышения в рамках специально-подготовительного этапа – высокая чувствительность;

7) длина проката в фазе скольжения с отталкиванием ногой (фаза 3) демонстрирует период стагнации значений на общеподготовительном этапе, снижение показателя в первой половине специально-подготовительного этапа и некоторое увеличение значения в конце специально-подготовительного этапа – высокая чувствительность.

Теперь, обладая информацией о том, какая динамика изменений должна наблюдаться в кинематических параметрах СУ в рамках подготовительного периода, как реагируют различные кинематические параметры на предлагаемые нагрузки в зависимости от этапов подготовки, а также какие компоненты физической подготовленности спортсмена напрямую оказывают избирательное воздействие на те или иные кинематические параметры лыжных локомоций, становится возможным более эффективно управлять тренировочным процессом биатлонистов и лыжников высокого класса.

При реализации такого подхода в отношении программирования тренировочного процесса будет достигнуто следующее:

– повышение объективности в ранжировании задач физической и технической подготовки в рамках годичного цикла подготовки;
– повышение объективности предварительной оценки тренирующего потенциала нагрузки с позиции их влияния на уровень физической и технической подготовленности спортсменов и, как следствие, вероятности предвидения того тренировочного эффекта, который могут эти нагрузки обеспечить;
– возможность разработки принципиальной (описательной) модели стратегии построения тренировочного процесса, в рамках которой на качественном уровне представлены параметры величины (объем, интенсивность, продолжительность), специфичности, распределения и сочетания нагрузок, которые находятся в объективном соответствии с реальными количественными параметрами тренировочного процесса, влияющими на показатели физической и технической подготовленности спортсменов.

С позиции процесса организации тренировочных нагрузок становится возможным:

– повысить эффективность планирования и реализации в рамках подготовительного периода, «рассредоточенного» или «концентрированного» варианта распределения нагрузок, отличающихся направленностью, величиной и специфичностью, с целью избирательной перестройки различных кинематических параметров соревновательного движения, влияющих на скорость передвижением спортсменов по дистанции;

– повысить эффективность планирования и реализации в рамках подготовительного периода вариантов «одномоментной» или «последовательной» кумуляции адаптационных эффектов средств ФП и ТП, обеспечивающих перестройку значимых для скорости кинематических параметров СУ.

С точки зрения контроля над ходом тренировочного процесса и динамики подготовленности спортсменов становится возможным:

– определить содержание системы педагогического контроля в отношении уровня физической и технической подготовленности спортсменов, ориентированных не на констатацию изменений, а на прогнозирование вероятностных изменений уровня спортивно-технического мастерства спортсменов;
– определить содержание системы педагогического контроля выполненных спортсменами нагрузок различной направленности, включив в него не те параметры, которые легко фиксируются, а те, которые позволяют качественно программировать тренировочный процесс и однозначно интерпретировать наблюдаемые изменения в уровне подготовленности спортсмена;
– повысить эффективность коррекций тренировочного процесса на основе диагностируемых показателей физической и технической подготовленности спортсменов, имеющих влияние на скорость передвижения спортсменов по дистанции.

На проблеме контроля и оперативного регулирования (коррекции) по ходу тренировочного процесса остановимся более подробно. Дело в том, что для контроля над процессом подготовки и динамикой подготовленности спортсмена необходимо наличие:

1) методов оценки уровня физической и технической подготовленности спортсменов, в том числе по показателям, определяющим скорость цикла соревновательного движения;
2) методов учета и анализа параметров нагрузок;
3) модельных характеристик и динамики показателей физической и технической подготовленности, позволяющих управлять тренировочным процессом в направлении повышения уровня спортивно-технического мастерства спортсменов.

Существующая на сегодняшний день система управления тренировочным процессом у лыжников и биатлонистов высокого класса не в полной мере позволяет прогнозировать изменения уровня спортивно-технического мастерства спортсменов на основе данных лабораторных и полевых тестирований. Фиксируемые до недавнего времени с помощью различного диагностического оборудования показатели, отражающие из-

менения в уровне физической подготовленности спортсменов, достаточно корректно отражали функциональные возможности спортсменов в конкретном тесте, но не обладали прогностической ценностью в отношении прогноза изменения скорости передвижения спортсменов по дистанции. Тестирования, проводимые в полевых условиях на лыжероллерах или лыжах, в основном заключались в фиксации скорости передвижения, на которую, как известно, влияют разные факторы, включая психологические. При этом прямого влияния многих (но не всех) показателей физической подготовленности на скорость, демонстрируемую спортсменом в рамках тестовой процедуры, не наблюдалось. В этой связи показатели физической подготовленности, демонстрируемые спортсменами в лабораторных условиях, интерпретировались и тренерами, и научными сотрудниками только как компоненты моторного потенциала, не связанные со спортивным результатом и скорее отражающие только эффективность построения процесса специальной физической подготовки.

Не принижая значимость этой информации для тренерского штаба при управлении процессом физической подготовленности спортсменов, тем не менее получаемые данные не учитывались при программировании процесса технической подготовки, в связи с чем при разработке плана подготовки тренер больше опирался на свой собственный опыт при распределении средств ФП и ТП по периодам и этапам годичного цикла. При этом, как правило, тренерскому штабу удавалось достаточно надежно предсказать изменения в уровне физической подготовленности спортсменов за время подготовительного периода, тогда как изменения в плане техники движений были менее предсказуемы.

Специалисты, осуществляющие лабораторную диагностику спортсменов, также не решались, и не безосновательно, интерпретировать изменения в уровне физической подготовленности спортсменов с позиции вероятностных изменений кинематических параметров лыжных локомоций, так как не располагали информацией о взаимосвязях между показателями физической подготовленности и кинематическими параметрами лыжного движения.

Проведенные авторами данной книги совместно со специалистами ФГБУ ЦСП «Сборных команд России» и ФГБУ ФНЦ ВНИИФК в течение нескольких лет исследования по вопросам взаимосвязи показателей физической подготовленности лыжников и биатлонистов высокого класса с кинематическими характеристиками лыжных ходов позволили не только с практических, но и с методологических позиций наметить новые пути решения проблемы повышения эффективности управления тренировочным процессом. При этом в ходе работы удалось оценить, насколько уже

существующие технологические элементы контроля отвечают требованиям разрабатываемой методологии построения тренировочного процесса.

В частности, установлено, что существующая система учета тренировочных и соревновательных нагрузок позволяет корректно интерпретировать изменения в уровне физической и технической подготовленности спортсменов. Тем не менее, возможно, в будущем потребуется классификация средств не только по их тренирующей направленности, но и по биомеханическому подобию с соревновательным упражнением, чего на сегодняшний день в разработанных формах учета нагрузок нет. С точки зрения тестов в рамках «полевой» и лабораторной диагностики, здесь в ближайшей перспективе потребуется разработка модельных характеристик кинематики лыжных локомоций у лыжников и биатлонистов по периодам и этапам подготовки и алгоритма интерпретации данных физической подготовленности спортсменов с учетом их влияния на кинематические параметры специализированных движений.

В заключение хотелось бы отметить, что для того, чтобы рассматриваемый подход был признан как полезная теоретическая и практическая платформа, потребуется проведение не только дополнительных исследований, но и проверка его «жизнеспособности» со стороны тренерских коллективов, непосредственно осуществляющих процесс подготовки. В то же время уже сегодня можно говорить о том, что даже представленная в данной книге попытка под другим углом зрения посмотреть на показатели тренировочных нагрузок, параметры физической и технической подготовленности спортсменов открывают перспективные направления по дальнейшему совершенствованию процессов программирования, организации и контроля в системе подготовки лыжников и биатлонистов высокого класса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The annual periodization of training volumes of international-level cross-country skiers and biathletes / E. B. Myakinchenko, A. S. Kriuchkov, N. V. Adodin, V. Feofilaktov // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2020. – Vol. 15. – P. 1181–1188.
2. Sandbakk O. Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance / O. Sandbakk, H. C. Holmberg // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2017. – Vol. 12, № 8. – P. 1003–1011.
3. The physiology of world-class sprint skiers // Ø. Sandbakk, H. C. Holmberg, S. Leirdal, G. Ettema / Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2010. – Vol. 21, № 6. – P. 9–16.
4. The return from underperformance to sustainable world-class level: A case study of a male cross-country skier / R. K. Talsnes, E. F. Moxnes, T. Nystad, Ø. Sandbakk // Front. Physiol. – 2023. – Vol. 9, № 13. – P. 1089867.
5. The road to gold: training and peaking characteristics in the year prior to a gold medal endurance performance / E. Tonnessen, O. Sylta, T. A. Haugen, et al. // PLoS One. – 2014. – Vol. 9, № 7. – P. e101796.
6. Torvik P. Ø. The training characteristics of world-class male long-distance cross-country skiers / P. Ø. Torvik, G. S. Solli, Ø. Sandbakk // Front. Sports Act. Living. – 2021. – Vol. 25, № 3. – P. 641389.
7. Holmberg H. C. The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2015. – Vol. 25. – P. 100–109.
8. Maximal aerobic capacity in the winter-olympics endurance disciplines: olympic-medal benchmarks for the time period 1990–2013 / E. Tonnessen, T. A. Haugen, E. Hem, S. Leirstein, S. Seiler // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2015. – Vol. 10, № 7. – P. 835–839.
9. Повышение сократительных возможностей скелетных мышц спортсменов высокого класса в циклических видах спорта с использованием средств силовой подготовки, учитывающих двигательную специфику соревновательного упражнения в рамках мероприятий медико-биологического и научно-методического обеспечения: Методические рекомендации / А. Г. Абалян, Т. Г. Фомиченко, Е. Б. Мякинченко и др. – М.: Федеральное медико-биологическое агентство, 2020. – 60 с.
10. Гибадуллин И. Г. Управление тренировочным процессом в системе многолетней подготовки биатлонистов. – Ижевск: ИжГТУ, 2005. – 208 с.
11. Результаты применения методики, направленной на повышение скоростно-силовой выносливости лыжников-гонщиков высокой квалификации в подготовительном периоде / А. Е. Глинчикова, И. И. Михаил, А. А. Калмыков, В. И. Ушаков // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2020. –Т. 3, № 181. – С. 102–105.
12. Гурский А. В. Современные средства и методы специальной подготовки лыжника-гонщика: монография / А. В. Гурский, В. В. Ермаков, В. С. Шевцов. – Смоленск: СГАФКСТ, 2012. – 146 с.

13. Дунаев К. С. Целевая физическая подготовка квалифицированных биатлонистов: монография / К. С. Дунаев, С. Г. Сейранов. – Малаховка: МГАФК, 2016. – 369 с.
14. Раменская Т. И. Лыжные гонки: учебник для студентов высших учебных заведений / Т. И. Раменская, А. Г. Баталов. – М.: Буки Веди, 2015. – 563 с.
15. Раменская Т. И. Лыжный спорт: учебник / Т. И. Раменская, А. Г. Баталов. – М.: Физическая культура, 2005. – 320 с.
16. Раменская Т. И. Специальная подготовка лыжника: учеб. кн. – М.: СпортАкадемПресс, 2001. – 226 с.
17. Sandbakk Ø. A reappraisal of success factors for olympic cross-country skiing / Ø. Sandbakk, H. C. Holmberg // Int. J. Sports Physiol. – 2014. – Vol. 9. – P. 117–121.
18. Мякинченко Е. Б. Силовая подготовка спортсменов высокого класса в циклических видах спорта с преимущественным проявлением выносливости / Е. Б. Мякинченко, А. С. Крючков, Т. Г. Фомиченко. – М.: «Спорт», 2022. – 280 с.
19. Методика разработки индивидуального тренировочного плана подготовки спортсменов высокой квалификации / Е. Б. Мякинченко, А. Г. Абалян, М. М. Лебедев и др. // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 4. – С 8–12.
20. Ronnestad B. R. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review / B. R. Ronnestad, I. Mujika // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2014. – Vol. 24, № 4. – P. 603–612.
21. Skiing economy and efficiency in recreational and elite cross-country skiers / M. Ainegren, P. Carlsson, M. Tinnsten, M. Laaksonen // J. Strength Cond. Res. – 2013. – Vol. 27, № 5. – P. 1239–1252.
22. Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners / J. Mikkola, H. Rusko, A. Nummela, et al. // Int. J. Sports Med. – 2007. – Vol. 28, № 7. – P. 602–611.
23. Stoggl T. Double-poling biomechanics of elite cross-country skiers: Flat versus uphill terrain / T. Stoggl, H. C. Holmberg // Med. Sci. Sports Exerc. – 2016. – Vol. 48, № 8. – P. 1580–1589.
24. Stöggl T. Kinematic determinants and physiological response of cross-country skiing at maximal speed / T. Stoggl, E. Muller // Med. Sci. Sports Exerc. – 2009. – Vol. 41, № 7. – P. 1476–1487.
25. Castañeda-Babarro A. Effects of strength training on cross-country skiing performance: A systematic review / A. Castañeda-Babarro, P. Etayo-Urtasun, P. León-Guereño // Int. J. Environ. Res. Pub. Health. – 2022. – Vol. 19, № 11. – P. 6522.
26. Explosive training and heavy weight training are effective for improving running economy in endurance athletes: A systematic review and meta-analysis / B. S. Denadai, R. de Aguiar, L.C.R. de Lima, et al. // Sports Med. – 2017. – Vol. 47, № 3. – P. 545–554.
27. Resistance exercise for improving running economy and running biomechanics and decreasing running-related injury risk: a narrative review / A. Šuc, P. Šarko, J. Pleša, Ž. Kozinc // Sports. – 2022. – Vol. 10, № 7. – P. 98.

28. Шестаков М. П. Планирование тренировочного процесса в зимних видах спорта: учебное пособие для вузов / М. П. Шестаков, Е. Б. Мякинченко, Т. Г. Фомиченко. – СПб.: Лань, 2023. – 180 с.
29. Верхошанский Ю. В. Основы специальной физической подготовки спортсменов. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.
30. Верхошанский Ю. В. Программирование и организация тренировочного процесса. – М.: Физкультура и спорт, 1985. – 176 с.
31. Волков Н. И. Биоэнергетика спорта / Н. И. Волков, В. И. Олейников. – М.: Советский спорт, 2011. – 161 с.
32. Волков Н. И. Биохимия: Учебник для ин-тов физ. культуры / под редакцией В. В. Меньшикова, Н. И. Волкова. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 384 с.
33. Sylta O. From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis / O. Sylta, E. Tonnessen, S. Seiler // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2014. – Vol. 9, – № 1. – P. 100–107.
34. «Секреты» норвежских лыжников / Е. Б. Мякинченко, А. С. Крючков, М. В. Волков, Н. А. Храмов // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 1. – С. 78–82.
35. Крючков А. С. Методические особенности применения специально-подготовительных упражнений для развития мышечной выносливости у лыжников и биатлонистов высокого класса / А. С. Крючков, Е. Б. Мякинченко, М. П. Шестаков // Современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы VII Всероссийской научно-практический конференции. – Омск: ФГБОУ ВО «СибГУФК», 2019. – С. 48–68.
36. Новикова Н. Б. Специальная подготовка лыжников-гонщиков высокого класса в годичном цикле: методические рекомендации. – СПб: ФГБУ «СПбНИИФК», 2019. – 44 с.
37. Коц Я. М. Спортивная физиология. Учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1998. – 200 с.
38. Грушин А. А. Скоростно-силовая подготовка в циклических видах спорта с проявлением выносливости (на примере лыжных гонок) / А. А. Грушин, С. В. Нагейкина, Е. Н. Приходько // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 2. – С. 11–16.
39. Мякинченко Е. Б. Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта / Е. Б. Мякинченко, В. Н. Селуянов. – М.: ТВТ Дивизион, 2005. – 338 с.
40. Матвеев Л. П. Основы спортивной тренировки. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 280 с.
41. Матвеев Л. П. Теория и методика физической культуры: учебник. – М.: Физкультура и спорт, 2008. – 542 с.
42. Верхошанский Ю. В. Основы специальной силовой подготовки в спорте. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 215 с.
43. Динамика сократительных и аэробных возможностей скелетных мышц лыжников-гонщиков спринтеров высокого класса под воздействием двух различных программ подготовки / А. С. Крючков, Ю. М. Каминский, С. С. Миссина и др. // Современная система спортивной подготовки в би-

атлоне: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Омск: ФГБОУ ВО «СибГУФК», 2020. – С. 72–109.
44. Курысь В. Н. Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения. – М.: Советский спорт, 2013. – 368 с.
45. Bompa T. O. Periodization: theory and methodology of training / T. O. Bompa, G. G. Haff. – Leeds: Human Kinetics, 2009. – 411 p.
46. Kiely J. Periodization paradigms in the 21st century: evidence-led or tradition-driven? // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2012. – Vol. 7, № 3. – P. 242–250.
47. Periodization and block periodization in sports: emphasis on strength-power training. – A provocative and challenging narrative / M. H. Stone, W. G. Hornsby, G. G. Haff, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2021. – Vol. 35. – P. 2351–2371.
48. Haff G.G., Haff E.E. Training integration and periodization / NSCA's guide to program design // Hoffman J. – USA: Human Kinetics. – 2011. – 336 p.
49. Cunanan A. J. The general adaptation syndrome: A foundation for the concept of periodization / A. J. Cunanan, B. H. DeWeese, J. P. Wagle / Sports Med. – 2018. – Vol. 48. – P. 787–797.
50. Addressing the confusion within periodization research / W. G. Hornsby, A. Fry, G. G. Haff, M. H. Stone // J. Funct. Morph. Kinesiol. – 2020. – Vol. 5, № 3. – P. 68.
51. An integrated, multifactorial approach to periodization for optimal performance in individual and team sports / I. Mujika, S. Halson, L. M. Burke, et al. // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2018. – Vol. 13, № 5. – P. 538–561.
52. Periodization: variation in the definition and discrepancies in study design / R. Kataoka, E. Vasenina, J. Loenneke, S. L. Buckner // Sports Med. – 2021. – Vol. 51, № . 4. – P. 625–651.
53. Krummel K. Athletik. Ein handbuch der lebenswichtigen leibesübungen. – Munchen: Lehmanns, 1930. – 644 p.
54. Матвеев Л. П. Проблемы периодизации спортивной тренировки. – М.: Физкультура и спорт, 1964. – 244 с.
55. Plisk S. S. Periodization strategies / S. S. Plisk, M. H. Stone // Strength Cond. J. – 2003. – Vol. 2, № 6. – P. 19–37.
56. Boggenpoel B. Y. The use of periodized exercise prescription in rehabilitation: a systematic scoping review of literature / B. Y. Boggenpoel, S. Nel, S. Hanekom // Clin. Rehabil. – 2018. – Vol. 32, № 9. – P. 1235–1248.
57. Elite swimmers' training patterns in the 25 weeks prior to their season's best performances: insights into periodization from a 20-years cohort / P. Hellard, M. Avalos-Fernandes, G. Lefort, et al. // Front. Physiol. – 2019. – Vol. 10. – P. 363.
58. Бондарчук А. П. Периодизация спортивной тренировки. – К.: Олимпийская литература, 2005. – 302 с.
59. Селье Г. На уровне целого организма. – М.: Наука, 1972. – 122 с.
60. Бойко В. В. Целенаправленное развитие двигательных способностей человека. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 144 с.
61. Абалян А. Г. Современные подходы к совершенствованию системы научно-методического обеспечения подготовки спортивных сборных команд России / А. Г. Абалян, Т. Г. Фомиченко, М. П. Шестаков // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 5. – С. 3–6.

62. Площадь поперечного сечения мышечных волокон различного типа в скелетных мышцах спортсменов, тренирующих выносливость, силу и скоростно-силовые способности / С. С. Миссина, А. С. Крючков, М. А. Дикунец, Е. Б. Мякинченко // Физиология человека. – 2022. – Т. 48, № 5. – С. 60–71.
63. Особенности организации научно-методического обеспечения подготовки спортивных сборных команд Российской Федерации / А. Г. Абалян, Т. Г. Фомиченко, Е. Б. Мякинченко, М. П. Шестаков // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 11. – С. 66–70.
64. Платонов В. Н. Теория периодизации спортивной тренировки в течение года: история вопроса, состояние, дискуссии, пути модернизации // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 9. – С. 18–34.
65. Суслов Ф. П. Современная система спортивной подготовки / Ф. П. Суслов, В. Л. Сыч, Б. Н. Шустин. – М.: СААМ, 1995. – 446 с.
66. Viru A. Adaptations in sports training. – Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1995. – 310 p.
67. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения. – М.: Советский спорт, 2005. – 820 с.
68. Верхошанский Ю. В. Горизонты научной теории и методологии спортивной тренировки // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 7. – С. 41–54.
69. Верхошанский Ю. В. Принципы организации тренировки спортсменов высшего класса в годичном цикле // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 2. – С. 24–31.
70. Верхошанский Ю. В. Теория и методология спортивной подготовки: блоковая система тренировки спортсменов высокого класса. – М.: Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 4. – С. 2–14.
71. Иссурин В. Б. Блоковая периодизация спортивной тренировки: монография. – М.: Советский спорт, 2010. – 288 с.
72. Нарскин А. Г. Динамика показателей функциональной подготовленности высококвалифицированных гребцов на байдарках в годичном цикле подготовки / А. Г. Нарскин, А. С. Блоцкий // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І. П. Шамякіна. – 2012. – № 4 (37). – С. 92–96.
73. Issurin V. B. Benefits and limitations of block periodized training approaches to athletes' preparation: a review // Sport Med. – 2015. – Vol. 46, № 3. – P. 329–338.
74. Платонов В. Н. Адаптация в спорте. – Киев: Здоровье, 1988. – 216 с.
75. Бондарчук А. П. Способы построения периодов развития спортивной формы // Наука и современность. – 2015. – Т. 1, № 3. – С. 35–63.
76. The effect of autoregulatory progressive resistance exercise vs. linear periodization on strength improvement in college athletes / J. B. Mann, J. P. Thyfault, P. A. Ivey, S. P. Sayers // J. Strength Cond. Res. – 2010. – Vol. 24, № 7. – P. 1718–1723.
77. Nonlinear periodization maximizes strength gains in split resistance training routines / A. G. Monteiro, M. S. Aoki, A. L. Evangelista, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2009. – Vol. 23, № 4. – P. 1321–1326.

78. Comparison of linear and reverse linear periodization effects on maximal strength and body composition / J. Prestes, C. D. Lima, A. B. Frollini, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2009. – Vol. 23, № 1. – P. 266–274.
79. A comparison of linear and daily undulating periodization with equated volume and intensity for strength / M. R. Rhea, S. B. Ball, W. T. Phillips, L. N. Burkett // J. Strength Cond. Res. – 2002. – Vol. 16. – P. 250–255.
80. Effects of undulatory and non-undulatory manipulations of aerobic workloads on aerobic performance / P. Costa, M. Rhea, R. Simão, et al. // J. Exerc. Physiol. Online. – 2015. – Vol. 8. – P. 46–54.
81. Brown L. E. Periodization essentials and innovations in resistance training protocols / L. E. Brown, M. Greenwood // Nat. Strength Cond. Assoc. – 2005. – Vol. 27, № 4. – P. 80–85.
82. Stone M.H, Stone M.E, Sands W.A. Principles and practice of resistance training. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2007. – 376 p.
83. Fleck S.J., Kraemer W.J. Designing resistance training programs. – Champaign: Human Kinetics, 1997. – 520 p.
84. Effects of linear vs. daily undulatory periodized resistance training on maximal and submaximal strength gains / F. Miranda, R. Simão, M. Rhea, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2011. – Vol. 25, № 7. – P. 1824–1830.
85. A comparison of periodization models during nine weeks with equated volume and intensity for strength / T. W. Buford, S. J. Rossi, D. B. Smith, A. J. Warren // J. Strength Cond. Res. – 2007. – Vol. 21, № 4. – P. 1245–1250.
86. DeWeese B. H. The training process: planning for strength–power training in track and field. Part 1: Theoretical aspects / B. H. DeWeese, G. Hornsby, M. Stone // J. Sport Health Sci. – 2015a. – Vol. 4. – P. 308–317.
87. Krüger A. From Russia with love? Sixty years of proliferation of L. P. Matveyev's concept of periodisation? // Staps. – 2016. – Vol. 114, № 4. – P. 61–66.
88. Myakinchenko E. B. One-year periodization of training loads of Russian and Norwegian elite cross-country skiers / E. B. Myakinchenko, A. S. Kriuchkov, N. V. Adodin // J. Hum. Sport Exerc. – 2021. – Vol. 16, № 3. – P. 701–710.
89. Solli G. The training characteristics of the world's most successful female cross-country skier / G. Solli, E. Tønnessen, Ø. Sandbakk // Front. Physiol. – 2017. – Vol. 8. – P e1069.
90. Seasonal variations in VO2max, O2-cost, O2-deficit, and performance in elite cross-country skiers / T. Losnegard, H. Myklebust, M. Spencer, J. Hallén // J. Strength Condi. Res. – 2013. – Vol. 27, № 7. – P. 1780–1790.
91. Solli G. The multidisciplinary process leading to return from underperformance and sustainable success in the world's best cross-country skier / G. Solli, E. Tønnessen, Ø. Sandbakk // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2020. – Vol. 15, № 5. – P. 663–670.
92. Solli G. Long-term development of performance, physiological, and training characteristics in a world-class female biathlete / G. Solli, A. Flom, R. Talsnes // Front. Sports Act. Living. – 2023. – Vol. 5. – P. e1197793.
93. Синиченко Р. П. Взаимосвязь тренировочных нагрузок с метаболическим ответом организма биатлонисток высокой квалификации // Вестник спортивной науки. – 2018. – № 2. – С. 67–70.

94. From juniors to seniors: changes in training characteristics and aerobic power in 17 world-class cross-country skiers / J. Walther, T. Haugen, G. Solli, et al. // Front. Physiol. –2023. –Vol. 14. – P. e1288606.
95. Абалян А. Г. Особенности планирования тренировочных нагрузок в подготовительном периоде годичного цикла подготовки биатлонисток олимпийского и паралимпийского спорта / А. Г. Абалян, М. М. Лебедев, М. А. Лебедева // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2016. – № 3 (133). – С. 9–14.
96. Специальная подготовленность высококвалифицированных биатлонистов и технология ее повышения в годичном макроцикле / В. И. Михалев, В. А. Аикин, Е. А. Реуцкая, Я. С. Романова. – Омск: ФГБОУ ВО «СибГУФК», 2018. – 152 с.
97. Sandbakk Ø. The evolution of champion cross-country-skier training: from lumberjacks to professional athletes // Int. J. Sports Physiol. Perform. –2017. – Vol. 12, № 2. – P. 254–259.
98. Реуцкая Е. А. Анализ распределения тренировочных нагрузок лыжников-гонщиков на различных этапах спортивной подготовки в годичном макроцикле // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2021. – Т. 12, № 202. – С. 318–322.
99. Шагарова Е. А. Модель физической подготовки в макроцикле для лыжниц-гонщиц высокой квалификации / Е. А. Шагарова, И. Ю. Горская, А. Н. Нефедченко // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2019. – Т. 9, № 175. – С. 328–332.
100. Дунаев К. С. Проектирование динамики нагрузки в годичном цикле тренировки квалифицированных биатлонистов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2007. – № 10 (32). – С. 32–34.
101. Загурский Н. С. Технология формирования специальной подготовленности высококвалифицированных биатлонистов в макроцикле подготовки / Н. С. Загурский, Я. С. Романова, Е. А. Реуцкая. – Омск: ФГБОУ ВО «СибГУФК», 2017. – 100 с.
102. The physiological capacity of the world's highest ranked female cross-country skiers / Ø. Sandbakk, A. Hegge, T. Losnegard, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2016. – Vol. 48, № 6. – P. 1091–1100.
103. Annual volume and distribution of physical training in Norwegian female cross-country skiers and biathletes: a comparison between sports, competition levels, and age categories-the FENDURA project / J. Osborne, G. Solli, T. Engseth, et al. // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2023. – Vol. 19, № 1. – P. 19–27.
104. Skattebo Ø. Double poling physiology and kinematics of elite cross-country skiers: specialized long-distance versus all-round skiers / Ø. Skattebo, T. Losnegard, H. Stadheim // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2019. Vol. 14, № 9. – P. 1190–1199.
105. Laaksonen M. The olympic biathlon – recent advances and perspectives after Pyeongchang / M. Laaksonen, M. Jonsson, H. Holmberg // Front. Physiol. – 2018. – Vol. 9. – p. 796.
106. Головачев А. И. Методические аспекты построения тренировочного процесса биатлонистов высокой квалификации на различных этапах многолет-

ней подготовки / А. И. Головачев, Н. П. Лопухов // Современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 22 апреля 2016 года. – Омск: ФГБОУ ВО «СибГУФК», 2016. – С. 37–74.
107. Сергеев Г. А. Использование концепции блоковой периодизации спортивной тренировки в подготовке квалифицированных биатлонистов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2021. – Т. 4, № 194. – С. 405–408.
108. Development of performance, physiological and technical capacities during a six-month cross-country skiing talent transfer program in endurance athletes / R. K. Talsnes, T. A. Hetland, X. Cai, Ø. Sandbakk // Front. Sports Active Living. – 2020. – Vol. 2. – P. 103.
109. Паленый В. И. Динамика показателей специальной физической подготовленности как критерий управления тренировочным процессом в беге на выносливость: автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.04 / Паленый Виктор Иванович. – Омск, 1991. – 18 с.
110. Biathlon elite's competitive performance versus physical fitness analysis / N. V. Adodin, E. B. Myakinchenko, G. G. Zakharov, A. N. Beleva // Theory and practice of physical culture. – 2021. – No. 9. – P. 12–14.
111. Пресняков В. В. Динамика показателей физической подготовленности бегунов на 400 м в полугодичном цикле на этапе спортивного совершенствования // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2011. – № 2. – С. 52.
112. Особенности становления функциональных возможностей систем энергообеспечения высококвалифицированных лыжников-гонщиков 16–20 лет, специализирующихся в различных видах соревновательной деятельности, в годичном цикле подготовки / А. И. Головачев, В. И. Колыхматов, С. В. Широкова и др. // Вестник спортивной науки. – 2023. – № 5. – С. 21–29.
113. Типологические особенности становления физических качеств лыжников-гонщиков 16–20 лет, специализирующихся в различных видах соревновательной деятельности в годичном цикле подготовки / А. И. Головачев, В. И. Колыхматов, С. В. Широкова и др. // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2023. – № 9(223). – С. 110–117.
114. Шишкина А. В. Специальная силовая подготовка квалифицированных лыжников-гонщиков в подготовительном периоде // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2007. – № 3 (25). – С. 99–103.
115. Шишкина А. В. Планирование макроцикла подготовки лыжников-гонщиков // Известия Уральского государственного университета. Проблемы образования, науки и культуры. – 2007. – Т. 50, № 21. – С. 31–35.
116. Совершенствование силовых способностей квалифицированных лыжников-гонщиков в подготовительном периоде / Р. Р. Галиев, И. В. Филиппов, И. Т. Хайруллин, А. В. Занин // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 6. – С. 9–18.
117. Сергеев Г.А. О некоторых факторах, лимитирующих результат в лыжной гонке квалифицированных биатлонистов России // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2018. – Т. 6, № 160. – С. 220–224.

118. Sandbakk Ø. Practical implementation of strength training to improve the performance of world-class cross-country skiers // Kinesiology. – 2018. – Vol. 50, Suppl.1. – P. 155–162.
119. Solli G. S. Block vs. traditional periodization of HIT: two different paths to success for the world's best cross-country skier / G. S. Solli, E. Tønnessen, Ø. Sandbakk // Front. Physiol. – 2019. – Vol. 10. – P. 375.
120. Захарьева Н. Н. Особенности физической работоспособности лыжниц-гонщиц высокой квалификации в различных фазах овариально-менструального цикла / Н. Н. Захарьева, В. Г. Сенатская, К. А. Осьмухина // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 11. – С. 45–46.
121. Романова Я. С. Субъективная оценка переносимости нагрузки в различных фазах менструального цикл у высококвалифицированных биатлонист / Я. С. Романова, Т. В. Полторацкая // Современная система спортивной подготовкив в биатлоне: материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 26 апреля 2022 года. – Омск: ФГБОУ ВО «СибГУФК», 2022. – С. 111–117.
122. Are gender differences in upper-body power generated by elite cross-country skiers augmented by increasing the intensity of exercise? / A. M. Hegge, K. Myhre, B. Welde, et al. // Plos One. – 2015. – Vol. 10, № 5. – P. e0127509.
123. Gender differences in the physiological responses and kinematic behaviour of elite sprint cross-country skiers / Ø. Sandbakk, G. Ettema, S. Leirdal, H.-C. Holmberg // Eur. J. Appl. Physiol. – 2011. – Vol. 112, № 3. – P. 1087–1094.
124. Stronger is better: the impact of upper body strength in double poling performance / A. Sunde, J. M. Johansen, M. Gjøra, et al. // Front. Physiol. – 2019. – Vol. 23. – P. 1091.
125. Шагарова Е. А. Методика тренировки силовых качеств высококвалифицированных лыжниц-гонщиц в подготовительном периоде / Е. А. Шагарова, И. Ю. Горская, А. В. Шмидт // Культура физическая и здоровье. – 2018. – Т. 4, № 68. – С. 87–91.
126. Шагарова Е. А. Общая и специальная силовая подготовка лыжника-гонщика в годичном цикле / Е. А. Шагарова, И. Ю. Горская // Физическая культура и спорт в жизни студенческой молодёжи: материалы 4-й Международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию ОмГТ У. – Омск: Омский государственный технический университет, 2018. – С. 88–92.
127. Ситник Н. Г. Применение нагрузок различной направленности лыжников-гонщиков в соревновательном периоде // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2018. – Т. 3, № 2. – С. 27–32.
128. Hickson R. C. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1980. – Vol. 45, № 2–3. – P. 255–263.
129. Seitz L. B. Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: a systematic review with metaanalysis / L. B. Seitz, G. G. Haff // Sports Med. – 2016. – Vol. 46, № 2. – P. 231–240.
130. Озолин Н. Г. Современная система спортивной тренировки. – М.: Физкультура и спорт, 1970. – 478 с.

131. Baar K. Training for endurance and strength: lessons from cell signaling // Med. Sci. Sports. Exerc. – 2006. – Vol. 38, № 11. – P. 1939–1944.
132. Stöggl T. A systematic review of the effects of strength and power training on performance in cross-country skiers / T. Stöggl, H. C. Holmberg. // J. Sports Sci. Med. – 2022. – Vol. 21, № 4. – P. 555–579.
133. Castañeda-Babarro A. Effects of strength training on cross-country skiing performance: a systematic review / A. Castañeda-Babarro, P. Etayo-Urtasun, P. León-Guereño // Int. J. Environ. Res. Public. Health. – 2022. –Vol. 19, № 11. – P. 6522.
134. Nader G. A. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man // Med. Sci. Sports. Exerc. – 2006. – Vol. 38, № 11. – P. 1965–1970.
135. Compatibility of concurrent aerobic and strength training for skeletal muscle size and function: an updated systematic review and meta-analysis / M. Schumann, J. F. Feuerbacher, M. Sünkeler, et al. // Sports Med. – 2022. – Vol. 52, № 3. – P. 601–612.
136. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises / J. M. Wilson, P. J. Marin, M. R. Rhea, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2012. – Vol. 26, № 8. – P. 2293–2307.
137. Development of maximal dynamic strength during concurrent resistance and endurance training in untrained, moderately trained, and trained individuals: a systematic review and meta-analysis / H. Petré, E. Hemmingsson, H. Rosdahl, et al. // Sports Med. –2021. –Vol. 51. – P. 991–1010.
138. Concurrent strength and endurance training: a systematic review and meta-analysis on the impact of sex and training status / R. O. Huiberts, R. Wüst, S. Zwaard // Sports Med. – 2024. – Vol. 54, № 2. – P. 485–503.
139. Comparative efficacy of concurrent training types on lower limb strength and muscular hypertrophy: a systematic review and network meta-analysis / Y. Chen, X. Feng, L. Huang, et al. // J. Exerc. Sci. Fitness. – 2024. – Vol. 22, No. 1. – P. 86–96.
140. Fyfe J. J. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables / J. J. Fyfe, D. J. Bishop, N. K. Stepto // Sports Med. – 2014. – Vol. 44, № 6. – P. 743–762.
141. Acute effects of aerobic exercise on muscle strength and power in trained male individuals: a systematic review with meta-analysis / A. Markov, H. Chaabene, L. Hauser, et al. // Sports Med. – 2022. – Vol. 52, № 6. –P. 1385–1398.
142. Aerobic exercise does not compromise muscle hypertrophy response to short-term resistance training / T. R. Lundberg, R. Fernandez-Gonzalo, T. Gustafsson, et al. // J. Appl. Physiol. – 2013. – Vol. 114, № 1. – P. 81–89.
143. Lundberg T. R. Exercise-induced AMPK activation does not interfere with muscle hypertrophy in response to resistance training in men / T. R. Lundberg, R. Fernandez-Gonzalo, P. A. Tesch // J. Appl. Physiol. – 2014. – Vol. 116, –№ 6. –P. 611–620.
144. Endurance exercise enhances the effect of strength training on muscle fiber size and protein expression of Akt and mTOR / Z. Kazior, S. J. Willis, M. Moberg, et al. // PLoS One. – 2016. – Vol. 11, № 2. – P. e0149082.
145. Fyfe J. J. Interpreting adaptation to concurrent compared with single-mode exercise training: some methodological considerations / J. J. Fyfe, J. P. Loenneke // Sports Med. – 2018. – Vol. 48, № 2. – P. 289–297.

146. Schumann M., Ronnestad B. Concurrent aerobic and strength training. Scientific basics and practical applications. – Switzerland: Springer, 2019. – 416 p.
147. Fitness, body composition and blood lipids following 3 concurrent strength and endurance training modes / D. Eklund, A. Hakkinen, J. A. Laukkanen, et al. // Appl. Physiol. Nutr. Metab. – 2016. – Vol. 41, № 7. – P. 767–774.
148. Cardiorespiratory adaptations during concurrent aerobic and strength training in men and women / M. Schumann, K. Yli-Peltola, C. R. Abbiss, K. Hakkinen // PLoS One. – 2015. – Vol. 10, № 9. – P. e0139279.
149. Coffey V. G. Concurrent exercise training: do opposites distract? / V. G. Coffey, J. A. Hawley // J. Physiol. – 2017. – Vol. 595, № 9. – P. 2883–2896.
150. Gao J. Effects of concurrent training sequence on VO2max and lower limb strength performance: a systematic review and meta-analysis / J. Gao, L. Yu // Front. Physiol. – 2023. – Vol. 14. – P. 1072679.
151. Murlasits Z. The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: a systematic review and meta-analysis / Z. Murlasits, Z. Kneffel, L. Thalib // J. Sports. Sci. – 2018. – Vol. 36, № 11. – P. 1212–1219.
152. Training considerations for optimising endurance development: an alternate concurrent training perspective / K. Doma, G. B. Deakin, M. Schumann, D. J. Bentley // Sports Med. – 2019. – Vol. 49, № 5. – P. 669–682.
153. Doma K. Implications of impaired endurance performance following single bouts of resistance training: an alternate concurrent training perspective / K. Doma, G. B. Deakin, D. J. Bentley // Sports Med. – 2017. – Vol. 47, № 11. – P. 2187–2200.
154. Berryman N. concurrent training for sports performance: the two sides of the medal / N. Berryman, I. Mujika, L. Bosquet // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2019. – Vol. 14, № 3. – P. 279–285.
155. Baar K. Using molecular biology to maximize concurrent training // Sports Med. – 2014. – Vol. 44, Suppl 2. – P. 117–125.
156. Methenitis S. A Brief review on concurrent training: from laboratory to the field // Sports (Basel). – 2018. – Vol. 6, № 4. – P. 127.
157. Dolezal B. A. Concurrent resistance and endurance training infuence basal metabolic rate in nondieting individuals / B. A. Dolezal, J. A. Potteiger // J. Appl. Physiol. – 1998. – Vol. 85, № 2. – P. 695–700.
158. Glowacki S. P. Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men / S. P. Glowacki, S. E. Martin, A. Maurer // Med. Sci. Sports Exerc. – 2004. – Vol. 36, № 12. – P. 2119–2127.
159. Robineau J. The specifc training efects of concurrent aerobic and strength exercises depends on recovery duration / J. Robineau, N. Babault, J. Piscione // J. Strength Cond. Res. – 2016. – Vol. 30, № 3. – P. 672–683.
160. Doma K. The effects of strength training and endurance training order on running economy and performance / K. Doma, G. B. Deakin // Appl. Physiol. Nutr. Metab. – 2013. – Vol. 38, № 6. – P. 651–656.
161. Doma K. The effects of combined strength and endurance training on running performance the following day / K. Doma, G. B. Deakin // Int. J. Sport. Health Sci. – 2013. – Vol. 11. – P. 1–9.

162. Molina R. Muscle damage slows oxygen uptake kinetics during moderate-intensity exercise performed at high pedal rate / R. Molina, B. S. Denadai // Appl. Physiol. Nutr. Metab. – 2011. – Vol. 36, № 6. – P. 848–855.
163. The effect of prior eccentric exercise on heavy-intensity cycling: the role of gender and oral contraceptives / S. Joyce, S. Sabapathy, A. C. Bulmer, C. Minahan // Eur. J. Appl. Physiol. – 2014. – Vol. 114, № 5. – P. 995–1003.
164. Baranauskiene N. Gender differences in residual effect of prior drop jumps on oxygen uptake during heavy cycling exercise / N. Baranauskiene, S. Kilikeviciene, L. Stasiule // Medicina (Kaunas). – 2017. – Vol. 53, № 5. – P. 331–338.
165. Effects of load-volume on EPOC after acute bouts of resistance training in resistance-trained men / G. J. Abboud, B. K. Greer, S. C. Campbell, L. B. Panton // J. Strength Cond. Res. – 2013. – Vol. 27, № 7. – P. 1936–1941.
166. Time course of recovery following resistance training leading or not to failure / R. Moran-Navarro, C. E. Perez, R. Mora-Rodriguez, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2017. – Vol. 117, № 12. – P. 2387–2399.
167. Chen T. C. Changes in running economy following downhill running / T. C. Chen, K. Nosaka, J. H. Tu // J. Sports Sci. – 2007. – Vol. 25, № 1. – P. 55–63.
168. Changes in running economy at different intensities following downhill running / T. C. Chen, K. Nosaka, M. J. Lin, et al. // J. Sports Sci. – 2009. – Vol. 27, № 11. – P. 1137–1144.
169. Physiological profiles and training loads of international level male and female cross-country skiers and biathletes / E. B. Myakinchenko, D. P. Heil, A. S. Kriuchkov, et al. // Sci. Sports. – 2022. – Vol. 37, № 5–6. – P. 490.e1– 490.e10.
170. Physiological aspects of world elite competitive German winter sport athletes / P. Zimmermann, J. Wüstenfeld, L. Zimmermann, et al. // Int. J. of Environ. Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19, № 9. – P. 5620.
171. New records in human power / T. Haugen, G. Paulsen, S. Seiler, Ø. Sandbakk // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2018. – Vol. 13, № 6. – P. 678–686.
172. Иванов С. Лучшие значения МПК из зафиксированных среди спортсменов на выносливость. – https://triskirun.ru/5967-luchshie-znacheniya-mpk-izzafiksirovannyh-sredi-sportsmenov-na-vynoslivost (дата обращения 23.07.2024).
173. The physiology of world class sprint skiers / Ø. Sandbakk, H-C. Holmberg, S. Leirdal, G. Ettema // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2011. – Vol. 21, № 6. – P. e9-e16.
174. Wehrlin J. P. Hemoglobin mass and aerobic performance at moderate altitude in elite athletes / J. P. Wehrlin, B. Marti, J. Hallén // Adv. Exp. Med. Biol. – 2016. – Vol. 903. – P. 357–374.
175. The VO2max legacy of Hill and Lupton (1923) – 100 years on / G. P. Millet, J. Burtscher, N. Bourdillon, et al. // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2023. – Vol. 18, № 11. – P. 1362–1365.
176. Hughes D. C. Adaptations to endurance and strength training / D. C. Hughes, S. Ellefsen, K. Baar // Cold. Spring Harb. Perspect. Med. – 2018. – Vol. 8, № 6. – P. a029769.

177. Strength training in female distance runners: impact on running economy / R. E. Johnson, T. J. Quinn, R. Kertzer, N. B. Vroman // J. Strength Cond. Res. – 1997. – Vol. 11, № 4. – P. 222–229.
178. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO2 kinetics / G. P. Millet, B. Jaouen, F. Borrani, R. Candau // Med. Sci. Sports Exerc. – 2002. – Vol. 34, № 8. – P. 1351–1359.
179. Explosive strength training improves 5 km running time by improving running economy and muscle power / L. Paavolainen, K. Häkkinen, I. Hämäläinen, et al. // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2003. – Vol. 13, № 4. – P. 272–272.
180. Spurrs R. W. The effect of plyometric training on distance running performance / R. W. Spurrs, A. J. Murphy, M. L. Watsford // Eur. J. Appl. Physiol. – 2003. – Vol. 89, № 1. – P. 1–7.
181. Single muscle fiber adaptations with marathon training / S. Trappe, M. Harber, A. Creer, et al. // J. Appl. Physiol. – 2006. – Vol. 101, № 3. – P. 721–727.
182. Turner A. M. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training / A. M. Turner, M. Owings, J. A. Schwane // J. Strength Cond. Res. – 2003. – Vol. 17, № 1. – P. 60–67.
183. Ципин Л. Л. Оптимизация упражнений специальной силовой направленности в циклических видах спорта: монография. – СПб: ООО «Р-КОПИ», 2017. – 116 с.
184. Effects of strength, explosive and plyometric training on energy cost of running in ultra-endurance athletes / N. Giovanelli, P. Taboga, E. Rejc, S. Lazzer // Eur. J. Sport Sci. – 2017. – Vol. 17, № 7. – P. 805–813.
185. Transfer of strength training to running mechanics, energetics, and efficiency / J. L. Storniolo, G. Fischer, R. Bona, et al. // Biol. Sport. – 2022. – Vol. 39, № 1. – P. 199–206.
186. Are we able to match non sport-specific strength training with endurance sports? A systematic review and meta-analysis to plan the best training programs for endurance athletes / L. Ambrosini, V. Presta, M. Goldoni, et al. // Appl. Sci. – 2021. – Vol. 11. – P. 7280.
187. Østeras H. Maximal strength-training effects on force-velocity and force-power relationships explain increases in aerobic performance in humans / H. Østeras, J. Helgerud, J. Hoff // Eur. J. Appl. Physiol. – 2002. – Vol. 88, № 3. – P. 255–263.
188. Impairment of performance variables after in-season strength-training cessation in elite cyclists / B. R. Ronnestad, J. Hansen, I. Hollan, et al. // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2016. – Vol. 11, № 6. – P. 727–735.
189. The effect of heavy strength training on muscle mass and physical performance in elite cross country skiers / T. Losnegard, K. Mikkelsen, B. R. Rønnestad, et al. // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2011. – Vol. 21, № 3. – P. 389–401.
190. Paavolainen L. Effects of explosive type strength training on physical performance characteristics in cross-country skiers / L. Paavolainen, K. Häkkinen, H. Rusko // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1991. – Vol. 62, № 4. – P. 251–255.
191. The effects of strength training versus ski-ergometer training on double-poling capacity of elite junior cross-country skiers / T. Carlsson, L. Wedholm,

J. Nilsson, M. Carlsson // Eur. J. Appl. Physiol. – 2017. – Vol. 117, № 8. – P. 1523–1532.
192. The effect of strength training on performance in endurance athletes / K. Beattie, I. Kenny, M. Lyons, B. Carson // Sports Med. – 2014. – Vol. 44, № 6. – P. 845–865.
193. Mujika I. Effects of increased muscle strength and muscle mass on endurance cycling performance / I. Mujika, B. R. Ronnestad, D. T. Martin // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2016. – Vol. 11, № 3. – P. 283–289.
194. Losnegard T. Strength training for cross-country skiers: Scientific basics and practical applications // Concurrent aerobic and strength training. – 2018. – P. 357–368.
195. Beardsley C. Strength is specific: the key to optimal strength training for sport. – Strength and conditioning research limited, 2018. – 328 p.
196. Macafferty W. B. Specificity of exercise and specificity of training: a subcellular review / W. B. Macafferty, S. M. Horvath // Res. Quart. – 1977. – Vol. 48, № 2. – P. 358–371.
197. Мякинченко П.Е., Адодин Н.В., Мякинченко Е.Б. Критерии эффективности тренировочного процесса биатлонистов высокого класса в подготовительном и соревновательном периодах // Современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы X Всерос. научно-практической конф. – Омск, 2022. – С. 20–46.
198. Evolution of physiological and haematological parameters with training load in elite male road cyclists: a longitudinal study / A. G. Zapico, F. J. Calderón, P. J. Benito, et al. //Age Years. – 2007. – Vol. 20. – P. 20–21.
199. Иссурин В. Б. Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировки: практическое пособие. – М.: Спорт, 2016. – 464 с.
200. Comparison of exclusive double poling to classic techniques of cross-country skiing / T. Stöggl, P. Bishop, M. Höök, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2015. – Vol. 47, № 3. – P. 617–624.
201. Williams K. R. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance / K. R. Williams, P. R. Cavanagh // J. Appl. Physiol. – 1987 – Vol. 63, № 3. – P. 1236–1245.
202. Relationships between aerobic energy cost, performance and kinematic parameters in roller ski skating / G. Y. Millet, S. Perrey, R. Candau, J. D. Rouillon // Int. J. Sports Med. – 2002. – Vol. 23, № 03. – P. 191–195.
203. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? / T. Stöggl, E. Mueller, M. Ainegren, H. C. Holmberg // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2011. – Vol. 21, № 6. – P. 791–803.
204. Factors affecting metabolic cost of transport during a multi-stage running race / S. Lazzer, P. Taboga, D. Salvadego, et al. // J. Exp. Biol. – 2014. – Vol. 217, –№ 5. – P. 787–795.
205. A comparison of double poling physiology and kinematics between long-distance and all-round cross-country skiers / P.-Ø. Torvik, Ø Sandbakk, R. van den Tillaar, et al. // Front. Sports Act. Living. – 2022. – Vol. 4. – P. 849731.
206. Energetics and biomechanics of double poling in regional and high-level cross-country skiers / C. Zoppirolli, B. Pellegrini, L. Bortolan, F. Schena // Eur. J. Appl. Physiol. – 2015. – Vol. 115, № 5. – P. 969–979.

207. Changes in upper body muscle activity with increasing double poling velocities in elite cross-country skiing / S. J. Lindinger, H. C. Holmberg, E. Müller, W. Rapp // Eur. J. Appl. Physiol. – 2009. – Vol. 106, № 3. – P. 353–363.
208. Helgerud J. Are there differences in running economy at different velocities for well-trained distance runners? / J. Helgerud, O. Storen, J. Hoff // Eur. J. Appl. Physiol. – 2010. – Vol. 108, № 6. – P. 1099–1105.
209. Prampero P. E. The energetic of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts / P. E. Prampero, G. Ferretti // Respir. Physiol. – 1999. – Vol. 118, № 2–3. – P. 103–115.
210. Lindinger S. How do elite cross-country skiers adapt to different double poling frequencies at low to high speeds / S. Lindinger, H. C. Holmberg // Eur. J. Appl. Physiol. – 2011. – Vol. 111. № 6. – P. 1103–1119.
211. Coyle E. F. Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures // J. Appl. Physiol. – 2005. – Vol. 98, № 6. – P. 2191–2196.
212. Показатели кинематики конькового хода высококвалифицированных биатлонистов, отличающихся по рейтингу IBU / А. С. Крючков, М. В. Волков, В. Л. Ростовцев, Е. Б. Мякинченко // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11, № 4 – С. 6–12.
213. Conley D. L. Running economy and distance running performance of highly trained athletes / D. L. Conley, G. S. Krahenbuhl // Med. Sci. Sports Exerc. – 1980. – Vol. 12, № 5. – P. 357–360.
214. Ten kilometer performance and predicted velocity at VO2max among well-trained male runners / D. W. Morgan, F. D. Baldini, P. E. Martin W.M. Kohrt // Med. Sci. Sports Exerc. – 1989. – Vol. 21, № 1. – P. 78–83.
215. Pollock M. L. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: cardiorespiratory aspects // Ann. N. Y. Acad. Sci. – 1977. – Vol. 301, № 1. – P. 310–322.
216. Daniels J.T. A physiologist's view of running economy // Med. Sci. Sports Exerc. – 1985. – Vol. 17, № 1. – P. 310–322.
217. Costill D. L. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running / D. L. Costill, H. Thomason, E. Roberts // Med. Sci. Sports. – 1973. – Vol. 5, № 4. – P. 248–252.
218. Stride angle as a novel indicator of running economy in well-trained runners / J. Santos-Concejero, N. Tam, C. Granados, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2014. – Vol. 28, № 7. – P. 1889–1895.
219. Jones A. M. The physiology of the world record holder for the women's marathon // Int. J. Sports Sci. Coach. – 2006. – Vol. 1, № 2. – P. 101–116.
220. Moore I. S. Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy // Sports Med. – 2016. – Vol. 46, № 6. – P. 793–807.
221. Metabolic rate and gross efficiency at high work rates in world class and national level sprint skiers / O. Sanbakk, H. C. Holmberg, S. Leirdal, G. Ettema // Eur. J. Appl. Physiol. – 2010 – Vol. 109, № 3. – P. 473–481.
222. Lacour J. R. Factors affecting the energy cost of level running at submaximal speed / J. R. Lacour, M. Bourdin // Eur. J. Appl. Physiol. – 2015. – Vol. 115, № 4. – P. 651–673.

223. Warmup with a weighted vest improves running performance via leg stiffness and running economy / K. R. Barnes, W. G. Hopkins, M. R. McGuigan, A. E. Kilding // J. Sci. Med. Sport. – 2015. – Vol. 18, № 1. – P. 103–108.
224. Kaneko M. Mechanics and energetics in running with special reference to efficiency // J. Biomech. – 1990. – Vol. 23. – P. 57–63.
225. Factors affecting running economy in trained distance runners / P. U. Saunders, D. B. Pyne, R. D. Telford, J. A. Hawley // Sports Med. – 2004. – Vol. 34, № 7. – P. 465–485.
226. Energetics, biomechanics, and performance in masters' swimmers: a systematic review / M. I. Ferreira, T. M. Barbosa, M. J. Costa, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2016. – Vol. 30, № 7. – P. 2069–2081.
227. Zamparo P. Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds / P. Zamparo, C. Capelli, G. Guerrini // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1999. – Vol. 80, № 6. – P. 542–548.
228. Buckeridge E. M. Biomechanical determinants of elite rowing technique and performance / E. M. Buckeridge, A. M. Bull, A. H. McGregor // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2015. – Vol. 25, № 2. – P. 176–183.
229. Minetti A. E. Bioenergetics and biomechanics of cycling: the role of «internal work» // Eur. J. Appl. Physiol. – 2011. – Vol. 111, № 3. – P. 323–329.
230. Anderson T. Biomechanics and running economy / T. Anderson // Sports Med. – 1996 – Vol. 22, № 2. – P. 76–89.
231. Running technique is an important component of running economy and performance / J. P. Folland, S. J. Allen, M. I. Black, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2017. – Vol. 49, № 7. – P. 1412–1423.
232. Effect of a global alteration of running technique on kinematics and economy / G. M. Dallam, R. L. Wilber, K. Jadelis, et al. // J. Sports Sci. – 2005. – Vol. 23, № 7. – P. 757–764.
233. Leirdal S. Effects of frequency on gross efficiency and performance in roller ski skating / S. Leirdal, Ø. Sandbakk, G. Ettema // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2013. – Vol. 23, № 3. – P. 295–302.
234. Cavanagh P.R. A biomechanical comparison of elite and good distance runners / P. R. Cavanagh, M. L. Pollock, J. Landa // Ann. N. Y. Acad. Sci. – 1977. – Vol. 301, № 1. – P. 328–345.
235. Moore I. S. Mechanisms for improved running economy in beginner runners / I. S. Moore, A. M. Jones, S. J. Dixon // Med. Sci. Sports Exerc. – 2012. – Vol. 44, № 9. – P. 1756–1763.
236. Moore I. S. The pursuit of improved running performance: can changes in cushioning and somatosensory feedback influence running economy and injury risk? / I. S. Moore, A. M. Jones, S. J. Dixon // Footwear Sci. – 2014. – Vol. 6, № 1. – P. 1–11.
237. Interaction effects of stride angle and strike pattern on running economy / J. Santos-Concejero, N. Tam, C. Granados, et al. // Int. J. Sports Med. – 2014. – Vol. 35, № 13. – P. 1118–1123.
238. Carrier D. Variable gearing during locomotion in the human musculoskeletal system / D. Carrier, N. Heglund, K. Earls // Science. – 1994. – Vol. 265, № 5172. – P. 651–653.

239. Arampatzis A. The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running / A. Arampatzis, G.-P. Brügemann, V. Metzler // J. Biomech. – 1999. – Vol. 32, № 12. – P. 1349–1353.
240. Latash M.L., Zatsiorsky V. Biomechanics and motor control: defining central concepts. Amsterdam: Elsevier Inc. – 2016. – 409 p.
241. Effects of altered stride frequency and contact time on leg–spring behavior in human running / J. B. Morin, P. Samozino, K. Zameziati, A. Belli // J. Biomech. – 2007. – Vol. 40, № 15. – P. 3341–3348.
242. Nummela A. T. Factors related to top running speed and economy / A. T. Nummela, T. Keranen, L. O. Mikkelsson // Int. J. Sports Med. – 2007. – Vol. 28, № 08. – P. 655–661.
243. Barnes K. R. Strategies to improve running economy in trained distance runners. PhD Thesis. – Auckland University of Technology, 2014. – 225 p.
244. Mechanical efficiency of positive work in running at different speeds / A. Ito, P. V. Komi, B. Sjodin, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 1983. – Vol. 15, № 4. – P. 299–308.
245. Fletcher J. R. Running economy from a muscle energetics perspective / J. R. Fletcher, B. R. Maclntosh // Front. Physiol. – 2017. – Vol. 8. – P. 433.
246. Mechanical determinants of the energy cost of running at the half-marathon pace / A. Monte, F. Nardello, G. Pavei, et al. // J. Sports Med. Phys. Fitness. – 2020. – Vol. 60, № 2. – P. 198–205.
247. Application of leg, vertical, and joint stiffness in running performance: a literature overview / A. Struzik, K. Karamanidis, A. Lorimer, et al. //Appl. Bionics Biomech. – 2021. – P. e9914278.
248. Paavolainen L. M. Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance / L. M. Paavolainen, A. Nummela, H. Rusko // Med. Sci. Sports Exerc. – 1999. – Vol. 31, № 1. – P. 124–130.
249. Cavagna G. A. Mechanical work and efficiency in level walking and running / G. A. Cavagna, M. Kaneko // J. Physiol. – 1977. – Vol. 268, № 2. – P. 467–481.
250. Heise G. D. Are variations in running economy in humans associated with ground reaction force characteristics? / G. D. Heise, P. E. Martin // Eur. J. Appl. Physiol. – 2001. – Vol. 84, № 5. – P. 438–442.
251. Tseh W. Influence of gait manipulation on running economy in female distance runners / W. Tseh, J. L. Caputo, D. W. Morgan // J. Sports Sci. Med. – 2008. – Vol. 7, № 1. – P. 91.
252. Kyrolainen H. Biomechanical factors affecting running economy / H. Kyrolainen, A. Belli, P. V. Komi // Med. Sci. Sports Exerc. – 2001. – Vol. 33, № 8. – P. 1330–1337.
253. Storen O. Running stride peak forces inversely determine running economy in elite runners / O. Storen, J. Helgerud, J. Hoff // J. Strength Cond. Res. – 2011. – Vol. 25, № 1. – P. 117–123.
254. Farley C. T. Hopping frequency in humans: a test of how springs set stride frequency in bouncing gaits / C. T. Farley, R. Blickhan, J. Saito, C. R. Taylor // J. Appl. Physiol. – 1991. – Vol. 71, № 6. – P. 2127–2132.
255. Williams K. R. Biomechanical correlates with running economy in elite distance runners / K. R. Williams, P. R. Cavanagh // Proceedings of the North American Congress on Biomechanics. – 1986. – Vol. 2. – P. 287–288.

256. Di Michele R. The concurrent effects of strike pattern and ground-contact time on running economy / R. Di Michele, F. Merni // J. Sci. Med. Sport. – 2014. – Vol. 17, № 4. – P. 414–418.
257. Williams K. R. Biomechanics of running / Exercise and Sports Sciences Reviews. – Lexington, MA: The Collamore Press, 1985. – P. 389–441.
258. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes / A. T. Nummela, L. M. Paavolainen, K. A. Sharwood, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2006. – Vol. 97, № 1. – P. 1–8.
259. Influence of running speed on the mechanical efficiency of sprinters and distance runners / M. Kaneko, A. Ito, T. Fuchimoto, Y. Shishikura, J. Toyooka // Biomechanics IX-B. Champaign: Human Kinetics, 1985. – P. 307–312.
260. Kong P. W. Anthropometric, gait and strength characteristics of Kenyan distance runners / P. W. Kong, H. De Heer // J. Sports Sci. Med. – 2008. – Vol. 7, № 4. – P. 499.
261. Тюпа В.В., Тураев В.Т. Бег с максимальной скоростью: монография. – М.: ТВТ Дивизион, 2020. – 234 с.
262. Cavagna G. A. Effect of negative on the amount of positive work performed by an isolated muscle / G. A. Cavagna, F. B. Saibene, R. Margaria // J. Appl. Physiol. – 1965. – Vol. 20, № 1. – P. 157–158.
263. Мякинченко Е. Б. Техника бега на средние дистанции и ее взаимосвязь с физической подготовленностью.: дис. … канд. пед. наук. Москва, 1983. – 202 с.
264. Teunissen L. P. Effects of independently altering body weight and body mass on the metabolic cost of running / L. P. Teunissen, A. Grabowski, R. Kram // J. Exp. Biol. – 2007. – Vol. 210, № 24. – P. 4418–4427.
265. Slawinski J. S. Difference in mechanical and energy cost between highly, well, and nontrained runners / J. S. Slawinski, V. L. Billat // Med. Sci. Sports Exerc. – 2004. – Vol. 36. – P. 1440–1446.
266. Зациорский В.М., Алешинский С.Ю., Якунин Н.А. Биомеханические основы выносливости. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 206 с.
267. Barnes K. R. Lower-body determinants of running economy in male and female distance runners / K. R. Barnes, M. R. McGuigan, A. E. Kilding // J. Strength Cond. Res. – 2014. – Vol. 28, № 5. – P. 1289–1297.
268. Cavagna G. A. Effect of an increase in gravity on the power output and the rebound of the body in human running / G. A. Cavagna, N. C. Heglund, P. A. Willems //J. Exp. Biol. – 2005. – Vol. 208, № 12. – P. 2333–2346.
269. Losnegard T. Energy system contribution during competitive cross-country skiing // Eur. J. Appl. Physiol. – 2019. – Vol. 119, № 8. – P. 1675–1690.
270. Muscle mechanical advantage of human walking and running: implications for energy cost / A. A. Biewener, C. T. Farley, T. J. Roberts, M. Temaner // J. Appl. Physiol. – 2004. – Vol. 97, № 6. – P. 2266–2274.
271. Новикова Н.Б., Захаров Г.Г. Оценка технико-тактической подготовленности лыжников-гонщиков в тренировочном процессе и соревновательной деятельности: Методические рекомендации. – Санкт-Петербург: ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры», 2020. – 56 с.

272. Гурский А. В. Педагогическая концепция управления системой двигательных действий лыжников-гонщиков: дис. … д-ра пед. наук. – Санкт-Петербург, 2016. – 379 с.
273. Лыжные гонки (научно-методические материалы для преподавателей и тренеров) / Кобзева Л.Ф., Ермаков В.В., Пирог А.В. и др. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы подготовки лыжников-гонщиков высокой квалификации». – Смоленск: СГАФКСТ, 2011. – С. 185–289.
274. Moore I. S. Relationship between metabolic cost and muscular coactivation across running speeds / I. S. Moore, A. M. Jones, S. J. Dixon // J. Sci. Med. Sport. – 2014. – Vol. 17, № 6. – P. 671–676.
275. Heise G. Biarticular leg muscles and links to running economy / G. Heise, M. Shinohara, L. Binks // Int. J. Sports Med. – 2008. – Vol. 29, № 8. – P. 688–691.
276. Thoroughman K. A. Electromyographic correlates of learning an internal model of reaching movements / K. A. Thoroughman, R. Shadmehr // J. Neurosci. – 1999. – Vol. 19, № 19. – P. 8573–8588.
277. Effect of vertical loading on energy cost and kinematics of running in trained male subjects / M. Bourdin, A. Belli, L. M. Arsac, et al. // J. Appl. Physiol. – 1995. – Vol. 79, № 6. – P. 2078–2085.
278. Changes in EMG characteristics and metabolic energy cost during 90-min prolonged running / D. Abe, S. Muraki, K. Yanagawa, et al. / Gait Posture. – 2007. – Vol. 26, № 4. – P. 607–610.
279. Gottlieb G. L. Response to sudden torques about ankle in man IV. A functional role of alphagamma linkage / G. L. Gottlieb, G. C. Agarwal, R. J. Jaeger // J. Neurophysiol. – 1981. – Vol. 46, № 1. – P. 179–190.
280. Matthews P. B. Evidence from the use of vibration that the human long-latency stretch reflex depends upon spindle secondary afferents // J. Physiol. – 1984. – Vol. 348, № 1. – P. 383–415.
281. Kuitunen S. Knee and ankle joint stiffness in sprint running / S. Kuitunen, P. V. Komi, H. Kyrolainen // Med. Sci. Sports Exerc. – 2002. – Vol. 34, № 1. – P. 166–173.
282. Kyrolainen H. Changes in muscle activity with increasing running speed / H. Kyrolainen, J. Avela, P. V. Komi // J. Sports Sci. – 2005. – Vol. 23, № 10. – P. 1101–1109.
283. The effect of material characteristics of shoe soles on muscle activiation and energy aspects during running / B. M. Nigg, D. J. Stefanyshyn, G. Cole, et al. // J. Biomech. – 2003. – Vol. 36, № 4. – P. 569–575.
284. Komi P. V. Preloading of the thrust phase in cross-country skiing / P. V. Komi, R. W. Norman // Int. J. Sports Med. – 1987. – Vol. 8, – Suppl. 1. – P. 48–54.
285. Wilber R. L. Kenyan and Ethiopian distance runners: what makes them so good? / R. L. Wilber, Y. P. Pitsiladis // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2012. – Vol. 7, № 2. – P. 92–102.
286. The influence of increased distal loading on metabolic cost, efficiency, and kinematics of roller ski skating. / C. M. Bolger, V. Bessone, P. Federolf, et al. // PLoS One. – 2018. – Vol. 13, № 5. – P. e0197592.

287. Lower leg muscle-tendon unit characteristics are related to marathon running performance / B. Kovács, I. Kóbor, Z. Gyimes, et al. // Sci. Rep. – 2020. – Vol. 10, № 1. – P. 1–8.
288. Raichlen D. A. Calcaneus length determines running economy: implications for endurance running performance in modern humans and Neendertals / D. A. Raichlen, H. Armstrong, D. E. Lieberman // J. Hum. Evol. – 2011. – Vol. 60, № 3. – P. 299–308.
289. Influence of shoe mass on performance and running economy in trained runners / V. Rodrigo-Carranza, F. González-Mohíno, J. Santos-Concejero, J. M. González-Ravé // Front. Physiol. – 2020. – Vol. 11. – P. 573660.
290. Running biomechanics: shorter heels, better economy / M. N. Scholz, M. F. Bobbert, A.J. van Soest, et al. // J. Exp. Biol. – 2008. – Vol. 211, Pt. 20. – P. 3266–3271.
291. Martin P. E. Mechanical and physiological responses to lower extremity loading during running // Med. Sci. Sports Exerc. – 1985. – Vol. 17, № 4. – P. 427–433.
292. Hickson R. C. Strength training effects on aerobic power and short-term endurance / R. C. Hickson, M. A. Rosenkoetter, M. M. Brown // Med. Sci. Sports Exerc. – 1980. – Vol. 12, № 5. – P. 336–339.
293. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance / R. C. Hickson, B. A. Dvorak, E. M. Gorostiaga, et al. // J. Appl. Physiol. – 1988. – Vol. 65, № 5. – P. 2285–2290.
294. Coyle E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability // Exerc. Sports Sci. Rev. – 1995. – Vol. 23. – P. 25–63.
295. Horowitz J. F. High efficiency of type I muscle fibers improves performance / J. F. Horowitz, L. S. Sidossis, E. F. Coyle // Int. J. Sports Med. – 1994. – Vol. 15, № 3. – P. 152–157.
296. Effect of whole-body microtitanium-treated garments on metabolic cost of exercise following strenuous hill running / D. S. Rowlands, D. F. Graham, P. W. Fink, et al. // J. Sci. Med. Sport. – 2014. – Vol. 17, № 1. – P. 134–138.
297. Barclay C. J. Energetics of contraction // Compr. Physiol. – 2011. – Vol. 5, № 2. – P. 961–995.
298. Heglund N. C. Mechanical work, oxygen consumption, and efficiency in isolated frog and rat muscle / N. C. Heglund, G. A. Cavagna // Am. J. Physiol. – 1987. – Vol. 253, № 1, – Pt. 1. – P. C22–C29.
299. ATP consumption and efficiency of human single muscle fibers with different myosin isoform composition / Z. H. He, R. Bottinelli, M. A. Pellegrino, et al. // Biophys. J. – 2000. – Vol. 79, № 2. – P. 945–661.
300. Muscle metabolic economy is inversely related to exercise intensity and type II myofiber distribution / G. R. Hunter, B. R. Newcomer, D. E. Larson-Meyer, et al. // Muscle Nerve. – 2001. – Vol. 24, № 5. – P. 654–661.
301. Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy / H. Kyrolainen, R. Kivela, S. Koskinen, J. McBride, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2003. – Vol. 35, № 1. – P. 45–49.
302. Triceps surae muscle-tendon properties as determinants of the metabolic cost in trained long-distance runners / E. Machado, F. J. Lanferdini, E. S. Silva, et al. // Front. Physiol. – 2022. – P. 2320.

303. Тураев В. Т. Специальная силовая подготовка бегунов на короткие дистанции: дис. … канд. пед. наук. – Москва, 1995. – 135 с.
304. Tanaka H. Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? / H. Tanaka, T. Swensen // Sports Med. – 1998. – Vol. 25, № 3. – P. 191–200.
305. Harber M. Single muscle fiber contractile properties of young competitive distance runners / M. Harber, S. Trappe // J. Appl. Physiol. – 2008. – Vol. 105, № 2. – P. 629–636.
306. Evidence for the existence of three motor unit types in normal human gastrocnemius / R. Garnett, M.J. O'Donovan, J. A. Stephens, A. Taylor // J. Physiol. – 1978. – Vol. 280. – P. 65.
307. Loeb G. E. Motoneurone task groups: coping with kinematic heterogeneity // J. Exp. Biol. – 1985. – Vol. 115. – P. 137–146.
308. Hodson-Tole E. F. Motor unit recruitment for dynamic tasks: current understanding and future directions / E. F. Hodson-Tole, J. M. Wakeling // J. Comp. Physiol. B. – 2009. – Vol. 179, № 1. – P. 57–66.
309. Recruitment of faster motor units is associated with greater rates of fascicle strain and rapid changes in muscle force during locomotion / S. S. Lee, M. de Boef Miara, A. S. Arnold, et al. // J. Exp. Biol. – 2013. – Vol. 216, – Pt. 2. – P. 198–207.
310. Single muscle fiber contractile properties during a competitive season in male runners / M. P. Harber, P. M. Gallagher, A. R. Creer, et al. // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. – 2004. – Vol. 287, № 5. – P. R1124 – R1131.
311. Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength more than conventional strength training / J. Heggelund, M. S. Fimland, J. Helgerud, J. Hoff // Eur. J. Appl. Physiol. – 2013. – Vol. 113, № 6. – P. 1565–1573.
312. Guglielmo L. G. Effects of strength training on running economy / L. G. Guglielmo, C. C. Greco, B. S. Denadai // Int. J. Sports Med. – 2009. – Vol. 30, № 1. – P. 27–32.
313. Human skeletal muscle fiber type alteration with high-intensity intermittent training / J. A. Simoneau, G. Lortie, M. R. Boulay, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 1985. – Vol. 54, № 3. – P. 250–253.
314. Schluter J. M. Shortening velocity and ATPase activity of rat skeletal muscle fibers: effects of endurance exercise training / J. M. Schluter, R. H. Fitts // Am. J. Physiol. – 1994. – Vol. 266, № 5. – Pt. 1. – P. 1699–1713.
315. Inverse relationship between exercise economy and oxidative capacity in muscle / G. R. Hunter, M. M. Bamman, D. E. Larson-Meyer, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2005. – Vol. 94, № 5–6. – P. 558–568.
316. Cycling efficiency is related to the percentage of type I muscle fibers / E. F. Coyle, L. S. Sidossis, J. F. Horowitz, J. D. Beltz // Med. Sci. Sports Exerc. – 1992. – Vol. 24, № 7. – P. 782–788.
317. Fletcher J. R. Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake / J. R. Fletcher, S. P. Esau, B. R. MacIntosh // J. Appl. Physiol. – 2009. – Vol. 107, № 6. – P. 1918–1922.

318. Shaw A. J. The valid measurement of running economy in runners / A. J. Shaw, S. A. Ingham, J. P. Folland // Med. Sci. Sports Exerc. – 2014. – Vol. 46, № 10. – P. 1968–1973.
319. Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners / B. Saltin, H. Larsen, N. Terrados, et al. // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 1995. – Vol. 5, № 4. – P. 209–221.
320. Jones A. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energy cost of outdoor running / A. Jones, J. Doust // J. Sports Sci. – 1996. – Vol. 14, № 4. – P. 321–327.
321. Determinants of marathon running success / D. L. Costill, G. Branan, D. Eddy, K. Sparks // Int. Z. Angew. Physiol. – 1971. – Vol. 29, № 3. – P. 249–254.
322. Уткин В. Л. Биомеханические аспекты спортивной тактики / Под ред. В. М. Зациорского. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 128 с.
323. Hunter I. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a 1-h high-intensity run / I. Hunter, G. A. Smith // Eur. J. Appl. Physiol. – 2007. – Vol. 100, № 6. – P. 653–661.
324. Foss Ø. The most economical cadence increases with increasing speed / Ø. Foss, J. Hallen // Eur. J. Appl. Physiol. – 2004. – Vol. 92, № 4. – P. 443–451.
325. Samozino P. Interactions between cadence and power output effects on mechanical efficiency during sub maximal cycling exercises / P. Samozino, H. Nicolas, F. Hintzy // Eur. J. Appl. Physiol. – 2006. – Vol. 97, № 1. – P. 133–139.
326. Mero A. Force-, EMG- and elasticity–velocity relationships at submaximal and supramaximal running speeds in sprinters / A. Mero, P. V. Komi // Eur. J. Appl. Physiol. – 1986. – Vol. 55, № 5. – P. 553–561.
327. Ishikawa M. The role of the stretch reflex in the gastrocnemius muscle during human locomotion at various speeds / M. Ishikawa, P. V. Komi // J. Appl. Physiol. – 2007. – Vol. 103, № 3. – P. 1030–1036.
328. Poling forces during roller skiing: effects of technique and speed / G. Y. Millet, M. D. Hoffman, R. B. Candau, P. S. Clifford // Med. Sci. Sports Exerc. – 1999. – Vol. 2, № 40. – P. 95–96.
329. Andersson E. Physiological and biomechanical factors determining cross-country skiing performance. PhD Thesis. Mid Sweden University, 2016. – 74 p.
330. Effect of skiing speed on ski and pole forces in cross-country skiing / P. Vähäsöyrinki, P. V. Komi, S. Seppälä, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2008. – Vol. 40, № 6. – P. 1111–1116.
331. Physiological responses and cycle characteristics during double-poling versus diagonal-stride roller-skiing in junior cross-country skiers / E. P. Andersson, I. Hämberg, P. C. Salvador, K. McGawley // J. Appl. Physiol. – 2021. – Vol. 121, № 8. – P. 2229–2241.
332. Losnegard T. Physiological differences between sprint- and distance-specialized cross-country skiers / T. Losnegard, J. Hallen // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2014. – Vol. 9, № 1. – P. 25–31.
333. Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers / H. C. Holmberg, S. Lindinger, T. L. Stoggl, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2005. – Vol. 37, № 5. – P. 807–818.

334. Bjorkluand G. Biomechanically influenced differences in O2 extraction in diagonal skiing: arm versus leg / G. Bjorkluand, T. Stoggl, H.-C. Hjkmberg // Med. Sci. Sports Exerc. – 2010. – Vol. 42, № 10. – P. 1899–1908.
335. Разработка методических рекомендаций по повышению сократительных возможностей скелетных мышц спортсменов высокого класса в циклических видах спорта с использованием средств силовой подготовки, учитывающих двигательную специфику соревновательного упражнения в рамках мероприятий медико-биологического и научно-методического обеспечения: отчет по НИР ФГБУ ФНЦ ВНИИФК; рук. Е. Б. Мякинченко; исполн.: А. С. Крючков, М. А. Дикунец, А. М. Федосеев, Б. А. Поляев, С. А. Парастаев, П. Е. Мякинченко, С. А. Абрамова, А. Г. Дудко. Москва, 2020. – 348 с. – Рег. № НИОКТР: АААА-А19–119042290093–0.
336. Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing / B. Pellegrini, C. Zoppirolli, L. Bortolan, et al. // Hum. Mov. Sci. – 2013. – Vol. 32, № 6. – P. 1415–1429.
337. Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise / G. Van Hall, M. Jensen-Urstad, H. Rosdahl, et al. // Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. – 2003. – Vol. 284, № 1. – P. 193–205.
338. Why do arms extract less oxygen than legs during exercise? / J. A. Calbet, H. C. Holmberg, H. Rosdahl, et al. // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. – 2005. – Vol. 289, № 5. – P. 1448–1458.
339. Terzis G. Upper body training and the triceps brachii muscle of elite cross country skiers / G. Terzis, B. Stattin, H.-C. Holmberg // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2006. – Vol. 16, № 2. – P. 121–126.
340. Brzank K. D. Mitochondrial content and diffusion distances in hypertrophic skeletal muscle of well-trained man / K. D. Brzank, K. S. Pieper // Act. Steriol. – 1987. – Vol. 6. – P. 503–507.
341. Johnson M. A. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study / M. A. Johnson, J. Polgar, D. Weightman, D. Appleton // J. Neurol. Sci. – 1973. – Vol. 18, № 1. – P. 111–129.
342. Enoka R. M. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function // R. M. Enoka, J. Duchateau // J. Physiol. – 2008. – Vol. 586, № 1. – P. 11–23.
343. Neural contributions to muscle fatigue: from the brain to the muscle and back again / J. L. Taylor, M. Amann, J. Duchateau, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2016. – Vol. 48, № 11. – P. 2294.
344. Biomechanical response of the lower extremity to running-induced acute fatigue: a systematic review / S. Apte, G. Prigent, T. Stöggl, et al. // Front. Physiol. – 2021. – Vol. 12. – P. 646042.
345. Time course of neuromuscular alterations during a prolonged running exercise / N. Place, R. Lepers, G. Deley, G. Y. Millet // Med. Sci. Sports Exerc. – 2004. – Vol. 36. – P. 1347–1356.
346. Changes in leg spring behaviour, plantar loading and foot mobility magnitude induced by an exhaustive treadmill run in adolescent middle-distance runners / F. Fourchet, O. Girard, L. Kelly, et al. // J. Sci. Med. Sport. – 2015. – Vol. 18. № 2. – P. 199–203.

347. Hayes P. R. Leg stiffness decreases during a run to exhaustion at the speed at VO2max / P. R. Hayes, N. Caplan // Eur. J. Sport Sci. – 2014. – Vol. 14, № 6. – P. 556–562.
348. Effects of marathon running on running economy and kinematics / H. Kyröläinen, T. Pullinen, R. Candau, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2000. – Vol. 82, № 4. – P. 297–304.
349. Barstow T. J. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise / T. J. Barstow, P. Mole // J. Appl. Physiol. – 1991. – Vol. 71, № 6. – P. 2099–2106.
350. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison / H. Carter, A. M. Jones, T. J. Baestow, et al. // J. Appl. Physiol. – 2000. – Vol. 89, № 3. – P. 899–907.
351. Influence of ultra-long-term fatigue on the oxygen cost of two types of locomotion / G. P. Millet, R. Lepers, G. Lattier, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2000. – Vol. 83, № 4. – P. 376–380.
352. Avogadro P. Changes in mechanical work during severe exhausting running / P. Avogadro, A. Dolenec, A. Belli // Eur. J. Appl. Physiol. – 2003. – Vol. 90, № 1. – P. 165–170.
353. Energy cost and running mechanics during a treadmill run to voluntary exhaustion in humans / R. Candau, A. Belli, G. Y. Millet, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 1998. – Vol. 77, № 6. – P. 510–517.
354. Westerlind K C. A comparison of the oxygen drift in downhill vs. level running / K. C. Westerlind, W. C. Byrnes, R. S. Mazzeo // J. Appl. Physiol. – 1992. – Vol. 72, № 2. – P. 796–800.
355. Changes in spring–mass model parameters and energy cost during track running to exhaustion / J. Slawinski, R. Heubert, J. Quievre, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2008. – Vol. 22, № 3. – P. 930–936.
356. Changes in running mechanics and spring-mass behaviour during a 5-km time trial / O. Girard, G. P. Millet, J. Slawinski, et al. // Int. J. Sports Med. – 2013. – Vol. 34, № 09. – P. 832–840.
357. Saha D. The effect of trunk flexion on able-bodied gait / D. Saha, S. Gard, S. Fatone // Gait Posture. – 2008. – Vol. 27, № 4. – P. 653–660.
358. Spring–mass behavior during exhaustive run at constant velocity in elite triathletes / G. Rabita, J. Slawinski, O. Girard, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2011. – Vol. 43. – P. 685–692.
359. Nicol C. Fatigue effects of marathon running on neuromuscular performance: I. Changes in force and stiffness characteristics / C. Nicol, P. V. Komi, P. Marconnet // Scand. J. Med. Sci. Sports – 1991. – Vol. 1, № 1. – P. 10–17.
360. Muscle fatigue during cross country sprint assessed by activation patterns and electromyographic signals time-frequency analysis / R. Zory, F. Molinari, M. Knaflitz, et al. // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2011. – Vol. 21, № 6. – P. 783–790.
361. Control of speed during the double poling technique performed by elite cross-country skiers / S. J. Lindinger, T. Stoggl, E. Muller, H. C. Holmberg // Med. Sci. Sports Exerc. – 2009. – Vol. 41, № 1. – P. 210.

362. Following a long-distance classical race the whole-body kinematics of double poling by elite cross-country skiers are altered / C. Zoppirolli, L. Bortolan, F. Stella, et al. // Front. Physiol. – 2018. – Vol. 9. – P. 978.
363. Viscoelasticity of the sarcomere matrix of skeletal muscles. The titin-myosin composite filament is a dual-stage molecular spring / K. Wang, R. McCarter, J. Wright, et al. // Biophys. J. – 1993. – Vol. 64, № 4. – P. 1161–1177.
364. Cavagna G. A. Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle / G. A. Cavagna, F. P. Saibene, R. Margaria // J. Appl. Physiol. – 1965. – Vol. 20, № 1. – P. 157–158.
365. Enthalpy efficiency of the soleus muscle contributes to improvements in running economy / S. Bohm, F. Mersmann, A. Santuz, A. Arampatzis // Proc. Biol. Sci. – 2021. – Vol. 288, № 1943. – P. 20202784.
366. Albracht K. Exercise-induced changes in triceps surae tendon stiffness and muscle strength affect running economy in humans / K. Albracht, A. Arampatzis // Eur. J. Appl. Physiol. – 2013. – Vol. 113, № 6. – P. 1605–1615.
367. Hoff J. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers / J. Hoff, J. Helgerud, U. Wisloff // Med. Sci. Sports Exerc. – 1999. – Vol. 31, № 6. – P. 870–877.
368. Stainsby W. N. Determination of oxygen uptake in skeletal muscle / W. N. Stainsby, C. R. Lambert // Exerc. Sport Sci. Rev. – 1979. – Vol. 7, – P. 125–151.
369. Taylor C. R. Relating mechanics and energetics during exercise // Adv. Vet. Sci. Comp. Med. – 1994. – Vol. 38A. – P. 181–215.
370. Tendon length and joint flexibility are related to running economy / G. R. Hunter, K. Katsoulis, J. P. McCarthy, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2011. – Vol. 43, № 8. – P. 1492–1499.
371. Reggiani C. Sarcomeric myosin isoforms: fine tuning of a molecular motor / C. Reggiani, R. Bottinelli, G. J. Stienen // News Physiol. Sci. – 2000. – Vol. 15. – P. 26–33.
372. Differences in in vivo muscle fascicle and tendinous tissue behavior between the ankle plantarflexors during running / A.K.M. Lai, G. A. Lichtwark, A. G. Schache, M. G. Pandy // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2018. – Vol. 28, № 7. – P. 1828–1836.
373. Sasaki K. Muscle mechanical work and elastic energy utilization during walking and running near the preferred gait transition speed / K. Sasaki, R. R. Neptune // Gait Posture. – 2006. – Vol. 23, № 3. – P. 383–390.
374. Ishikawa M. Medial gastrocnemius muscle behavior during human running and walking / M. Ishikawa, J. Pakaslahti, P. V. Komi // Gait Posture. – 2007. – Vol. 25, № 3. – P. 380–384.
375. In vivo behavior of the human soleus muscle with increasing walking and running speeds / A. Lai, G. A. Lichtwark, A. G. Schache, et al. // J. Appl. Physiol. – 2015. – Vol. 118, № 10. – P. 1266–1275.
376. Effects of mechanical properties of muscle and tendon on performance in long distance runners / K. Kubo, T. Tabata, T. Ikebukuro, et al. // J. Appl. Physiol. – 2010. – Vol. 110, № 3. – P. 507–514.

377. Relationship between Achilles tendon length and running performance in well-trained male endurance runners / H. Ueno, T. Suga, K. Takao, et al. // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2018. – Vol. 28, № 2. – P. 446–451.
378. Held S. Electromyographic activity of the vastus medialis and gastrocnemius implicates a slow stretch-shortening cycle during rowing in the field / S. Held, T. Siebert, L. Donath // Sci. Rep. – 2020. – Vol. 10, № 1. – P. 1–8.
379. The free achilles tendon is shorter, stiffer, has larger cross-sectional area and longer T2* relaxation time in trained middle-distance runners compared to healthy controls / D. Devaprakash, S. J. Obst, D. G. Lloyd, et al. // Front. Physiol. – 2020. – Vol. 11. – P. 965.
380. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy / A. Arampatzis, G. De Monte, K. Karamanidis, et al. // J. Exp. Biol. – 2006. – Vol. 209, № 17. – P. 3345–3357.
381. Effect of Achilles tendon mechanics on the running economy of elite endurance athletes / M. S. Pinto, C. Sánchez, N. Martins, et al. // Int. J. Sports Med. – 2021. – Vol. 42, № 12. – P. 1128–1136.
382. Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training / M. Kongsgaard, S. Reitelseder, T. G. Pedersen, et al. //Acta Physiol. – 2007. – Vol. 191, № 2. – P. 111–121.
383. Effects of high loading by eccentric triceps surae training on Achilles tendon properties in humans / J. M. Geremia, B. M. Baroni, M. F. Bobbert, et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2018. – Vol. 118, № 8. – P. 1725–1736.
384. Cornu C. Influence of plyometric training on the mechanical impedance of the human ankle joint / C. Cornu, M.I.A. Silveira, F. Goubel // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1997. – Vol. 76, № 3. – P. 282–288.
385. Why do older sprinters reach the finish line later? / A. Arampatzis, H. Degens, V. Baltzopoulos, J. Rittweger // Exerc. Sport Sci. Rev. – 2011. – Vol. 39, № 1. – P. 18–22.
386. Correlation of eccentric strength, reactive strength, and leg stiffness with running economy in well-trained distance runners / F. Li, R. U. Newton, Y. Shi, et al. // J. Strength Cond. Rese. – 2021. – Vol. 35, № 6. – P. 1491–1499.
387. Muscle-specific economy of force generation and efficiency of work production during human running / S. Bohm, F. Mersmann, A. Santuz, et al. // Elife. – 2021. – Vol. 10. – P. e67182.
388. Зациорский В.М., Аруин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
389. Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running / K. R. Snyder, J. E. Earl, K.M. O'Connor, K. T. Ebersole // Clin. Biomech. – 2009. – Vol. 24, № 1. – P. 26–34.
390. Willy R. W. The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat / R. W. Willy, I. S. Davis // J. Orthop. Sports Phys. Ther. – 2011. – Vol. 41, № 9. – P. 625–632.
391. Stöggl T. Evaluation of an upper-body strength test for the cross-country skiing sprint / T. Stöggl, S. Lindinger, E. Müller // Med. Sci. Sports Exerc. – 2007. – Vol. 39, № 7. – P. 1160–1169.

392. Torchia I. General strength and muscular endurance: relationship to V1-and V2-skate skiing economy in collegiate cross-country skiers. PhD Thesis. Northern Michigan University, 2019. – 49 p.
393. Characteristics and performance of male citizen cross-country ski racers / A. V. Ng, R. B. Demment, D. R. Bassett, et al. // Int. J. Sports Med. – 1988. – Vol. 9, № 03. – P. 205–209.
394. Sandbakk Ø. Physiological and biomechanical aspects of sprint skiing. PhD Thesis, 2011. – 57 p.
395. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands / J. Franch, K. Madsen, M. S. Djurhuus, P. K. Pedersen // Med. Sci. Sports Exerc. – 1998. – Vol. 30, № 8. – P. 1250–1256.
396. Losnegard T. Exercise economy in skiing and running / T. Losnegard, D. Schäfer, J. Hallén // Front. Physiol. – 2014. – Vol. 5. – P. 5.
397. Effects of different uphill interval-training programs on running economy and performance / K. R. Barnes, W. G. Hopkins, M. R. McGuigan, A. E. Kilding // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2013. – Vol. 8, № 6. – P. 639–647.
398. Jones A. M. Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise / A. M. Jones, A. M. McConnell // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. – 1999. – Vol. 80, № 3. – P. 213–219.
399. Maximal strength training improves running economy in distance runners / O. Storen, J.A.N. Helgerud, E. M. Stoa, J.A.N. Hoff // Med. Sci. Sports Exerc. – 2008. – Vol. 40, № 6. – P. 1087.
400. Strength training in endurance runners / R. S. Taipale, J. Mikkola, A. Nummela, et al. // Int. J. Sports Med. – 2009. – Vol. 31, № 7. – P. 468–476.
401. Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners / M. F. Piacentini, G. De Ioannon, S. Comotto, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2013. – Vol. 27, № 8. – P. 2295–2303.
402. Strength training improves exercise economy in triathletes during a simulated triathlon / K. M. Luckin-Baldwin, C. E. Badenhorst, A. J. Cripps, et al. // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2021. – Vol. 16, № 5. – P. 663–673.
403. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women / R. S. Staron, D. L. Karapondo, W. J. Kraemer, et al. //J. Appl. Physiol. – 1994. – Vol. 76, № 3. – P. 1247–1255.
404. Improvement in running economy after 8 weeks of whole-body vibration training / C. F. Cheng, K. H. Cheng, Y. M. Lee, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2012. – Vol. 26, № 12. – P. 3349–3357.
405. Hayes P. R. The effect of muscular endurance on running economy / P. R. Hayes, D. N. French, K. Thomas // J. Strength Cond. Res. – 2011. – Vol. 25, № 9. – P. 2464–2469.
406. Berryman N. Effect of plyometric vs. dynamic weight training on the energy cost of running / N. Berryman, D. Maurel, L. Bosquet // J. Strength Cond. Res. – 2010. – Vol. 24, № 7. – P. 1818–1825.
407. Concurrent training in elite male runners: the influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes / S. Sedano, P. J. Marín, G. Cuadrado, J. C. Redondo // J. Strength Cond. Res. – 2013. – Vol. 27, № 9. – P. 2433–2443.

408. Concurrent speed endurance and resistance training improves performance, running economy, and muscle NHE1 in moderately trained runners / C. Skovgaard, P. M. Christensen, S. Larsen, et al. // J. Appl. Physiol. – 2014. – Vol. 117, № 10. – P. 1097–1109.
409. Effects of resistance training on running economy and cross-country performance / K. R. Barnes, W. G. Hopkins, M. R. McGuigan, et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2013 – Vol. 45, № 12. – P. 2322–2331.
410. Moritani T. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain / T. Moritani, H.A. deVries // Am. J. Phys. Med. – 1979. – Vol. 58, № 3. – P. 115–130.
411. Effects of isometric strength and plyometric training on running performance: a randomized controlled study / D. Lum, T. M. Barbosa, A. R. Aziz, G. Balasekaran // Res. Q. Exerc. Sport – 2022. – P. 1–9.
412. Effect of resistance training regimens on treadmill running and neuromuscular performance in recreational endurance runners / J. Mikkola, V. Vesterinen, R. Taipale, et al. // J. Sports Sci. – 2011. – Vol. 29, № 13. – P. 1359–1371.
413. Berryman N. Effects of short-term concurrent training cessation on the energy cost of running and neuromuscular performances in middle-distance runners / N. Berryman, I. Mujika, L. Bosquet // Sports. – 2020. – Vol. 9, – № 1. – P. 1.
414. Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners / P. U. Saunders, R. D. Telford, D. B. Pyne, et al. // J. Strength Cond. Res. – 2006. – Vol. 20, № 4. – P. 947.
415. Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power / L. M. Paavolainen, K. Hakkinen, I. Hamalainen, et al. // J. Appl. Physiol. – 1999. – Vol. 86, № 5. – P. 1527–1533.
416. Warm-up with a weighted vest improves running performance via leg stiffness and running economy / K. R. Barnes, W. G. Hopkins, M. R. McGuigan, A. E. Kilding // J. Sci. Med. Sport. – 2015. – Vol. 18, № 1. – P. 103–108.
417. Paton C. D. Effects of high-intensity training on performance and physiology of endurance athletes / C. D. Paton, W. G. Hopkins // Sportsci. – 2004. – Vol. 8. –P. 25–40.
418. Pellegri№ J. Effect of plyometrics on the energy cost of running and MHC and titin isoforms / J. Pellegrino, B. C. Ruby, C. L. Dumke // Med. Sci. Sports Exerc. – 2016. – Vol. 48, № 1. – P. 49–56.
419. Effects of complex training versus heavy resistance training on neuromuscular adaptation, running economy and 5-km performance in well-trained distance runners / F. Li, R. Wang, R. U. Newton, et al. // Peer J. – 2019. – Vol. 7. – P. e6787.
420. Hoff J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance / J. Hoff, A. Gran, J. Helgerud // Scand. J. Med. Sci. Sports. – 2002. – Vol. 12, № 5. – P. 288–295.
421. The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists // J. Bastiaans, A.B.J.P. Diemen, T. Veneberg, A. Jeukendrup / Eur. J. Appl. Physiol. – 2001. – Vol. 86, № 1. – P. 79–84.

422. Paton C. D. Effects of shoe cleat position on physiology and performance of competitive cyclists // Int. J. Sports Physiol. Perform. – 2009. – Vol. 4, № 4. – P. 517–523.
423. Noakes T. D. Fatigue is a brain-derived emotion that regulates the exercise behavior to ensure the protection of whole body homeostasis // Front. Physiol. – 2012. – Vol. 3. – P. 82.
424. Модели периодизации нагрузок силовой направленности в мезоциклах подготовки лыжников гонщиков высокого класса / С. С. Миссина, Н. В. Адодин, А. С. Крючков, Е. Б. Мякинченко // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2022. – № 17(3). – С. 23–30.
425. Годовая периодизация тренировочных объемов лыжников и биатлонистов международного уровня / Е. Б. Мякинченко, А. С. Крючков, Н. В. Адодин, В. В. Феофилактов // Международный журнал спортивной физиологии и достижений. – 2020. – № 15. – С. 1181–1188.
426. Модели периодизации тренировочных нагрузок лыжников высокого класса в годичном макроцикле / С. С. Миссина, Н.В, Адодин, А. С. Крючков, Е. Б. Мякинченко // Вестник спортивной науки. – 2022. – № 4. – С. 9–13.
427. Сравнение тренировочных нагрузок и показателей подготовленности биатлонистов и лыжников высокого класса / П. Е. Мякинченко, А. С. Крючков, Н. В. Адодин и др. // Современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы X Всероссийской научно-практической конференции. – ФГБОУ ВО «СибГУФК», 2022. – С. 3–19.
428. Структура тренировочных нагрузок на этапе подготовки к главному старту в зимних циклических видах спорта / С. С. Миссина, Н. В. Адодин, А. С. Крючков, Е. Б. Мякинченко // Актуальные вопросы развития теории и методики физической культуры и спорта: сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию образования государственного органа управления в сфере физической культуры и спорта и 90-летию ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта». – М.: Федеральный научный центр физической культуры и спорта, 2023. – С. 606–612.
429. Effects of tapering on performance: a meta-analysis / L. Bosquete, J. Montpetit, D. Arvisais, I. Mujika // Med. Sci. Sports Exerc. – 2007. – Vol. 39, № 8. – P. 1358–1365.
430. Сравнение сочетаемости тренировочных режимов в рамках различных временных форм организации тренировочного процесса у спортсменов высокого класса в лыжных циклических видах спорта / Е. Б. Мякинченко, С. С. Миссина, П. Е. Мякинченко, А. С. Крючков // Современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции. – Омск: СибГУФК, 2024. – С. 71–93.
431. Сочетаемость тренировочных режимов в микро-, мезоциклах и по месяцам годичного макроцикла у спортсменов высокого класса в лыжных циклических видах спорта / Е. Б. Мякинченко, С. С. Миссина, А. С. Крючков // Вестник спортивной науки. – 2024. – № 4. – С. 9–13.

432. Показатели физической подготовленности лыжников и биатлонистов высокого класса / П. Е. Мякинченко, Н. В. Адодин, С. С. Миссина и др. // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2022. – № 2(40). – С. 37–44.
433. Nakagawa S. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists / S. Nakagawa, I. C. Cuthill // Biol. Rev. – 2007. – № 82. – P. 591–605.
434. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. – Hillsdale, USA: Lawrence Erlbaum. – 1988. – P. 567.
435. Delorme T. L. Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises // J. Bone Joint Surgery. – 1945. – Vol. 27, No 4. – P. 645–667.
436. Новикова Н.Б., Иванова Н.Б. Сравнительный анализ режимов мышечной деятельности при отталкивании в коньковых и классических лыжных ходах на лыжах и лыжероллерах / Современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы VIII Всерос. научно-практической конф. – Омск, 2020. – С. 168–177.
437. Шестаков М.П., Мякинченко Е.Б., Фомиченко Т.Г. Планирование тренировочного процесса в зимних циклических видах спорта: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2023. – 180 с.
438. Mujika I. Scientific bases for precompetition tapering strategies / I. Mujika, S. Padilla // Med. Sci. Sports Exerc. – 2003. – Vol. 35, № 7. – P. 1182–1187.
439. Бальсевич В. К. Очерки по возрастной кинезиологии человека / В. К. Бальсевич. – М.: Советский спорт, 2009. – 220 с.
440. The role of external power demand on the choice of technique in classic cross-country skiing / G. Ettema, K. Skovereng, T. Ritman, J. Danielsen // PLoS ONE. – 2023. – Vol. 18, № 3. – P. e0283794.
441. Sandbakk Ø. Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance / Ø.Sandbakk, G. Ettema, S.Leirdal // Eur. J. Appl. Physiol. – 2011. – Vol. 111, № 6. – P. 947–957.
442. Крючков А. С. Мякинченко Е.Б. Интерпретация подходов к определению понятия «реализационная эффективность спортсмена» в видах спорта на выносливость // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 8. – С. 11–14.
443. Анохин П. К. Избранные труды: кибернетика функциональных систем. – М.: Медицина, 1998. – 400 с.
444. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика, учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 264 с.

Е. Б. Мякинченко, А. С. Крючков, С. С. Миссина,
П. Е. Мякинченко, М. В. Волков

ПЕРИОДИЗАЦИЯ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА, ДИНАМИКА ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ, КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИКИ И СПОРТИВНОГО РЕЗУЛЬТАТА У ЛЫЖНИКОВ И БИАТЛОНИСТОВ ВЫСОКОГО КЛАССА

Монография

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29–33, стр. 27, ком. 105
Тел.: (495) 973–72–28, 665–34–36
www.pero-print.ru e-mail: info@pero-print.ru
Подписано в печать 01.10.2024. Формат 70x100/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 22,75. Тираж 500 экз. Заказ 981.
Отпечатано в ООО «Издательство «Перо»