



МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ФИЗИЧЕСКОЙ
КУЛЬТУРЫ И СПОРТА



АСПЕКТЫ СИЛОВОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРЫГУНОВ НА ЛЫЖАХ С ТРАМПЛИНА МИРОВОГО КЛАССА

(по материалам зарубежной
и отечественной печати)

Москва 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»
(ФГБУ ФНЦ ВНИИФК)

**АСПЕКТЫ СИЛОВОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРЫГУНОВ НА ЛЫЖАХ С ТРАМПЛИНА МИРОВОГО КЛАССА
(по материалам зарубежной и отечественной печати)**

*Информационно-методические материалы
для специалистов и тренеров*

Москва
2024

УДК 796.925
ББК 75.719.5
К85

Авторы-составители:

Крючков А.С., кандидат педагогических наук, заведующий лабораторией проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК;
Кряжев В.Д., доктор педагогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК;
Арансон М.В., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК.

Рецензент:

Беккер А.А., кандидат физико-математических наук, вице-президент Федерации прыжков на лыжах с трамплина и лыжного двоеборья, мастер спорта международного класса.

К85 **Аспекты силовой и технической подготовки прыгунов на лыжах с трамплина мирового класса (по материалам зарубежной и отечественной печати):** информац.-метод. материалы для специалистов и тренеров / авт.-сост. А.С. Крючков, В.Д. Кряжев, М.В. Арансон; ФГБУ ФНЦ ВНИИФК. – М., 2024. – 1 CD-ROM. – Текст: электронный.

Информационно-методические материалы для специалистов и тренеров подготовлены по результатам научно-методической деятельности ФГБУ ФНЦ ВНИИФК в рамках государственного задания.

Рассматриваются вопросы биомеханики прыжка на лыжах с трамплина, средства и методы силовой и технической подготовки; влияние характеристик тренировочных упражнений и экипировки на спортивную результативность; особенности применения метода постактивационного стимулирования в процессе силовой подготовки сильнейших зарубежных и российских прыгунов на лыжах с трамплина.

Издание предназначено для специалистов и тренеров, интересующихся вопросами спортивной подготовки в зимних видах спорта.

Текстовое электронное издание

Минимальные системные требования: процессор Intel® или AMD с частотой не менее 1,5 ГГц, оперативная память 512 Мб, разрешение экрана 1024x768, привод оптических дисков, программное обеспечение, поддерживающее просмотр файлов в формате EPUB.

Нелегальное использование данного продукта запрещено

ISBN 978-5-94634-085-4

© Крючков А.С., Кряжев В.Д.,
Арансон М.В., 2024
© ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	8
1. Биомеханические основы рационального выполнения прыжка на лыжах с трамплина	11
2. Средства и методы технической и силовой подготовки в прыжках на лыжах с трамплина	15
3. Связь спортивно-технического результата в прыжках на лыжах с трамплина с кинематикой и динамикой тренировочных упражнений.....	17
4. Биомеханическое соответствие техники имитационных тренировочных упражнений технике прыжка на лыжах с трамплина	22
5. Влияние экипировки на кинематические характеристики имитационных упражнений	27
6. Применение метода постактиваационного стимулирования в процессе силовой подготовки сильнейших польских прыгунов на лыжах с трамплина	33
7. Опыт применения метода постактиваационного стимулирования в тренировочном процессе сильнейших российских прыгуний на лыжах с трамплина.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
ЛИТЕРАТУРА	54

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для успешной подготовки высококвалифицированных спортсменов команде тренеров и специалистов, работающих с прыгунами на лыжах с трамплина, необходимо иметь информацию о последних научных исследованиях в области определения факторов, детерминирующих спортивно-технический результат, об изменениях техники выполнения соревновательного упражнения, об эффективности применяемых тренировочных средств и методов. Актуальность этой информации обуславливается тем, что прыжок на лыжах с трамплина является сложнокоординационным техническим действием, в котором во время выполнения основной фазы – отталкивания, длящейся всего 0,3 с, на скорости скольжения около 20 м/с спортсмен должен не только успеть развить необходимую мощность отталкивания, но и создать направленный вперед вращательный момент, приняв соответствующее положение тела для создания подъемной силы набегающим воздушным потоком.

Мониторинг научных публикаций, выполненных за рубежом за последние 10 лет, показывает, что для анализа прыжка на лыжах с трамплина используются самые современные методы исследования: скоростная биомеханическая видеосъемка; глобальное дифференцированное позиционирование, выполняемое с точностью до нескольких сантиметров; отслеживание траекторий с помощью мобильных инерционных датчиков; тензо- и динамометрия; компьютерное моделирование и т.д. Поиск и обоснование индивидуальных биомеханических характеристик позы спортсмена, обеспечивающей минимальное лобовое сопротивление, оптимального положения лыж и заданных условиями соревновательной деятельности характеристик спортивной экипировки осуществляются в процессе исследований, проводимых в аэродинамической трубе.

Для целенаправленного управления процессом технической подготовки спортсменов высокой квалификации «натренированного глаза

тренера» на сегодняшний день уже явно недостаточно. Он должен своевременно получать и анализировать информацию о скорости разгона, силе, мощности и скорости отталкивания, траектории полета. Идеальной при этом будет считаться ситуация, когда эта информация будет поступать к нему непосредственно в процессе выполнения спортсменом соревновательных и тренировочных прыжков на лыжах с трамплина с помощью мобильных средств срочной информации и анализироваться с применением возможностей искусственного интеллекта и нейросетей. Современный тренер должен быть в курсе всех инноваций в области научного обеспечения спортивной подготовки.

В настоящее время за рубежом осуществляется достаточно большое количество исследований, связанных с вопросами спортивной подготовки прыгунов на лыжах с трамплина. Подавляющее большинство из них посвящено биомеханическому анализу техники выполнения прыжка на лыжах с трамплина, поиску и обоснованию соответствия динамических и кинематических характеристик имитационных тренировочных упражнений соревновательному действию, разработке методов получения срочной информации о характеристиках движения, компьютерному моделированию. Работ, носящих методический характер, в том числе посвященных обоснованию новых средств и методов физической и/или технической подготовки спортсменов высокой квалификации, значительно меньше, что связано, на наш взгляд, с желанием сохранить лидирующие позиции в данном виде спорта. Несмотря на это, даже анализ имеющихся публикаций за последние 10 лет, послуживший основанием для проведения настоящего исследования, позволил выделить основные тенденции и перспективные направления тренировочного процесса высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина.

Данные информационно-методические материалы призваны сформировать у тренеров целостное представление о динамических и кинематических характеристиках прыжка на лыжах с трамплина,

выполняемого элитными спортсменами; об имитационных упражнениях, обладающих максимальным биомеханическим подобием структуры соревновательного действия; о влиянии спортивной экипировки на результативность тренировочных и соревновательных действий; о методе постактивационного стимулирования, применяемом отечественными и зарубежными тренерами не только с целью совершенствования специальной силовой, но и технической подготовленности высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина.

Надеемся, что полученная информация станет своеобразным «триггером» для осмысления и преобразования имеющегося тренерского опыта в новые педагогические приемы и методики тренировочного процесса, проведения новых отечественных научных исследований по прыжкам на лыжах с трамплина, что в итоге приведет к росту спортивно-технического мастерства наших спортсменов и их конкурентоспособности на международной спортивной арене.

ВВЕДЕНИЕ

Ключевым моментом в прыжках на лыжах с трамплина является эффективное выполнение фазы отталкивания или взлета, где спортсмен достигает максимальной скорости и принимает положение тела, обеспечивающее снижение сопротивления воздуха и повышение подъемной силы скольжения в воздушной среде. Отталкивание представляет собой очень сложное соревновательное действие, так как оно выполняется на скользкой поверхности со скоростью, достигающей до 20 м/с, со смещением точки опоры назад относительно центра масс тела примерно на 20 см. При этом должен создаваться направленный вперед момент вращения, призванный компенсировать воздействие сил сопротивления набегающего потока воздуха.

К показателям, положительно влияющим на спортивно-технический результат высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина, специалисты относят мощность, развиваемую в отталкивании, скорость разгибания в коленном суставе, скорость нарастания сил реакции опоры, минимальные значения варус/вагусных отклонений в коленных суставах. Величина вертикальной скорости в фазе взлета достигает 2,5–3 м/с. По их мнению, повышение величины вертикальной скорости только за счет мощности отталкивания является нерациональным, так как наиболее опытные спортсмены достигают более высоких скоростей еще и за счет лучшего использования подъемной силы, созданной обтекающим тело спортсмена потоком воздуха.

Один из важных показателей специальной физической подготовленности сильнейших прыгунов на лыжах с трамплина – выпрыгивание вверх из положения приседа. Элитные прыгуны на лыжах с трамплина демонстрируют высоту выпрыгивания, равную в среднем $55,6 \pm 13$ см, что не является выдающимся результатом по сравнению, например, с сильнейшими легкоатлетами или футболистами. Но даже такие

значения оказываются более высокими по сравнению с результатами спортсменов, специализирующихся в зимнем двоеборье (менее 45 см). Максимальная сила, проявляемая в приседаниях с отягощением, для высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина составляет приблизительно 2,25 от веса тела.

В процессе специальной физической подготовки высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина применяются упражнения со штангой, различные прыжки и выпрыгивания, имитационные упражнения. Для повышения прыгучести используется метод постактивационного стимулирования (МПАС), в котором выпрыгивание из полуприседа выполняется через 3 мин после стимулирования нервно-мышечного аппарата приседанием со штангой весом, составляющим 60–100% от максимума. Оптимальная величина отягощения для большинства спортсменов составляет 80% от максимума. Для менее подготовленных спортсменов отягощение для стимуляции может составлять 60–70% от максимума, а для спортсменов с высоким уровнем развития силы величина стимуляции может достигать 85–100%.

Техническая подготовка в зале проводится в ходе выполнения имитационных упражнений, напоминающих прыжки на лыжах с трамплина. Наиболее схожими по кинематическим и динамическим характеристикам являются прыжки, выполняемые с движущейся платформы в соревновательных ботинках на вытянутые руки тренера с приданием телу спортсмена необходимого наклона вперед и созданием крутящего момента за счет смещения точки опоры назад. При этом тренер контролирует углы, характеризующие положение тела спортсмена в начальной и финальной частях выпрыгивания, а также величину варус/вагусного отклонения в коленных суставах (при больших значениях этого показателя значительная часть энергии, развиваемой в выпрыгивании, рассеивается).

В подготовительном периоде объем силовых упражнений достигает максимума, что вызывает рост мышечной массы спортсменов, увеличение

показателей силовых способностей атлетов (особенно силы мышц нижних конечностей) и приводит к увеличению высоты выпрыгивания. В соревновательном периоде вес тела спортсменов несколько снижается, уменьшаются значения максимальной силы, при этом сохраняется высота выпрыгивания.

Для определения оптимальной позы спортсмена применяются испытания в аэродинамической трубе, а также методы компьютерного моделирования, которые позволяют снизить сопротивление воздуха в фазе разгона на 10% и повысить горизонтальную скорость.

1. Биомеханические основы рационального выполнения прыжка на лыжах с трамплина

С точки зрения физики расстояние, преодолеваемое спортсменом в полете в ходе выполнения прыжка на лыжах с трамплина, зависит от скорости, достигнутой им в фазе разгона, от скорости, направленной вверх перпендикулярно столу отрыва, от импульса силы, создаваемого в отталкивании, величин подъемной аэродинамической силы и силы сопротивления воздуха, действующих в фазах взлета и полета, а также от веса спортсмена и характеристик его спортивного снаряжения [67].

В ходе биомеханического анализа техники сильнейших прыгунов на лыжах с трамплина в фазе отталкивания, произведенного на основе использования скоростной видеосъемки на олимпийских соревнованиях [88], наиболее значимая корреляция с длиной прыжка на лыжах с трамплина (HS-106 m) была обнаружена с величиной максимальной скорости, достигнутой в разгоне ($r = 0,628$, $p < 0,001$, $n = 50$). Это наводит на мысль, что у лучших прыгунов на лыжах с трамплина просто было меньшее трение между лыжами и поверхностью в зоне разгона и/или аэродинамическое качество положения их тела в разгоне было лучше. Это предположение, впрочем, в дальнейшем было подтверждено в исследовании, проведенном O. Elfmark и G. Ettema [30].

Угловая скорость разгибания коленного сустава в отталкивании у лучших прыгунов на лыжах с трамплина также коррелировала с дистанцией прыжка ($r = 0,651$, $p < 0,05$, $n = 10$). С точки зрения биомеханики угловая скорость в суставе зависит от момента сил, создаваемого за счет мышечных сокращений. При этом лучшие прыгуны на лыжах с трамплина на этих соревнованиях продемонстрировали очень разную технику взлета, хотя результаты оказались примерно одинаковыми [88].

Таким образом, при прочих равных условиях на спортивную результативность в значительной мере влияют характеристики отталкивания:

импульс силы и его направление, максимальная вертикальная скорость, положение тела.

Многие специалисты большое значение уделяют специальной силовой подготовке прыгунов на лыжах с трамплина. Ранее считалось, что чем лучше прыгучесть спортсменов, тем выше уровень их специальной подготовленности. Сейчас склоняются к той точке зрения, что этот тезис справедлив с некоторыми оговорками. Во-первых, кинематические и динамические характеристики отталкивания со стола отрыва отличаются от таковых, зафиксированных в прыжке вверх из положения приседа.

На рис. 1 представлена контурограмма выполнения отталкивания в прыжке на лыжах с трамплина.

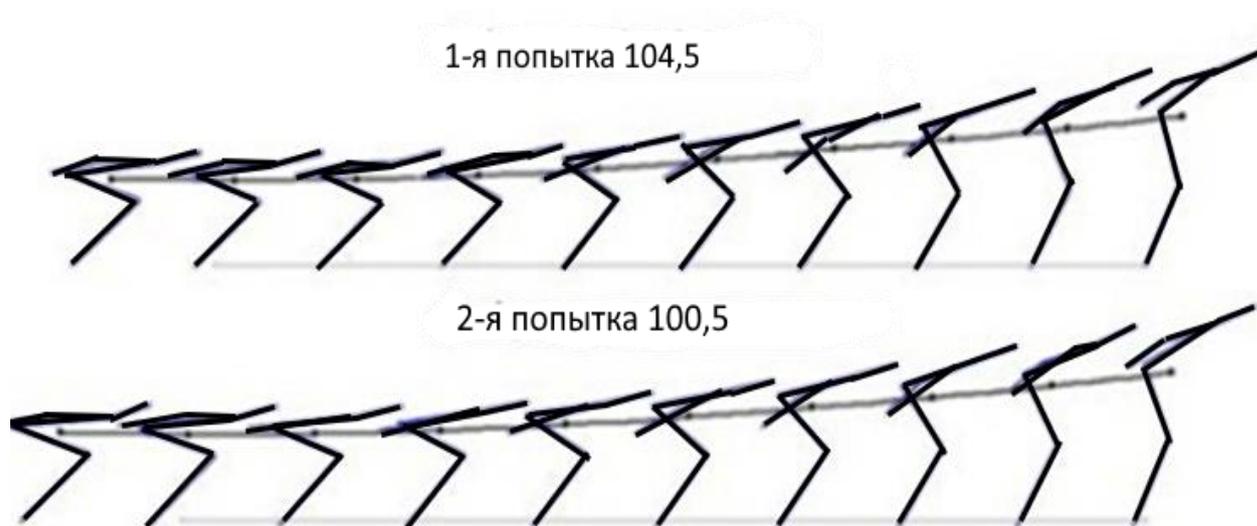


Рисунок 1 – Контурограмма выполнения отталкивания в двух попытках прыжка на лыжах с трамплина (по М. Virnavirta et al. [88])

Во-вторых, отталкивание происходит в процессе скольжения на лыжах со скоростью около 20 м/с. При этом точка отталкивания смещается назад по отношению к центру тяжести примерно на 20 см. Сила сцепления с поверхностью в месте отталкивания определяется коэффициентом трения и выражается низкими значениями. Корпус спортсмена сильно наклонен вперед для создания подъемной силы, возникающей от набегающего на него

воздушного потока, – это повышает высоту взлета. Кроме этого, вертикальное положение корпуса приводит к большому сопротивлению горизонтальному движению и, в принципе, может опрокинуть спортсмена назад. Проведенные с помощью методов биомеханики исследования фазы отталкивания в прыжках на лыжах с трамплина позволили констатировать, что спортсмен должен развивать не только импульс силы, направленный вверх, но и вращательный момент, направленный вперед, чтобы компенсировать силу, создаваемую набегающим потоком. Таким образом, процесс отталкивания от стола отрыва в прыжках на лыжах с трамплина является сложнокоординационным двигательным действием.

Вертикальный импульс, ускоряющий центр масс, должен быть адекватно рассчитан по времени [104]. Используя модель множественной регрессии, E. Müller и H. Schwameder доказали, что не только скорость разгибания колена, но и другие параметры, такие как максимальная вертикальная скорость в момент отрыва, относительный крутящий момент, а также угол между продольной осью тела и лыжей после 20 м фазы полета, сильно коррелировали с длиной прыжка [95]. Другие исследования дополнительно показали, что вертикальная скорость центра масс тела в момент отрыва, в частности, способствовала более дальнему прыжку с трамплина [89, 98, 104].

Помимо быстрого подъема центра масс тела положение тела во время взлета создает направленный вперед угловой момент, уравновешивающий направленный назад угловой момент силы аэродинамическими сопротивлениями во время и сразу после взлета [101]. Чтобы прыгнуть как можно выше вверх, движение центра масс тела должно совпадать с вектором силы реакции земли. Однако, чтобы обеспечить большой направленный вперед угловой момент, сила реакции земли должна действовать позади центра масс тела, следовательно, спортсмен должен постоянно смещать центр масс тела в передне-заднем направлении, чтобы контролировать угловой момент, поскольку положение центра масс тела сильно влияет на

вращательную составляющую силы реакции опоры, что приводит к изменениям углового момента [81].

Важность положения центра масс тела во время отталкивания была подчеркнута в работе P.V. Komi и M. Virmavirta [60], в которой авторы сравнили значения смещения центра масс тела между «элитными» и «средними» прыгунами на лыжах с трамплина во время соревнований. Они показали, что сдвиг был более выражен у элитных прыгунов на протяжении всего взлета, это согласуется с выводами В. Jost [54]. Смещение вперед, по видимому, имеет важное значение не только во время взлета, но и в фазе полета, поскольку оно способствует снижению силы аэродинамического сопротивления [42].

Измерение углового момента является сложной задачей, поэтому исследований, в которых бы изучался этот параметр у прыгунов на лыжах с трамплина, не так много [81, 89], хотя M. Virmavirta описывает его как один из наиболее актуальных и перспективных параметров в качестве предмета будущих биомеханических исследований [101].

Прыжок с трамплина состоит из четырех основных фаз: разгона, отрыва, полета и приземления, хотя только первые три считаются важными для длины прыжка [63]. Работа лыжами в полете [63] и принятие спортсменом оптимального положения тела призваны уменьшить сопротивление воздуха и увеличить линейную скорость [80]. После взлета особенности аэродинамического положения спортсменов также оказывают влияние на дальность прыжка, однако именно быстрое разгибание колена во время второй фазы прыжка на лыжах с трамплина считается ключевым фактором, детерминирующим спортивно-технический результат. Отталкивание можно улучшить, повышая его силовые и скоростные параметры и улучшая межмышечную координацию [59]. Скорость в финальной части отталкивания на столе отрыва, состоящая из скорости разгона и вертикальной скорости отрыва, достигает своего пика примерно через 0,3 с после начала отталкивания [60, 66, 79, 97]. Взрывная сила,

необходимая для создания большой величины вертикальной составляющей скорости отталкивания, особенно важна на небольших трамплинах с дистанцией прыжка менее 95 м [24], где высокая скорость развития силы увеличивает скорость отталкивания [80].

2. Средства и методы технической и силовой подготовки в прыжках на лыжах с трамплина

Тренировка сильнейших прыгунов на лыжах с трамплина, направленная на улучшение характеристик отталкивания, обычно включает такие упражнения, как приседания, прыжки с высоты и имитации прыжков [14, 73, 106, 107]. Однако остается неясным, какие параметры этих упражнений в первую очередь влияют на спортивную результативность.

Приседания – одно из самых популярных упражнений силовой тренировки для укрепления мышц нижних конечностей с участием нескольких суставов и различных мышц [8, 21, 39, 58]. На сегодняшний день проведено немало исследований, в которых сравнивалась биомеханика приседаний с результативностью выполнения прыжков на лыжах с трамплина, результаты которых свидетельствуют, что тренировка максимальной силы нижних конечностей за счет выполнения приседаний со штангой способствует росту вертикальной скорости взлета и положительным образом отражается на спортивно-техническом результате в прыжках на лыжах с трамплина.

При выполнении спрыгиваний с тумбы, за которыми сразу следует прыжок через препятствие, специально тренируются циклы растяжения-сокращения четырехглавой мышцы бедра и большой ягодичной мышцы. Во время приземления эти мышцы эксцентрически нагружаются, после чего следует концентрическое отталкивание [14]. Хотя это упражнение не является биомеханически подобным структуре соревновательного упражнения, в ряде исследований было доказано его положительное влияние

на спортивно-технический результат в прыжках на лыжах с трамплина за счет более высоких значений показателей мышечной силы и выходной мощности [14].

Тот факт, что спрыгивания с тумбы имеют положительную корреляцию с силовыми показателями мышц ног прыгунов на лыжах с трамплина и их необходимо применять в процессе специальной силовой подготовки, доказали в своих исследованиях M.F. Vobbert и M. Walsh [16, 91]. Однако целый ряд исследователей обращает внимание на то, что выполнение подобных упражнений повышает риск травм опорно-двигательного аппарата (в первую очередь передней крестообразной связки) в силу резко амплитудного характера эксцентрически-концентрических нагрузок, которые могут усугубляться чрезмерной внутренней или внешней ротацией коленных суставов [14, 36, 68, 74].

H. Schwameder [81] доказал в своем исследовании, что наличие вальгуса/варуса коленей (х-образные и о-образные их положения) во время отталкивания можно оценить во время выполнения имитационных прыжков (несмотря на их различную биомеханическую структуру).

Еще одним из наиболее часто применяющихся упражнений является прыжок из положения полуприседа (имитация отталкивания на трамплине), который спортсмены выполняют на поднятые руки тренера с последующей фиксацией требуемого аэродинамического положения [99]. Анализу кинематических характеристик этого имитационного упражнения было посвящено лабораторное исследование, проведенное M. Virmavirta и P.V. Komi [98]. Результаты исследований позволили авторам констатировать, что самые высокие значения действующих на спортсмена сил при выполнении имитационного упражнения были зафиксированы в вертикальном направлении (как и следовало ожидать при большой скорости отрыва), но при этом у всех спортсменов также наблюдалось проявление силы, действующей в переднезаднем направлении, появление которой при

выполнении прыжка на лыжах с трамплина невозможно в силу низкого трения между лыжами и дорожкой.

Гипотезой исследования, проведенного E. Müller, явилось предположение о том, что для достижения хорошего результата в прыжках на лыжах с трамплина необходимо, чтобы вертикальная скорость взлета приблизилась к значению 2,5 м/с [67]. Позднее Virnavirta M. и P.V. Komi не только согласились с его выводами, но и доказали, что дальнейшее увеличение скорости взлета, во-первых, может быть достигнуто только экстремальными усилиями, а во-вторых, оказывается менее важным, чем оптимизированные кинематические характеристики положения тела [98].

Тот факт, что усилие при выполнении отталкивания в фазе взлета следует прикладывать вертикально и симметрично для левой и правой ног, доказал в своем исследовании J. Klausk [59].

Хотя именно колено уже достаточно продолжительное время рассматривается как сустав, в котором развивается наибольшая мощность во время выполнения прыжков на лыжах с трамплина [52], конкретные значения его кинематических параметров, как и сопоставление их значений при выполнении имитационных упражнений и соревновательных прыжков с трамплинов различной мощности, долгое время оставались неизвестными.

3. Связь спортивно-технического результата в прыжках на лыжах с трамплина с кинематикой и динамикой тренировочных упражнений

В исследовании, проведенном С.А. Pauli с соавторами, было осуществлено определение кинетических (сила, мощность) и кинематических (перемещение, скорость) параметров упражнений, использующихся в тренировочном процессе прыгунов на лыжах с трамплина (высококвалифицированные спортсмены из Швейцарии – 1 женщина и 9 мужчин в возрасте 23 ± 4 года, приблизительно одинакового роста (179 ± 5 см), веса ($64,6 \pm 4,8$ кг) и опыта силовых тренировок), и их

сопоставление с аналогичными параметрами соревновательных действий (прыжков на лыжах с трамплина в летнем сезоне 2012 г.) [57].

По условиям исследования каждый спортсмен выполнял приседания со штангой (вес штанги в первом подходе соответствовал фактическому весу спортсмена, а во втором – 70% от повторного максимума (1ПМ)); имитационный прыжок (с фиксацией конечного положения на вытянутых руках тренера); спрыгивание с тумбы (высота тумбы составляла 74 см) с последующим незамедлительно прыжком через препятствие (высоту и расстояние до препятствия спортсмены могли выбрать по своему усмотрению), выполняемым с обязательным приземлением обеими ногами на тензометрические коврики.

В ходе исследования фиксировали и рассчитывали следующие показатели:

- максимальное вертикальное усилие (F_{\max}) в фазе опоры;
- силы реакции опоры и данные перемещения центра масс тела;
- скорость разгона (максимум вертикальной составляющей скорости отрыва) и мощность в коленных суставах во время выполнения прыжка с тумбы и при выполнении имитационного прыжка,
- разницу сил опоры, создаваемых разными ногами по отношению к максимальной вертикальной силе,
- максимальные и нормализованные моменты сил в суставах M (Н·м·/кг);
- угловую скорость разгибания коленных суставов ω (1/с);
- индекс вальгусной/варусной деформации коленных суставов во время выполнения упражнений Δd^* .

Кинетические данные измерялись с использованием 2 тензометрических ковриков Kistler (тип 9286AA; Kistler Instrumente AG, Винтертур, Швейцария) с частотой дискретизации 2000 Гц. Для захвата движения применялась оптоэлектронная измерительная система Vicon (V612; Oxford metrics, Оксфорд, Великобритания) с 12 камерами (MX40; 8

стационарных, 4 мобильных; разрешение 2353×1728 пикселей) с частотой дискретизации 100 Гц и с 77 накожными маркерами IfB (6 дополнительных маркеров крепились на руках). Все измерения происходили после разминки и прикрепления датчиков. Периоды отдыха между упражнениями испытуемые дозировали самостоятельно на основе субъективного ощущения восстановления после предыдущей попытки. Результативность прыжков на лыжах с трамплина оценивалась по количеству баллов, набранных в течение соревновательного сезона.

В ходе исследований авторами были получены следующие результаты. Что касается приседаний со штангой с весом, равным весу тела, то большинство спортсменов выполняли их с максимальным усилием, приближающимся к значению $38,7 \pm 7,7$ Н/кг; в том случае, когда вес штанги определялся как 70% от повторного максимума, величина максимальных усилий возрастала до $39 \pm 3,8$ Н/кг. При выполнении прыжков с высоты максимальные усилия, равные $49 \pm 6,3$ Н/кг, были показаны при относительном стандартном отклонении менее 7% у 90% спортсменов.

При проведении расчетов, связанных с анализом имитационных прыжков, были зафиксированы низкие значения стандартных отклонений средних величин ($< 2\%$ для 80% спортсменов – сказывался фактор регулярного их применения в тренировочном процессе), при этом среднее максимальное усилие достигало величины $24,6 \pm 2,5$ Н/кг.

Вариабельность асимметрии силы левой и правой конечностей (ΔF_{max}) при выполнении имитационных прыжков колебалась в диапазоне от 1% до 3%; сопоставимые величины были зафиксированы при спрыгивании спортсменов с тумбы, и только в приседаниях величина асимметрии достигла 11% (табл. 1).

Таблица 1 – Различие в развиваемых усилиях левой и правой ноги при выполнении различных упражнений (по С.А. Pauli et al. [57])

Испытуемый	Приседание	Спрыгивание с	Имитационный прыжок
S01	7,9 ± 8,1	2,8 ± 1,9	3,1 ± 0,6
S02	9,5 ± 6,1	1,4 ± 0,9	1,2 ± 0,5
S03	10,9 ± 6,5	2,2 ± 1,2	2,0 ± 0,6
S04	8,0 ± 5,8	3,2 ± 1,6	1,0 ± 0,7
S05	8,3 ± 5,3	1,0 ± 0,6	1,2 ± 0,8
S06	9,4 ± 6,3	1,4 ± 1,2	1,3 ± 0,5
S07	8,0 ± 4,0	2,5 ± 1,5	0,9 ± 0,4
S08	9,5 ± 7,6	1,7 ± 1,1	1,0 ± 0,5
S09	7,4 ± 6,6	2,1 ± 1,3	3,0 ± 1,3
S10	9,1 ± 12,0	0,7 ± 0,6	2,6 ± 1,0
Среднее ± SD	8,8 ± 1,1	1,9 ± 0,8	1,7 ± 0,9

Информация о величинах моментов сил, возникающих в коленных суставах при выполнении упражнений испытуемыми, представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Максимальные моменты сил (M_{max}), возникающих в коленных суставах при выполнении трех упражнений, и их мощность (P_{max}) (по С.А. Pauli et al. [57])

Параметр	Приседание	Спрыгивание с тумбы	Имитационный прыжок
M_{max}	2,61 ± 60,38	6,18 ± 0,58	3,21 ± 0,49
P_{max}	–	52,35 ± 10,36	39,09 ± 7,77

Как и в случае с максимальными моментами, максимальная мощность в коленных суставах была зафиксирована при выполнении спрыгиваний с тумбы по сравнению с выполнением имитационных прыжков. Благодаря циклу растяжения-укорочения мышц во время спрыгиваний с тумбы была достигнута средняя вертикальная скорость $3,35 \pm 0,30$ м/с по сравнению с $2,95 \pm 0,23$ м/с при выполнении имитационных прыжков.

При выполнении приседаний у 90% спортсменов в нижней точке наблюдалась склонность к варусу (о-образное положение) колена (табл. 3), что соответствовало анатомическим условиям [31].

Таблица 3 – Индекс вальгусной/варусной деформации коленного сустава (Δd^*) при выполнении трех упражнений ($\Delta d^* < 0$ – вальгусное колено; $\Delta d^* > 0$ – варусное колено) (по С.А. Pauli et al. [57])

Параметр	Приседание	Спрыгивание с тумбы	Имитационный прыжок
$\Delta d^*_{\text{кnee}}$	$0,14 \pm 0,09$	$20,12 \pm 0,20$	$0,02 \pm 0,11$
Δd^*_{min}	$20,12 \pm 0,08$	$20,21 \pm 0,15$	$20,22 \pm 0,11$

При выполнении имитационных прыжков у 60% спортсменов была обнаружена тенденция к вальгусному (х-образное) положению коленного сустава.

Полученные результаты далее были сопоставлены с результатами прыжков каждого спортсмена в течение летнего сезона 2012 г. (табл. 4).

Таблица 4 – Корреляция (r) и ее достоверность (p) спортивно-технического результата в прыжках на лыжах с трамплина с показателями выполнения тренировочных упражнений (по С.А. Pauli et al. [57])

Параметр	Приседание		Спрыгивание с тумбы		Имитационный прыжок	
	r	p	r	p	r	p
F_{max} (Н/кг)	0,592	0,072	0,179	0,620	0,477	0,163
ΔF_{max} (% F_{max})	0,125	0,730	0,110	0,763	0,331	0,350
V_{max} (м/с)	—	—	0,647*	0,043	0,718*	0,019
$\Delta d^*_{\text{кnee}}$	0,502	0,139	0,570	0,085	0,399	0,253
Δd^*_{min}	0,685*	0,029	0,555	0,121	0,729*	0,017
M_{max}	0,632*	0,050	0,318	0,370	0,540	0,107
P_{max}	—	—	0,607	0,063	0,637	0,065

Примечание: * $P \leq 0,05$.

Было установлено, что значения вертикальных скоростей в отталкивании коррелируют со спортивно-техническим результатом в прыжках на лыжах с трамплина ($r = 0,647$ для спрыгиваний с тумбы и $r = 0,718$ для имитационных прыжков). Максимальные значения вертикальных сил в имитационных прыжках проявляются при Δd^*_{min} ($r = 0,729$). Спортивно-технический результат сильно коррелирует с минимальными значениями варгус/вальгусных отклонений во время

выполнения приседаний ($r = 0,685$). Выявлена средняя сила статистической взаимосвязи между максимальными моментами сил в коленных суставах во время приседаний и результативностью прыжков на лыжах с трамплина ($r = 0,632$).

Результаты исследований подтвердили необходимость обладания высококвалифицированными прыгунами на лыжах с трамплина высоким уровнем силовой подготовленности, а также тот факт, что высокая скорость вертикального взлета является более значимой для их спортивно-технического результата, нежели максимальная вертикальная сила. Спортсмен, имеющий вальгус/варусные отклонения в коленных суставах в момент отталкивания, не способен оптимально преобразовать мышечные усилия в высокую скорость отталкивания, что сразу же сказывается на спортивно-техническом результате. Одной из причин появления отклонений в коленных суставах может быть их нестабильность, вызванная либо чрезмерными нагрузками, либо недостаточной сформированностью связочно-сухожильного аппарата, что должно стать предметом внимания тренеров в тренировочном процессе.

4. Биомеханическое соответствие техники имитационных тренировочных упражнений технике прыжка на лыжах с трамплина

Несмотря на то, что отталкивание в прыжках на лыжах с трамплина имеет решающее значение, на практике спортсмены имеют не так много возможностей отработать его в реальных условиях, так как количество тренировочных попыток ограничено. В связи с этим во время ежедневных тренировок выполняется большое количество различных имитационных упражнений, направленных на отработку различных параметров техники прыжка на лыжах с трамплина. Одним из обязательных условий применения имитационных упражнений должно являться их кинематическое соответствие структуре соревновательного действия.

Исследование, проведенное J. Ketterer, A. Gollhofer и B. Lauber [55], было направлено на определение пула тех имитационных упражнений, которые максимально соответствовали бы технике прыжков на лыжах с трамплина по четырем биомеханическим критериям, связанным со спортивным результатом:

- максимальной вертикальной скорости в отталкивании;
- максимальной угловой скорости разгибания колена;
- максимальному угловому моменту сил, направленному вперед;
- смещению центра масс вперед относительно опоры.

С этой целью авторы осуществляли трехмерный видеоанализ отталкиваний во время выполнения шести различных имитационных прыжков, а также прыжков на лыжах с трамплина, выполненных девятью профессиональными спортсменами приблизительно одного возраста ($20,9 \pm 4,1$ года), веса ($62,3 \pm 4,9$ кг), роста (177 ± 7 см) и опыта тренировок (члены национальных сборных команд А и В) во время национальных чемпионатов.

Логика выполнения имитационных прыжков была следующая:

- имитационный прыжок с места из исходного положения «стойка разгона», выполняемый в удобной для спортсмена обуви (кроссовки), далее обозначаемый как Im_1 (рис. 2А);
- имитационный прыжок с места из исходного положения «стойка разгона», выполняемый в соревновательной обуви (прыжковые ботинки), далее обозначаемый как Im_2 ;
- имитационный прыжок с катящейся платформы из исходного положения «стойка разгона», выполняемый в удобной для спортсмена обуви (кроссовки), далее обозначаемый как SL (рис. 2В; уклон опоры для скатывающейся платформы составлял $5,2^\circ$);
- имитационный прыжок с катящейся платформы из исходного положения «стойка разгона», выполняемый в удобной для спортсмена обуви (кроссовки), с последующей поддержкой тренера, далее обозначаемый как SL_T (рис. 3);

– имитационный прыжок с катящейся платформы из исходного положения «стойка разгона», выполняемый в соревновательной обуви (прыжковые ботинки), далее обозначаемый как SL_S ;

– имитационный прыжок с катящейся платформы из исходного положения «стойка разгона», выполняемый в соревновательной обуви (прыжковые ботинки), с последующей поддержкой тренера, далее обозначаемый как SL_{TS} .



Рисунок 2 – Имитационные прыжки с места (А) и с катящейся платформы (В) (по J. Ketterer, A. Gollhofer и В. Lauber [55])



Рисунок 3 – Выполнение имитационного упражнения на руки тренера (по J. Ketterer, A. Gollhofer и В. Lauber [55])

Каждый из этих вариантов имитационных прыжков выполнялся спортсменами трижды, после чего в протокол заносилось их среднее арифметическое значение.

Соревновательный прыжок на лыжах с трамплина далее будет обозначен как Hill. Трёхмерная кинематика имитационных прыжков и

прыжка на лыжах с трамплина записывалась системой видеозахвата движения Simi Reality Motion Systems GmbH (Unterschleißheim, Germany) с шестью синхронизированными высокоскоростными камерами (mvBlueCOUGAR, XD, Matrix Vision GmbH, Оппенвайлер, Германия). С помощью Simi Shape была выстроена трехмерная модель спортсмена с 16 сегментами (27 степеней свободы), которую можно было масштабировать и формировать в соответствии с индивидуальными различиями испытуемых. На основе этой модели рассчитывался центр масс испытуемых (ЦМ).

При анализе прыжков фиксировали и рассчитывали следующие параметры:

- вертикальную скорость отрыва ЦМ (V_{\max} , м/с);
- скорость разгибания колена (α_{\max} , °/с);
- направленный вперед угловой момент (L_{\max} , Нмс);
- смещение ЦМ вперед относительно центра между лодыжками ($f_{s_{\max}}$, см).

Соотношения этих показателей с показателями, продемонстрированными спортсменами на трамплине, представлены на рис. 4.

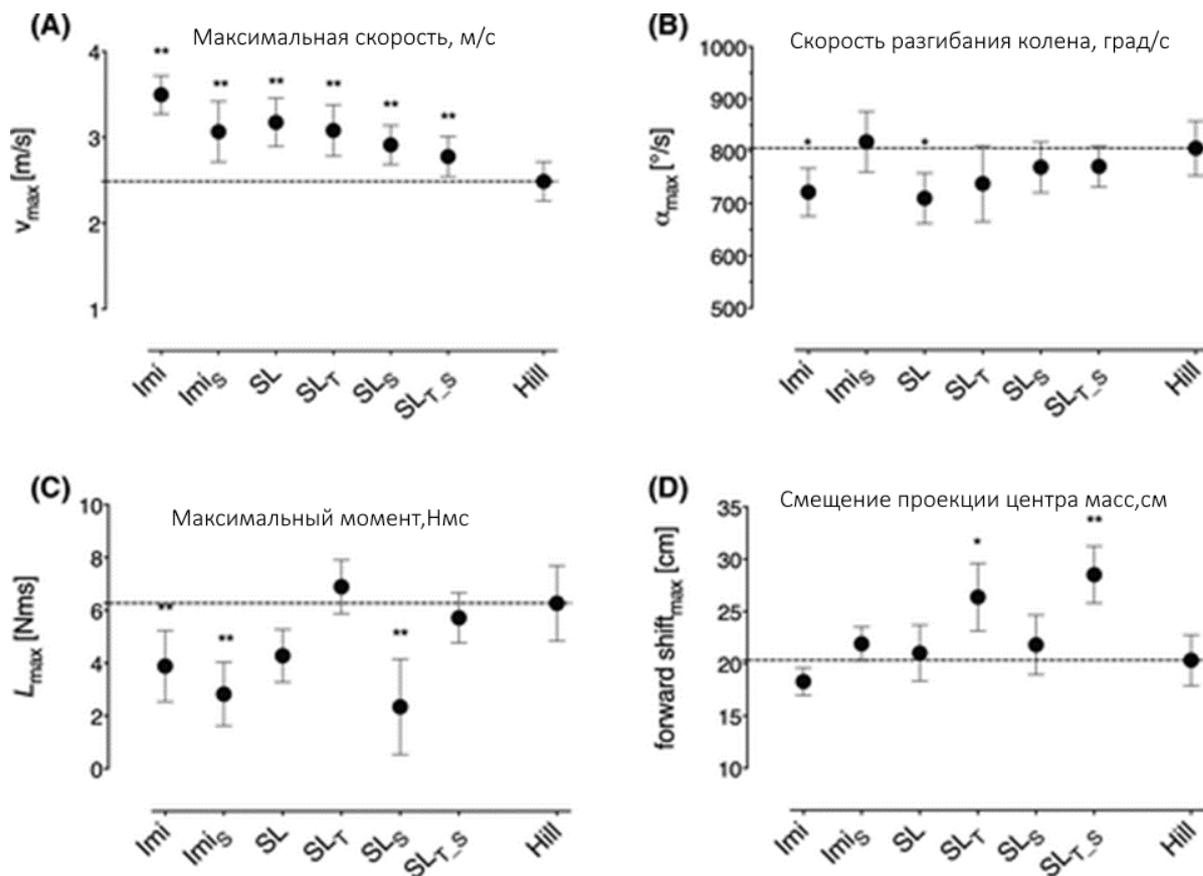


Рисунок 4 – Соотношение кинематических и динамических характеристик выполнения имитационных прыжков и прыжка на лыжах с трамплина (по J. Ketterer, A. Gollhofer и B. Lauber [55])

Для всех имитационных прыжков V_{max} оказалась значительно выше, чем во время фактического прыжка с трамплина (4A). Максимально близки значения V_{max} у прыжка на лыжах с трамплина и прыжка, выполняемого с катящейся платформы в прыжковых ботинках с последующей поддержкой тренера (SL_{TS}).

Проведенное авторами исследование позволило констатировать следующее.

1. Имитационные прыжки, выполняющиеся в прыжковых ботинках, лучше воспроизводят кинематические условия прыжка на лыжах с трамплина, нежели имитационные прыжки, выполняющиеся в кроссовках.

2. Любые имитационные прыжки, выполняющиеся с катящейся платформы, лучше воспроизводят кинематические условия прыжка на лыжах с трамплина, нежели имитационные прыжки, выполняемые с места.

3. По своим кинематическим характеристикам наиболее близким к соревновательному упражнению (прыжок на лыжах с трамплина) является имитационный прыжок, выполняемый с катящейся платформы в прыжковых ботинках с последующей поддержкой тренера.

5. Влияние экипировки на кинематические характеристики имитационных упражнений

Важным аспектом тренировочного процесса, которому, к сожалению, не уделяется должного внимания, является экипировка спортсменов при выполнении имитационных прыжков. Хотя во время прыжков на лыжах с трамплина спортсмены экипируются шлемом, комбинезоном, прыжковыми ботинками и танкеткой, во время тренировок они обычно носят футболку, шорты и спортивную обувь для зала [44, 47, 57]. При этом различия в их характеристиках носят принципиальный характер: ботинки для прыжков на лыжах с трамплина не допускают никаких движений в лодыжке, в то время как в спортивной обуви для зала лодыжка может двигаться во всех направлениях.

М. Virnavirta и P.V. Komí выявили значительные различия между динамическими и кинематическими параметрами имитационных прыжков, выполняемых спортсменами в обычной спортивной обуви (кроссовках) и в прыжковых ботинках. В результате авторы пришли к выводу, что имитационные упражнения целесообразно выполнять в прыжковых ботинках [100].

В 2017 г. S. Lorenzetti с соавторами продолжил исследование влияния спортивной экипировки на спортивно-технический результат в прыжках на лыжах с трамплина [22]. В его исследовании приняли участие десять

высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина приблизительно одного возраста ($21,2 \pm 4,9$ года), веса ($62,1 \pm 4,1$ кг) и опыта соревновательной деятельности. Во время выполнения имитационных прыжков и прыжков на лыжах с трамплина измерялись динамические и кинематические их характеристики. Оценка динамических характеристик на трамплине происходила с помощью интегрированных в трамплин HS 106 в Оберstdорфе (ETEC Ceram Tec, Ломар, Германия) тензометрических платформ на частоте 2 кГц. Каждый силоизмерительный элемент имел длину 0,7 м и два датчика силы OBU 250 (Mess- und Sensortechnik GmbH Althen Germany). Скорость разгона определялась стандартизированными фотоэлектрическими переключателями (1 кГц) на входе и выходе из зоны разгона. В ходе расчета кинетических параметров прыжков на лыжах с трамплина центробежная сила, возникающая в результате разгона, вычиталась из измеренной силы на трамплине. Силы, развиваемые в имитационных прыжках, измерялись с помощью тензометрической платформы Quattro Jump (тип 9290AD, Кистлер, Швейцария) на частоте 500 Гц. Все прыжки фиксировались двумя видеокамерами. Одна из них (LEGRIA HF R66, Canon, Япония) обеспечивала обзор фронтальной плоскости с частотой 50 Гц, что позволяло оценить положение тела спортсменов через 0,02 с после взлета; другая камера (Bosch, Германия) обеспечивала съемку в сагиттальной плоскости с частотой 50 Гц.

В ходе исследования рассчитывались следующие параметры при взлете:

- максимальная вертикальная сила (F_{\max});
- импульс (P_{\max});
- максимальная скорость вертикального взлета (V_{\max});
- максимальная мощность ($P_{\text{ow}_{\max}}$);
- скорость развития максимального силового усилия (LR_{\max});
- время отрыва (t);

– соотношение вертикальных сил, развиваемых правой и левой стопой ($FR_{r/l}$).

Для измерения скорости развития максимального силового усилия (LR_{max}) использовалось окно 50 мс. Индекс вальгусной/варусной деформации коленного сустава (Δd^*) при взлете рассчитывали по алгоритму, предложенному С.А. Pauli с соавторами, на основе данных видеоанализа, выполненного во фронтальной плоскости [65]. Значения трех углов тела (угла нижней части тела (LBA), угла верхней части тела (UBA) и угла коленного сустава (KJA)) определяли на основе данных видеоанализа, выполненного в сагиттальной плоскости (рис. 5).

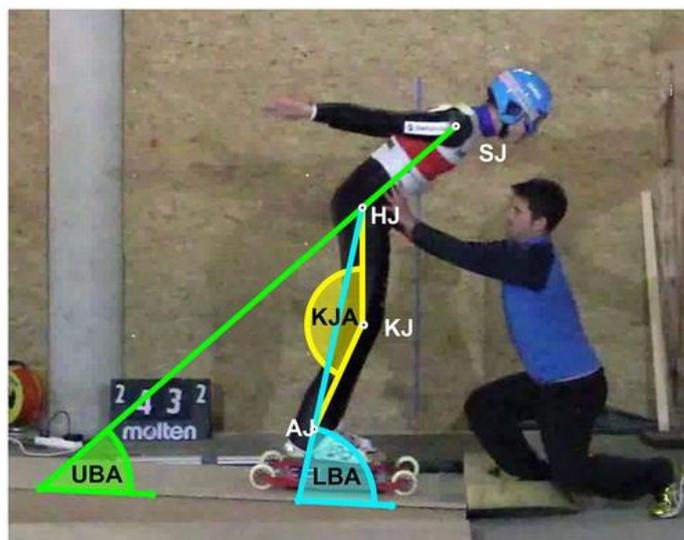


Рисунок 5 – Определение углов тела и суставов на первом кадре после взлёта (по S. Lorenzetti et al. [22])

Примечание:

1. LBA – угол нижней части тела; UBA – угол верхней части тела; KJA – угол коленного сустава; SJ – плечевой сустав; HJ – тазобедренный сустав; KJ – коленный сустав; AJ – голеностопный сустав.

2. LBA соответствует углу, заключенному между линией, соединяющей HJ и AJ, и линией, параллельной земле. UBA соответствует углу, заключенному между соединительной линией от SJ до HJ и линией, параллельной земле. KJA соответствует углу, заключенному между соединительной линией от HJ до KJ.

Углы и Δd^* были извлечены из видеоданных на первом кадре, в котором спортсмены отрывались от земли (взлет) с при помощи программы Kinovea.

Все участники выполняли прыжки на лыжах с трамплина, а также прыжки из положения приседа и имитационные прыжки в разных условиях (табл. 5).

Таблица 5 – Условия выполнения прыжков (по S. Lorenzetti et al. [22])

Вид прыжка		Условия выполнения	Количество прыжков
Прыжок с трамплина		Соревновательная экипировка	5
Имитационные прыжки	С места	Тренировочная одежда и обувь (кроссовки)	3
		Соревновательная экипировка	3
	С катящейся по плоскости тележки	Тренировочная одежда и обувь (кроссовки)	3
		Соревновательная экипировка	3
	Со скатывающейся со склона (4°) тележки	Тренировочная одежда и обувь (кроссовки)	3
		Соревновательная экипировка	3
Прыжок из приседа		Тренировочная одежда и обувь (кроссовки)	3

В первых трех попытках прыжка на лыжах с трамплина спортсмены могли выбирать стартовые лавки по своему желанию, а последние две попытки выполнялись с заданной исследователями стартовой позиции. Имитационные прыжки выполнялись в процессе текущих тренировок, последовательность их выполнения определяли сами спортсмены. Имитационные прыжки в движении выполнялись при помощи тренировочного инвентаря – тележки, которую на плоской поверхности приводил в движение опытный тренер (у всех испытуемых это был один и тот же человек), а скатывание с наклонной поверхности происходило за счет силы тяжести.

Самые высокие значения LR_{max} , $FR_{r/l}$ и Δd^* (вальгусное отклонение положений коленных суставов), а также самое низкое значение КЖА были зафиксированы при выполнении соревновательных попыток прыжка на лыжах с трамплина, остальные величины его параметров совпадали со

значениями, полученными при выполнении имитационных прыжков. Длина прыжка с трамплина и максимальная вертикальная скорость (V_{\max}) варьировались от 61,6 до 80,4 м и от 2,41 до 3,30 м/с соответственно.

В группе параметров, обладающих сильной статистической взаимосвязью со спортивно-техническим результатом, оказались параметры максимальной мощности при отталкивании ($P_{ow_{\max}}$), максимальной силы при отталкивании (F_{\max}) и импульса силы (P_{\max}). Статистически значимых величин взаимосвязи длины прыжка на лыжах с трамплина с временем отрыва (t) и соотношением вертикальных сил, развиваемых правой и левой стопой ($FR\ r/l$), выявлено не было. Всего со значениями параметров прыжка на трамплине статистически значимо коррелировали 35 параметров (28 кинетических и 7 кинематических параметров), полученных при выполнении имитационных прыжков. Самые высокие значения коэффициентов корреляции были получены при выполнении имитационных упражнений, выполняемых в соревновательной экипировке с катящейся или скатывающейся тележки (в движении).

Соотношение силы и времени для всех видов выполненных в ходе исследования прыжков показано на рис. 6. Как можно заметить, максимальное значение скорости увеличения усилий было зафиксировано непосредственно при выполнении прыжка на лыжах с трамплина. Динамика силы отталкивания отчетливо показывает, что максимальный пик силы в прыжке на лыжах с трамплина достигается раньше, чем при выполнении всех видов имитационных прыжков.

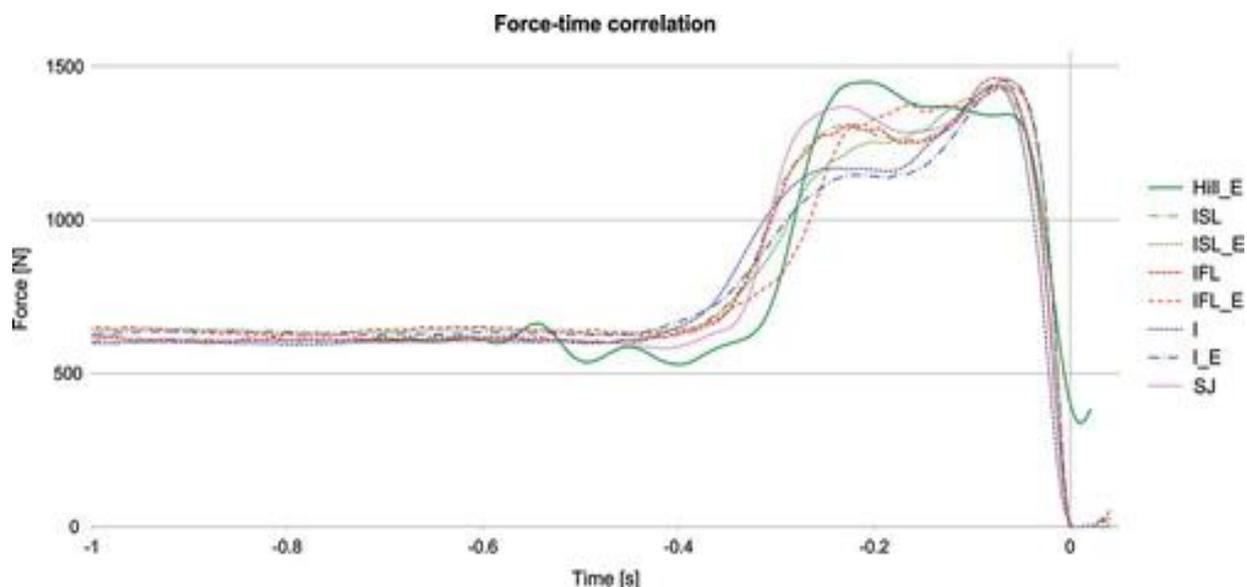


Рисунок 6 – Типичные кривые «сила – время» при выполнении испытуемыми прыжков во время исследования, проведенного S. Lorenzetti с соавторами [22]

Самые высокие значения коэффициента корреляции спортивно-технического результата были получены с параметром импульса силы, за ним следовали параметры максимальной мощности и максимальной силы и затем максимальной вертикальной скорости вылета. Авторы пришли к выводу, что больше всего соответствует прыжку на лыжах с трамплина имитационный прыжок, выполняемый со скатывающейся тележки в соревновательной экипировке. На втором месте – имитационный прыжок с движущейся по плоскости тележки, выполняемый также в соревновательной экипировке.

Таким образом, имитационные прыжки лучше всего выполнять с движущейся тележки в соревновательной экипировке. Основное внимание следует уделять достижению высокой скорости нарастания силы и хорошей координации между левой и правой ногой, чтобы обе ноги прилагали одинаковую силу, а также чтобы параллельное выравнивание ног сохранялось во время отталкивания.

6. Применение метода постактивационного стимулирования в процессе силовой подготовки сильнейших польских прыгунов на лыжах с трамплина

Варьирование тренировочной нагрузкой в ходе одного занятия и в течение всего тренировочного цикла может повысить или снизить эффективность тренировки с точки зрения прироста силы или мощностных характеристик спортсмена. Поскольку мощность и максимальная сила являются взаимосвязанными способностями, были разработаны комплексные тренировки для одновременной стимуляции обеих способностей [39, 44, 57]. В прыжках на лыжах с трамплина максимальная сила развивается в подготовительном периоде, тогда как в соревновательном периоде тренировка концентрируется на скорости развития мощности при сохранении максимальной силы – с этой целью чаще всего используются приседания [62, 63].

Комплексная тренировка, призванная обеспечить максимальный прирост мощности, может использовать метод постактивационного стимулирования (МПАС). Постактивационное стимулирование можно описать как резкое улучшение работоспособности или усиление факторов, определяющих взрывную способность после стимула предварительной нагрузки [73]. На практике постактивационное стимулирование часто достигается путем выполнения силового упражнения с дополнительной нагрузкой, за которым следует более легкое, более взрывное упражнение с аналогичным характером движений в том же подходе [45, 60, 67].

Физиологическое обоснование постактивационного стимулирования заключается в большей сократимости и возбудимости мышц [15] вследствие нескольких механизмов:

- 1) повышенного фосфорилирования легких цепей миозина, что делает молекулы актина и миозина более чувствительными к доступности

Ca₂₊, увеличивая скорость развития силы и максимальную изометрическую силу [16, 48],

2) увеличения рекрутирования мотонейронов более высокого порядка из-за условий высокой нагрузки, теоретически увеличивая вклад быстрых волокон и производительность в последующих взрывных действиях [73];

3) улучшения передачи усилий на сухожилие [39].

Имеются исследования, свидетельствующие о возрастании силы верхних и нижних конечностей после применения метода постактивационного стимулирования [39, 60, 89]. На практике исследователи сталкиваются с рядом затруднений, поскольку применение этого метода имеет множество ограничений [67]. На эффект метода оказывают влияние интенсивность упражнений, количество повторений и подходов, интервал отдыха, которые часто определяются методом проб и ошибок.

Также есть исследования, доказывающие, что амплитуда движений и режимы работы мышц тоже влияют на последующий результат [16, 23]. На сегодняшний день ведутся исследования по определению величин интервалов отдыха и нагрузки, определяющих максимальный эффект для увеличения мышечной силы [6, 15, 22, 26, 56].

Прыжок из положения приседа – это не просто тренировочное упражнение, которое увеличивает мощность, но и представляет собой образец движения при отталкивании в прыжках на лыжах с трамплина [53, 54, 66].

Предметом исследований, проведенных А. Gołaś с соавторами [69, 70], стали изменения скорости развития силы и мощности под влиянием постактивационного стимулирования, вызванного подъемом штанги из полуприседа в качестве кондиционного упражнения (величина нагрузки варьировалась в диапазоне от 60 до 100% 1ПМ), за которым следовало выпрыгивание из приседа в качестве критерия эффективности. В исследовании приняли участие 16 спортсменов сборной Польши по

прыжкам на лыжах с трамплина (возраст 18–35 лет, масса 56 ± 9 кг, рост 172 ± 12 см). Исследование было проведено во время предсезонных сборов по прыжкам с трамплина в лаборатории мышечной силы и мощности Академии физического воспитания им. Ежи Кукучки в Катовице.

Сначала каждый испытуемый выполнял прыжок из положения приседа с установкой на воспроизведение максимального усилия при соблюдении параметров техники прыжка на лыжах с трамплина (угол в коленном суставе 90° ; расположение верхних конечностей на одной линии с туловищем; расстояние между стопами 30–33 см; удержание стойки не менее 3 с [31, 42, 66]). После этого спортсмены выполняли комбинацию в виде приседания со штангой, после которого следовал интервал пассивного отдыха (3 мин) [27, 67], и выпрыгивания из приседа как взрывного упражнения (вес штанги последовательно повышали – он составлял 60, 70, 80, 90 и 100% от 1ПМ). Между подходами с различными весами интервал отдыха составлял 5 мин (общепринятая продолжительность отдыха у прыгунов на лыжах с трамплина во время тренировок с отягощениями). Характеристики выполнения выпрыгиваний регистрировались с использованием тензометрической пластины AccuPower (AMTI OR6-7-1000; Уотертаун, Массачусетс, США), позволяющей оценивать силы реакции опоры с частотой дискретизации 1000 Гц для определения высоты прыжка, скорости нарастания силы (RFD) и мощности (RPD).

Результаты исследования выявили статистически значимые более высокие значения в параметрах прыжка, выполненного после приседаний со штангой весом 80% от 1ПМ. В этом варианте комбинации были зафиксированы максимальные значения нарастания силы (RFD) и максимальные значения нарастания мощности (RPD). Авторы пришли к выводу, что оптимальной величиной нагрузки при использовании метода постактивационного стимулирования для прыгунов на лыжах с трамплина является 80% от 1ПМ.

Этот вывод отличается от выводов предыдущих исследований, в которых рекомендовалось использовать величину нагрузки, превышающую 85% от 1ПМ. Так, например, было доказано, что применение кондиционных упражнений с величиной нагрузки, равной 85% от 1ПМ, способствует повышению прыгучести, положительным образом сказывается на результативности толкания ядра и времени спринта [24]. В другом исследовании было доказано, что использование более тяжелых внешних нагрузок (90% от 1ПМ × 1 повторение) при применении метода постактивационного стимулирования приводит к более высоким прыжковым показателям, чем при использовании более легких нагрузок (45% от 1ПМ × 5 повторений) [36].

Факт более высоких значений скорости нарастания силы и мощности после приседаний со штангой с весом 80% от 1ПМ авторы попытались объяснить тем, что эта интенсивность обеспечивает более высокий порядок рекрутирования мотонейронов, вызывая минимальную утомляемость, если выполняется только одно повторение [46]. Во время исследования были зафиксированы результаты, свидетельствующие об индивидуальном характере отклика на применение метода постактивационного стимулирования. Так, например, один спортсмен, имевший очень высокий уровень развития силовых способностей, продемонстрировал максимальный эффект постактивационного стимулирования после нагрузок с величиной, равной и превышающей 90% от 1ПМ.

Авторы исследования пришли к выводу, схожему с выводами других исследователей [23, 39], о существенной зависимости эффективности постактивационного стимулирования от уровня силовых способностей спортсменов. Тем не менее, по их мнению, выполнение полуприседания со штангой с одним повторением и интенсивностью 60–100% от 1ПМ и с интервалом отдыха в 3 мин может повысить производительность отталкивания у элитных прыгунов на лыжах с трамплина в отношении силы, мощности, высоты.

7. Опыт применения метода постактивационного стимулирования в тренировочном процессе сильнейших российских прыгуний на лыжах с трамплина

В последние годы метод постактивационного стимулирования активно применяется в силовой подготовке российских высококвалифицированных прыгуний на лыжах с трамплина [2, 3]. Изучению влияния этого метода на функциональные возможности нервно-мышечного аппарата и результативность прыжков на лыжах с трамплина в подготовительном периоде уже посвящен ряд исследований [1, 2, 4]. Следует отметить, что в отличие от описанных выше зарубежных вариантов метода постактивационного стимулирования российскими исследователями изучались эффекты трех моделей МПАС с различной направленностью тренирующих воздействий (рис. 7).

В спортивной подготовке высококвалифицированных прыгуний на лыжах с трамплина МПАС применялся для решения следующих задач:

- исправления ошибок в технике рабочей позы на столе отрыва;
- повышения мощности мышечных сокращений мышц-разгибателей коленного сустава,
- совершенствования способности ЦНС концентрировать усилия в форме динамических акцентов на определенном участке рабочей амплитуды при разгибании коленного сустава.

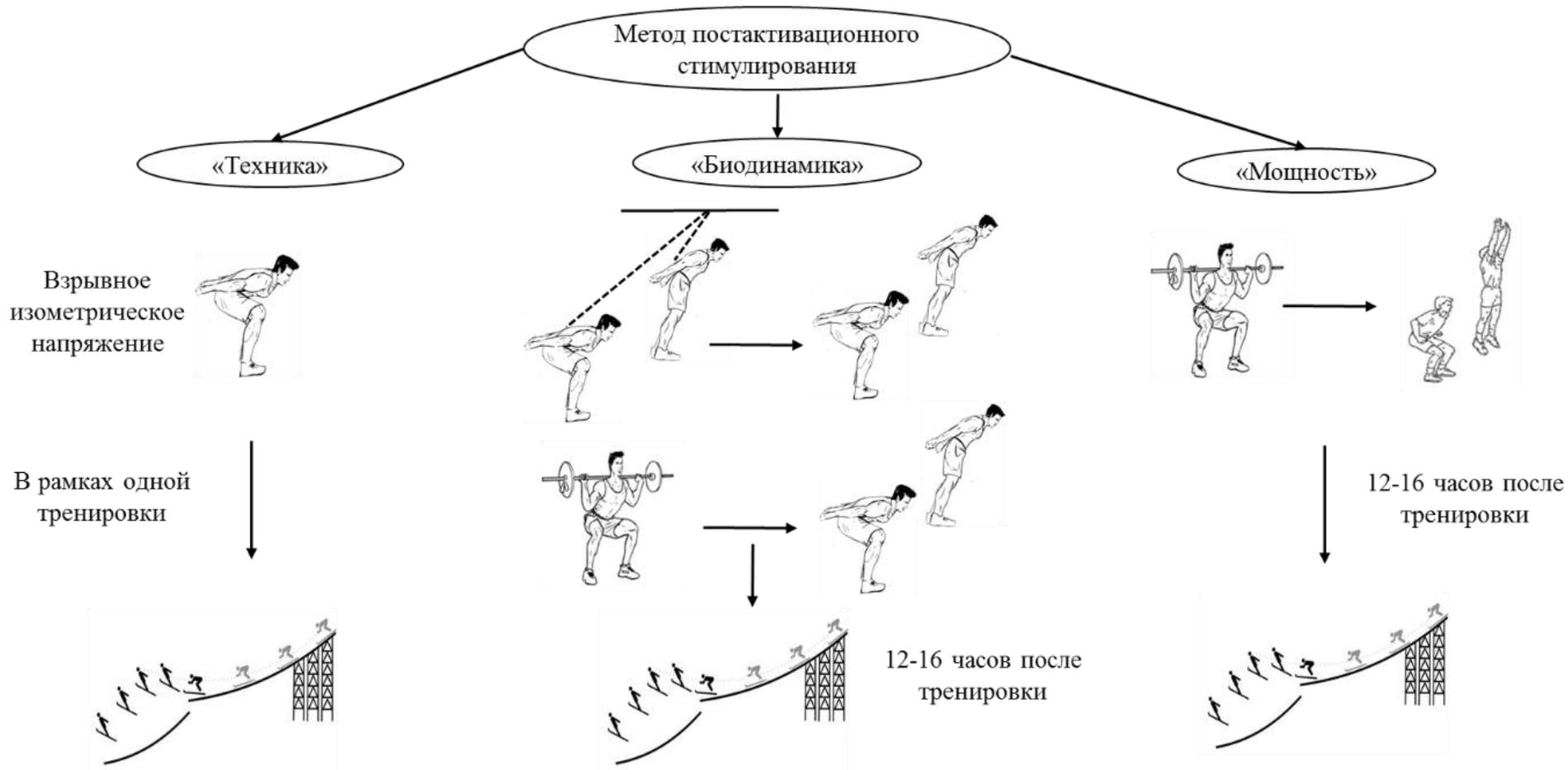


Рисунок 7 – Варианты метода постактиваационного стимулирования с различной преимущественной направленностью тренирующих воздействий [2]

Первый вариант метода постактивационного стимулирования ориентирован на исправление ошибок в технике прыгуна на лыжах с трамплина в фазе отталкивания на столе отрыва. В качестве основных средств применяли упражнения с незначительным внешним сопротивлением 30–40% от 1 повторного максимума (1 ПМ), имитирующие рабочую позу прыгуна на лыжах с трамплина перед отталкиванием, с характерными для реального прыжка величиной и скоростью развития мышечного усилия в изометрическом режиме работы мышц. Длительность изометрического напряжения мышц в коленных суставах составляла 5–8 с, что давало возможность спортсмену сфокусировать внимание на контрастности ощущений между ошибочным и правильным вариантом взаиморасположения звеньев тела в моделируемой фазе соревновательного движения. Предполагалось, что под воздействием изометрического напряжения мышц ЦНС автоматически будет формировать такое положение суставов, при котором будет обеспечиваться максимально устойчивое положение тела и более легкое проявление усилий. После применения данного метода спортсменки сразу же приступали к выполнению прыжков на лыжах с трамплина, регулируя кинематику движения, опираясь на полученные новые мышечно-суставные ощущения.

Применение второго варианта метода постактивационного стимулирования было направлено на повышение мощности усилий мышц-разгибателей коленного сустава спортсменок. В качестве средств тренирующих воздействий использовали комбинации силовых упражнений на мышцы нижних конечностей, выполняемых со значительной величиной внешнего сопротивления (80% от 1 ПМ), и прыжковых упражнений, которые по вектору направления движения совпадали с силовым упражнением, но отличались по биомеханике от реального отталкивания на столе отрыва. Предполагалось, что применение силового упражнения с высоким внешним сопротивлением позволит создать такое предварительное возбуждение в двигательной системе мозга и рецепторном аппарате задействованных мышц,

которое обеспечит повышение мощности рабочих усилий в последующем прыжковом упражнении. Паузы отдыха между силовым и прыжковым упражнениями составляла 3 мин, а тренировка на трамплине начиналась через 12–16 ч после применения МПАС.

При использовании третьего варианта метода постактивационного стимулирования решали задачу совершенствования биодинамики разгибания коленного сустава в специализированном движении.

Данный вариант МПАС использовали вне трамплина, применяя следующие комбинации упражнений:

– комбинацию из двух идентичных прыжков, имитирующих фазу отталкивания на столе отрыва. Первый прыжок («преактивационное» упражнение) выполнялся с резиновым амортизатором, создающим направленное тяговое усилие, совпадающее по вектору с направлением движения спортсмена в момент отталкивания от стола отрыва. Использование амортизатора позволяло создать дополнительную искусственную силовую «добавку» к тяговому усилию скелетных мышц-разгибателей коленного сустава, создавая спортсмену возможность выйти за границы естественных соревновательных двигательных режимов по параметрам быстроты проявления угловой скорости в суставах для сокращения времени на реализацию отталкивания. В результате спортсмен получал «новый» образ, более совершенный по своим параметрам движений, мышечно-суставные ощущения от которого не исчезали сразу после его выполнения, а сохранялись в памяти некоторое время и служили ориентиром для программирования следующего движения – второго прыжка («результатирующее упражнение»), имитирующего отталкивание на трамплине, который выполнялся без дополнительного отягощения из положения изометрического старта;

– комбинацию из двух скоростно-силовых упражнений, одно из которых представлено приседанием со штангой на плечах весом 20–30% от 1 ПМ, выполняемым в реактивном режиме работы мышц, а другое упражнение – прыжком, имитирующим фазу отталкивания от стола отрыва на

трамплине из положения изометрического «старта». Предполагалось, что при выполнении первого упражнения быстрое растяжение мышц в эксцентрической фазе движения с мгновенной остановкой и быстрым началом движения в концентрической фазе создаст мощный очаг возбуждения от проприорецепторов в спинальной моторной системе и двигательных зонах мозга, а также отрегулирует баланс между возбуждающим афферентным влиянием со стороны нервно-мышечных веретен и тормозящим влиянием со стороны нервно-сухожильных веретен на мотонейроны работающих мышц-двигателей. В результате будут снижены нервные ограничения на иннервацию мышц-разгибателей коленного сустава, что позволит спортсмену проявить более высокую мощность мышечных усилий в последующем имитационном прыжковом упражнении.

Интервал времени между двумя упражнениями, выполняемыми в рамках третьей модели МПАС, минимальный, а к тренировке на трамплине приступали через 12–16 ч после применения метода.

С использованием всех трех вариантов метода постактивационного стимулирования, описанных выше, была проведена серия экспериментов с 6 высококвалифицированными прыгунями на лыжах с трамплина (4 МС, 1 МСМК и 1 ЗМС).

Первый эксперимент предусматривал оценку влияния трех моделей МПАС на параметры выполнения прыжка на лыжах с трамплина мощностью К-90 в рамках соревновательного периода [2]. Этот эксперимент продолжался в течение 3 недель соревновательного периода (21 день) – за это время было проведено 12 тренировок, в которых силовые упражнения выполнялись в рамках метода постактивационного стимулирования, и 90 человекообследований. В качестве контрольного испытания был выбран прыжок на лыжах с трамплина К-90. Помимо дальности прыжка учитывали оценку за его технику, полученную от экспертов (5 судей, имеющих опыт судейства всероссийских и международных соревнований по прыжкам на лыжах с трамплина). Для анализа полученных данных использовали

показатели описательной статистики (медианные значения (M_e)) и показатели статистики динамики (темпы прироста ($T_{пр}$, %)), а для проверки достоверности произошедших изменений использовали расчет W-критерия Вилкоксона. Результаты исследования представлены в табл. 6.

Таблица 6 – Результаты влияния различных модификаций МПАС на технику и результативность прыжка на лыжах с трамплина у высококвалифицированных спортсменов [2]

Направленность метода постактиваационного стимулирования	Результаты прыжка с трамплина (К-90)								
	Длина прыжка, м			Оценка техники прыжка, балл			Общая сумма баллов прыжка, балл		
	M_e	$T_{пр}$, %	P	M_e	$T_{пр}$, %	P	M_e	$T_{пр}$, %	P
Начало эксперимента	83,4	–	–	48,0	–	–	131,4	–	–
Исправление ошибок в кинематике соревновательного движения	88,0	+5,52	<0,05	51,25	+6,77	<0,05	138,75	+5,59	<0,05
Повышение мощности сокращения мышц, ответственных за выполнение соревновательного движения	93,75	+12,41	<0,05	50,5	+5,21	<0,05	144,0	+9,59	<0,05
Совершенствование биодинамики соревновательного движения	93,9	+12,59	<0,05	51,5	+7,29	<0,05	144,9	+10,27	<0,05

Примечание: статистически значимые различия в выборках наблюдались после применения каждого из трех комплексов силовых упражнений, выполняемых методом постактиваационного стимулирования, кроме показателя «оценка техники» в период между выполнением силовых упражнений, направленных на повышение мощности сокращения мышц, и упражнениями, направленными на исправление ошибок в технике.

В результате первого эксперимента были установлены следующие факты:

1) применение МПАС в подготовке высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина способствует снижению количества ошибок

в технике, росту взрывной (быстрой) силы мышц и увеличению дальности прыжка;

2) чем более специфичны силовые упражнения, выполняемые в рамках МПАС, по отношению к соревновательному движению по кинематическим параметрам (суставной угол, амплитуда, траектория движения) и характеру двигательного усилия, тем большим становится влияние метода на параметры прыжка на лыжах с трамплина;

3) варьирование в силовых упражнениях, выполняемых в рамках МПАС, параметрами кинематики, режимами работы мышц и величинами внешнего сопротивления позволяет дифференцированно влиять на дальность и технику прыжка на лыжах с трамплина:

- акцент в силовых упражнениях на создании ощущений положения тела в условиях изометрического напряжения мышц-разгибателей коленного сустава повышает эффективность МПАС в отношении исправления ошибок в технике (вариант «Техника»);

- акцент на формировании ощущений повышенной мощности двигательного усилия в коленном суставе в неспецифических силовых упражнениях повышает эффективность МПАС в отношении дальности прыжка на лыжах с трамплина и его общей результативности (вариант «Мощность»);

- акцент в силовых упражнениях на повышении мощности рабочих усилий на начальном участке рабочей амплитуды разгибания коленного сустава в схожих по кинематике фазах прыжка на лыжах с трамплина обеспечивает комплексное воздействие на дальность, технику и общую результативность прыжка на лыжах с трамплина (вариант «Биодинамика») [2].

В ходе второго эксперимента осуществили оценку влияния МПАС на результативность выполнения высококвалифицированными спортсменками прыжков на лыжах с трамплинов различной мощности [1]. Этот эксперимент был осуществлен в течение трех учебно-тренировочных мероприятий на общеподготовительном и специально-подготовительном этапах спортивной

подготовки высококвалифицированных прыгуний на лыжах с трамплина – за это время было проведено 24 тренировки и 180 человекообследований. Программа эксперимента предусматривала как применение «традиционных» для прыгуний на лыжах с трамплина методов силовой подготовки, так и комплекса силовых упражнений, выполняемых методом постактиваационного стимулирования.

«Традиционные» методы силовой подготовки были распределены следующим образом: на первом УТМ силовые упражнения выполнялись методом «максимальных усилий» и методом «повторных непердельных усилий» с целью повышения максимальной силы и гипертрофии скелетных мышц соответственно. В рамках второго УТМ акцент был сделан на применении метода «динамических усилий» с целью повышения взрывной силы мышц. На третьем УТМ применялась комбинация методов «максимальных усилий» и «динамических усилий» для развития максимальной и взрывной силы. Силовые упражнения, выполняемые в рамках МПАС, различались по направленности (три описанных выше варианта), каждый из которых применялся по три раза на каждом из трех учебно-тренировочных мероприятий.

В качестве контрольных испытаний спортсменки выполняли прыжки на лыжах с трамплинов К-60, К-90 и К-120. В каждом прыжке помимо дальности учитывали оценку за его технику (три судьи, имеющие опыт судейства всероссийских и международных соревнований по прыжкам на лыжах с трамплина). Оценку влияния трех комплексов упражнений, выполняемых в рамках метода постактиваационного стимулирования, на результативность прыжков с трамплинов различной мощности осуществляли методом парной корреляции Спирмена при $\alpha = 0,05$. Результаты проведенного исследования представлены в табл. 7.

Таблица 7 – Влияние модификаций метода постактиваационного стимулирования на результативность прыжков на лыжах с трамплинов различной мощности у высококвалифицированных спортсменок [1]

Мощность трамплина	Направленность метода постактиваационного стимулирования					
	На исправление ошибок в технике		На повышение мощности сокращения мышц		На совершенствование биодинамики движения	
	дальность	техника	дальность	техника	дальность	техника
К-60	0,61	0,65	0,82*	0,74*	0,56	0,72*
К-90	0,78*	0,72*	0,82*	0,68	0,89*	0,86*
К-120	0,7*	0,64	0,62	0,55	0,68	0,74*
Направленность «традиционных» силовых нагрузок	На гипертрофию и развитие максимальной силы		На развитие взрывной силы		На развитие максимальной и взрывной силы	

Примечание: * статистически значимые коэффициенты корреляции рангов Спирмена при $\alpha = 0,05$.

В результате второго эксперимента были установлены следующие факты:

1. Из трех вариантов МПАС, применяемых в подготовке высококвалифицированных прыгуний на лыжах с трамплина, наибольшее положительное влияние на параметры прыжка с трамплина малой мощности (К-60) оказывают упражнения, направленные на повышение мощности сокращения мышц (возрастает дальность прыжка) и на совершенствование биодинамики движения (растут оценки за технику).

2. Для трамплина средней мощности (К-90) наибольшая положительная связь с параметрами прыжка наблюдается при применении МПАС, направленного на совершенствование биодинамики специализированного движения.

3. Для трамплина большой мощности (К-120) наибольшей эффективностью по отношению к дальности прыжка обладает вариант МПАС, направленный на совершенствование техники, тогда как по отношению к технике выполнения прыжка с трамплина наибольшая положительная связь наблюдается при применении варианта МПАС «Биодинамика».

4. Наибольшей восприимчивостью к тренирующим силовым воздействиям методом постактивационного стимулирования обладает трамплин К-90, а наименьшей – трамплин К-120.

5. Для совершенствования техники прыжков на лыжах с трамплинов различной мощности большей силой тренирующих воздействий обладает вариант МПАС «Биодинамика», тогда как для увеличения дальности прыжков более эффективен вариант МПАС «Мощность» [1].

Третий эксперимент был нацелен на получение данных о влиянии трех моделей МПАС на проявление силовых способностей у высококвалифицированных прыгуний на лыжах с трамплина [4]. Этот эксперимент был также организован в течение трех недель соревновательного периода (21 день). В качестве контрольных испытаний были выбраны прыжок вверх из основной стойки и прыжок вверх из положения, имитирующего стойку разгона.

Прыжок вверх из основной стойки выполнялся с махом руками из положения быстрого предварительного подседа на произвольно выбираемую каждым спортсменом величину сгибания в коленном и тазобедренном суставах с последующим мгновенным переходом в фазу отталкивания. Данное контрольное испытание применяли для оценки влияния МПАС на изменение силовых способностей прыгунов на лыжах с трамплина, проявляемых в неспецифических прыжковых упражнениях.

Прыжок вверх из стойки разгона имитировал движение прыгуна в фазе отталкивания от стола отрыва на трамплине. Кинематической особенностью данного прыжка является медленный подсед в положение, имитирующее отталкивание на трамплине, с отведением прямых рук назад и прижатием их в области тазобедренных суставов. Сформированная рабочая поза должна удерживаться спортсменом неподвижно в течение 4 с до поступления команды «Прыжок» от специалиста, проводящего тестирование. В фазе отталкивания должны отсутствовать маховое движение рук и разгибание в голеностопном суставе. С помощью данного теста изучалось влияние МПАС

на проявление силовых способностей прыгунов в специализированных локомоциях.

Все прыжки выполнялись на тензоплатформе (MuscleLab «Force Plate Model 2», Норвегия) с соответствующим программным обеспечением (Musclelab Software – version 10). В обоих вариантах прыжков фиксировали максимальную силу (Н), максимальную мощность (Вт/кг), стартовую мощность (Вт/кг) и максимальную скорость (м/с).

В рамках разработанного протокола тестирования интервал времени между применением различных вариантов МПАС и тестовыми прыжками был не одинаков. В случае, когда применялся вариант МПАС «Техника», паузы между стимуляционным воздействием на ЦНС и нервно-мышечный аппарат и выполнением контрольных упражнений не было. При применении вариантов МПАС «Мощность» или МПАС «Биодинамика» время от окончания предварительной стимуляции до выполнения тестовых прыжков составляло 12–16 часов.

Для обработки полученных данных и их характеристики использовали показатели описательной статистики (медианные значения (M_e)) и показатели статистики динамики (темп прироста ($T_{пр}$, %)), а для проверки достоверности произошедших изменений использовали расчет W-критерия Вилкоксона. Результаты проведенного исследования представлены в табл. 8 и 9.

Таблица 8 – Влияние модификаций метода постактивационного стимулирования на проявление максимальной силы и скорости в различных вариантах прыжках вверх у высококвалифицированных прыгуний на лыжах с трамплина [4]

Направленность метода постактивационного стимулирования	Результаты тензометрии					
	Максимальная сила, Н			Максимальная скорость, м/с		
	M_e	$T_{пр}$, %	P	M_e	$T_{пр}$, %	P
<i>Прыжок вверх из основной стойки</i>						
Начало эксперимента	1389,0	–	–	2,68	–	–

Продолжение таблицы 8

Исправление ошибок в кинематике соревновательного движения	1382,94	-0,43	p>0,05	2,73	+1,87	p<0,05
Повышение мощности сокращения мышц, ответственных за выполнение соревновательного движения	1436,28	+3,41	p<0,05	2,785	+3,92	p<0,05
Совершенствование биодинамики соревновательного движения	1444,5	+4,0	p<0,05	2,76	+2,99	p<0,05
<i>Прыжок вверх из стойки разгона</i>						
Начало эксперимента	702,88	–	–	2,54	–	–
Исправление ошибок в кинематике соревновательного движения	742,85	+5,69	p>0,05	2,675	+5,31	p<0,05
Повышение мощности сокращения мышц, ответственных за выполнение соревновательного движения	699,99	-0,41	p>0,05	2,685	+5,71	p<0,05
Совершенствование биодинамики соревновательного движения	712,1	+1,31	p>0,05	2,66	+4,72	p<0,05

Примечание: прыжок вверх из основной стойки: в показателе «максимальная сила» между модификациями МПАС отсутствуют статистически достоверные различия, в показателе «максимальная скорость» наблюдается статистическая достоверность различий между модификациями МПАС; прыжок вверх из стойки разгона: в обоих показателях тензометрии (максимальная сила и максимальная скорость) отсутствуют статистически достоверные различия между модификациями МПАС.

Полученные результаты позволяют утверждать, что изучаемые варианты МПАС (рис. 7) в зависимости от биомеханической специфики применяемых упражнений, величины добавочного отягощения и режима работы мышц по-разному оказывают влияние на проявление высококвалифицированными прыгунями своих силовых способностей в специфических и неспецифических тестовых упражнениях.

Таблица 9 – Влияние модификаций метода постактивационного стимулирования на проявление максимальной и стартовой мощности в различных вариантах прыжка вверх у высококвалифицированных прыгуний на лыжах с трамплина [4]

Направленность метода постактивационного стимулирования	Результаты тензометрии					
	Максимальная мощность, Вт/кг			Стартовая мощность, Вт/кг		
	Me	Тпр, %	P	Me	Тпр, %	P
<i>Прыжок вверх из основной стойки</i>						

Продолжение таблицы 9

Начало эксперимента	26,37	–	–	13,04	–	–
Исправление ошибок в кинематике соревновательного движения	27,45	+4,1	p<0,05	13,69	+5,02	p>0,05
Повышение мощности сокращения мышц, ответственных за выполнение соревновательного движения	28,725	+8,95	p<0,05	15,785	+21,10	p<0,05
Совершенствование биодинамики соревновательного движения	27,785	+5,39	p<0,05	13,55	+3,95	p<0,05
<i>Прыжок вверх из стойки разгона</i>						
Начало эксперимента	21,82	–	–	6,0	–	–
Исправление ошибок в кинематике соревновательного движения	23,215	+6,42	p<0,05	6,89	+14,83	p>0,05
Повышение мощности сокращения мышц, ответственных за выполнение соревновательного движения	23,62	+8,27	p<0,05	7,07	+17,83	p<0,05
Совершенствование биодинамики соревновательного движения	24,27	+11,25	p<0,05	6,86	+14,33	p<0,05

Примечание: прыжок вверх из основной стойки: в обоих показателях тензометрии (максимальная мощность и стартовая мощность) доказана статистическая достоверность различий между модификациями МПАС; прыжок вверх из стойки разгона: в показателе «максимальная мощность» наблюдаются статистически достоверные различия между модификациями МПАС, в показателе «стартовая мощность» отсутствуют статистически достоверные различия между модификациями МПАС.

В результате третьего эксперимента были установлены следующие факты:

1. Вариант МПАС, направленный на исправление ошибок в технике отталкивания от стола отрыва, предусматривающий применение незначительной величины внешнего отягощения (20–30% от 1 ПМ) с изометрическим взрывным усилием, развиваемым в мышцах-разгибателях коленного сустава из положения, имитирующего стойку разгона на трамплине, обладает низкой степенью активации нервно-мышечного аппарата в отношении проявления максимальной силы, мощности и скорости по сравнению с другими вариантами метода постактивационного стимулирования. При этом вне зависимости от биомеханической специфики

тестовых упражнений минимальная степень активации наблюдается по отношению к максимальной силе, а наибольший стимулирующий эффект проявляется в отношении стартовой мощности.

2. В отношении варианта МПАС, направленного на повышение взрывной силы мышц, предусматривающего сочетание силового упражнения со значительной величиной внешнего сопротивления и прыжкового упражнения, не обладающего биомеханическим подобием с соревновательным движением на трамплине, следует отметить высокий стимулирующий эффект по отношению к максимальной и стартовой мощности, но преимущественно в неспецифическом по биомеханике тестовом упражнении.

3. При применении МПАС, направленного на совершенствование способности спортсмена концентрировать усилия в форме динамического акцента на определенном участке рабочей амплитуды разгибания коленного сустава (МПАС «Биодинамика»), предусматривающего в качестве фактора стимуляции либо силовые упражнения с реактивным режимом работы мышц, либо имитационные прыжки с резиновым амортизатором с последующим выполнением прыжков, имитирующих отталкивание на столе отрыва, обеспечивается высокий уровень активации ЦНС и мышечного аппарата в отношении проявления максимальной и стартовой мощности в специфическом тестовом прыжке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее важной составляющей спортивного результата при выполнении прыжка на лыжах с трамплина является фаза отталкивания, или, как еще ее называют, фаза взлета, которая длится не более 0,3 с. Это фаза представляет собой очень сложное спортивное движение, когда отталкивание выполняется в условиях набегающего потока воздуха со скоростью более 20 м/с со скользкой поверхности, имеющей к тому же отрицательный наклон (-11°), в тяжелом спортивном снаряжении (лыжи, ботинки, шлем). Лыжные ботинки во время отталкивания не позволяют производить движение в голеностопном суставе. Выпрыгивание производится из позы полуприседа, наиболее эффективной с точки зрения аэродинамики для уменьшения сопротивления воздуха в фазе разгона. Во время отталкивания спортсмен должен создать направленный вперед крутящий момент, чтобы компенсировать силу сопротивления воздуха от набегающего потока. Для этого он смещает вперед центр масс тела относительно точки опоры примерно на 20 см.

В связи с этими особенностями соревновательного упражнения техника прыжка на лыжах с трамплина существенно отличается от техники имитационных прыжков, выполняемых в спортивном зале в процессе тренировки. Максимальная вертикальная скорость, достигаемая в отталкивании в реальных условиях соревнований, ниже, чем при выполнении имитационных упражнений. Скорость нарастания силы реакции опоры, напротив, в реальных условиях прыжка на лыжах с трамплина выше таковой в имитационных упражнениях. Спортсмен при выполнении отталкивания при прыжке на лыжах с трамплина ориентируется на силу давления воздуха на его тело. Эти биомеханические особенности выполнения прыжка на лыжах с трамплина накладывают ограничения на содержание специальной физической и технической подготовки спортсменов.

В подготовительном периоде спортсмены в большей степени используют средства общей физической подготовки, при этом мышечная масса и сила мышц нижних конечностей обычно растут. По мере приближения соревновательного периода объем общей физической подготовки снижается, в то же время увеличивается объем специальной физической подготовки, направленной на повышение мощности выпрыгивания из полуприседа, а также на увеличение высоты прыжка.

Основным средством специальной физической и технической подготовки в предсоревновательном и соревновательном периодах являются имитационные прыжки, выполняемые с движущейся тележки в лыжных ботинках на руки тренера. Во время выполнения имитационных прыжков тренер должен обращать внимание на величины углов, характеризующие положение тела и суставов при выпрыгивании, а также на наличие вальгусной/варусной деформации коленных суставов.

В качестве одного из перспективных методов силовой подготовки высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина рассматривается метод постактивационного стимулирования (МПАС), предоставляющий возможность, благодаря предварительно созданному повышенному возбуждению в ЦНС и мышечном аппарате, проявить повышенную мощность рабочих усилий в специализированных движениях с реактивно-баллистическим типом напряжения.

Зарубежная модель применения метода постактивационного стимулирования в силовой подготовке высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина предусматривает выпрыгивание на максимальную высоту из положения полуприседа, выполняемого через 3 мин после приседания со штангой с весом, составляющим 80% от 1ПМ.

В тренировочном процессе российских прыгуний на лыжах с трамплина метод постактивационного стимулирования применяется в трех вариантах: как метод, направленный на совершенствование техники отталкивания от стола отрыва (вариант «Техника»); как метод, направленный на повышение

мощности мышц-разгибателей коленного сустава (вариант «Мощность»); как метод совершенствования способности спортсмена концентрировать усилия в форме динамического акцента на определенном участке рабочей амплитуды в фазе отталкивания на столе отрыва (вариант «Биодинамика»).

Каждый из перечисленных вариантов оказывает различное влияние на проявление максимальной силы, мощности, скорости в специфических движениях, обладает разной силой стимулирующего воздействия на технику и дальность прыжка с трамплинов различной мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние метода постактивационного стимулирования на результативность выполнения высококвалифицированными спортсменками прыжков на лыжах с трамплинов различной мощности / А.С. Крючков, И.А. Аввакумова Т.В. Фендель, Д.А. Зубков // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 2. – С. 3–5. – ISSN 0040-3601.
2. Метод постактивационного стимулирования в спортивной подготовке высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина / И.А. Аввакумова, Т.В. Фендель, А.С. Крючков, М.В. Баринов. – DOI 10.36028/2308-8826-2023-11-2-45-53 // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11. – № 2. – С. 45–53.
3. Методы силовой подготовки высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина / А.С. Крючков, Т.В. Фендель, И.А. Аввакумова [и др.]. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2023.04 // Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 4(218). – С. 192–198.
4. Применение метода постактивационного стимулирования в силовой подготовке высококвалифицированных прыгунов на лыжах с трамплина / И.А. Аввакумова, Т.В. Фендель, А.С. Крючков, М.В. Баринов. – DOI 10.36028/2308-8826-2023-11-2-54-62 // Наука и спорт: современные тенденции. – 2023. – Т. 11. – № 2. – С. 54–62.
5. A comparison between back squat exercise and vertical jump kinematics: Implications for determining anterior cruciate ligament injury risk / B.J. Wallace, T.W. Kernozek, R.P. Mikat [et al.] // J Strength Cond Res. – 2008. – № 22(4). – P. 1249–1258.
6. A comparison of the take-off and the transition phase of the ski jumping between the group of the ski jumpers and the competitors in Nordic combined / M. Janura, M. Lehnert, M. Elfmark, F. Vaverka // Acta Gymnica. – 1999. – № 29. – P. 7–13.

7. A comparison of the take-off measured under laboratory and jumping-hill conditions / F. Vaverka, M. Janura, J. Salinger, J. Brichta // *J Biomechanics*. – 1994. – № 27(6). – P. 694.
8. Abelbeck, K.G. Biomechanical model and evaluation of a linear motion squat type exercise / K.G. Abelbeck // *J Strength Cond.* – 2002. – № 16(4). – P. 516–524.
9. Analysis of the beginning of the early flight phase of the ski jump in athletes with different performance levels / E. Janurová, M. Elfmark, Z. Svoboda [et al.] // *Acta Gymnica*. – 2011. – № 41(3). – P. 7–13.
10. Aspects of technique-specific strength training in ski-jumping / H. Schwameder, E. Müller, C. Raschner, F. Brunner // *Scient and Skiing: E & FN Spon*, 1997. – P. 309–319.
11. Bachmann, C. Measurement systems, measurements methods and examples for the instrumented gait analysis / C. Bachmann, H. Gerber, A. Stacoff // *Schweizerische Z für Sportmedizin Sporttraumatologie*. – 2008. – № 56. – P. 29–34.
12. Baker, D. Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training / D. Baker // *J Strength Cond Res*. – 2003. – № 17. – P. 493–497.
13. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study / T.E. Hewett, G.D. Myer, K.R. Ford [et al.] // *Am J Sports Med*. – 2005. – № 33. – P. 492–501.
14. Blackwood, B. Drop jumps / B. Blackwood, J.F. Graham // *Strength Cond J*. – 2005. – № 27. – P. 57–59.
15. Bland, J. Statistical method for assessing agreement between two methods of clinical measurement / J. Bland, D. Altman // *Lancet*. – 1986. – № 1(8476). – P. 307–310.
16. Bobbert, M.F. Drop jumping as a training method for jumping ability / M.F. Bobbert // *Sports Med*. – 1990. – № 9. – P. 7–22.

17. Bobbert, M.F. Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping / M.F. Bobbert, P.A. Huijing, G.J. Schenau // *Med Sci Sports Exerc.* – 1987. – № 19. – P. 332–338.
18. Brandenburg, J.P. The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different loads on subsequent upper-body explosive performance in resistance-trained men / J.P. Brandenburg // *J Strength Cond Res.* – 2005. – № 19. – P. 427–432.
19. Brown, L.E. ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power / L.E. Brown, J. Weir // *Journal of Exercise Physiology Online.* – 2001. – № 4(3). – P. 1–21.
20. Characteristics of the early flight phase in the Olympic ski jumping competition / M. Virmavirta, J. Isolehto, P. Komi [et al.] // *J Biomech.* – 2005. – № 38. – P. 2157–2163.
21. Comparison of the angles and corresponding moments in the knee and hip during restricted and unrestricted squats / S. Lorenzetti, T. Gülay, M. Stoop [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2012. – № 26(10). – P. 2829–2836.
22. Conditioning exercises in ski jumping: biomechanical relationship of squat jumps, imitation jumps, and hill jumps / S. Lorenzetti, F. Ammann, S. Windmüller [et al.] // *Sport Biomech.* – 2019. – № 18(1). – P. 63–74. – ISSN 1476-3141.
23. Determination of functional strength imbalance of the lower extremities / R.U. Newton, A. Gerber, S. Nimphius [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2006. – № 20. – P. 971–977.
24. Dickwach, H. New possibilities for the analysis and correction of technique in ski jumping due the coupling of visual information and force data / H. Dickwach, K. Wagner // *Leistungssport.* – 2004. – № 1. – P. 12–16.
25. Docherty, D. The application of postactivation potentiation to elite sport / D. Docherty, M.J. Hodgson // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2007. – № 2. – P. 439.

26. Duss, R. The percentage of the concentric maximal force within the isometric maximal force / R. Duss, N. Hobi // *Biology*. – Zurich, Switzerland: ETH Zurich, 2003.
27. Dzelalija, M. Relationship between jump length and the position angle in ski jumping / M. Dzelalija, N. Rausavljevic, B. Jost // *Kinesiologia Slovenica*. – 2003. – № 9. – P. 70–79.
28. Effect of cluster set configurations on mechanical variables during the deadlift exercise / G.L. Moir, B.W. Graham, S.E. Davis [et al.] // *J Hum Kinet*. – 2013. – № 39. – P. 15–23.
29. Effect of heavy strength training on muscle thickness, strength, jump performance, and endurance performance in well-trained Nordic Combined athletes / B.R. Rønnestad, Ø. Kojedal, T. Losnegard [et al.] // *Eur J Appl Physiol*. – 2012. – Vol. 112. – P. 2341–2352.
30. Elfmark, O. Aerodynamic investigation of the inrun position in Ski jumping / O. Elfmark, G. Ettema. – DOI: 10.1080/14763141.2020.1871503 // *Sports Biomech*. – 2021 – № 23(4). – P. 1–15.
31. Escamilla, R.F. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise / R.F. Escamilla // *Med Sci Sports Exerc*. – 2001. – № 33. – P. 127–141.
32. Esformes, J.I. Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation / J.I. Esformes, T.M. Bampouras. – DOI: 10.1519/JSC.0b013e31828d4465 // *J Strength Cond Res*. – 2013. – № 27(11). – P. 2997–3000.
33. Evaluation of Explosive Power Performance in Ski Jumpers and Nordic Combined Competitive Athletes: A 19-Year Study / M. Janura, L. Cabell, Z. Svoboda, M. Elfmark. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000001046 // *J Strength Cond Res*. – 2016. – № 30(1). – P. 71–80.
34. Evetovich, T.K. Postactivation potentiation enhances upper and lower-body athletic performance in collegiate male and female athletes / T.K. Evetovich, D.S. Conley, P.F. McCawley // *J Strength Cond Res*. – 2015. – № 29. – P. 336–342.

35. Farup, J. Postactivation potentiation: upper body force development changes after maximal force intervention / J. Farup, H. Sorensen // *J Strength Cond Res.* – 2010. – № 24. – P. 1874–1879.
36. FIS. Rules for the FIS Alpine Points. – Oberhofen, Thunersee, Switzerland: International Ski Federation, 2014/2015. – 80 p.
37. FIS. The International ski competition rules (ICR). Book III Ski jumping, approved by the 50th International Ski Congress, Cancun, Mexico. – Oberhofen / Thunersee, Switzerland: FIS, 2016.
38. Fleck, S.J. Designing Resistance Training Programs / S.J. Fleck, W. Kraemer. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2014. – 520 p. – ISBN 9781492578796.
39. Fry, A.C. Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat / A.C. Fry, J.C. Smith, B.K. Schilling // *J Strength Cond Res.* – 2003. – № 17. – P. 629–633.
40. Haff, G.G. Training principles for power / G.G. Haff, S. Nimphius // *Strength Cond J.* – 2012. – № 34. – P. 2–12.
41. Herrington, L. Drop jump landing knee valgus angle; normative data in a physically active population / L. Herrington, A. Munro // *Phys Ther Sport.* – 2010. – № 11. – P. 56–59.
42. High-speed video image analysis of ski jumping flight posture / M. Murakami, M. Iwase, K. Seo [et al.] // *Sport Eng.* – 2014. – № 17(4). – P. 217–225.
43. Hirayama, K. Acute effects of an ascending intensity squat protocol on vertical jump performance / K. Hirayama // *J Strength Cond Res.* – 2014. – № 28. – P. 1284–1288.
44. How do elite ski jumpers handle the dynamic conditions in imitation jumps? / G.J. Ettema, J. Hooiveld, S. Braaten, M.F. Bobbert // *J Sports Sci.* – 2016. – № 34(11). – P. 1081–1087.
45. How do world-class nordic combined athletes differ from specialized cross-country skiers and ski jumpers in sportspecific capacity and training

characteristics? / Ø. Sandbakk, V. Rasdal, S. Bråten [et al.] // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2016. – № 11(7). – P. 899–906.

46. Hrysomallis, C. Effect of heavy dynamic resistive exercise on acute upper-body power / C. Hrysomallis, D. Kidgell // *J Strength Cond Res.* – 2001. – № 15. – P. 426–430.

47. Imitation jumps in ski jumping: Technical execution and relationship to performance level / G. Ettema, S. Braaten, J. Danielsen, B.E. Fjeld. – DOI: 10.1080/02640414.2020.1776913 // *J Sports Sci.* – 2020. – № 38(18). – P. 2155–2160.

48. Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance / A. Fukutani, S. Takei, K. Hirata [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2014. – № 28. – P. 2236–2243.

49. Injuries in elite women's ski jumping: a cohort study following three International Ski Federation (FIS) World Cup seasons from 2017-2018 to 2019-2020 / O.M. R. Stenseth, S.F. Barli, R.K. Martin, L. Engebretsen // *Br J Sports Med.* – 2022. – № 56(1). – P. 35–40.

50. Jandacka, D. A regression model to determine load for maximum power output / D. Jandacka, F. Vaverka // *Sports Biomech.* – 2008. – № 7. – P. 361–371.

51. Jandačka, D. Determination of strength exercise intensities based on the load-power-velocity relationship / D. Jandačka, P. Beremlijski // *J Hum Kinet.* – 2011. – № 28. – P. 33–44.

52. Joint power production in take-off action during ski-jumping / T. Sasaki, K. Tsunoda, E. Uchida [et al.] // *Science and Skiing: E & FN Spon*, 1997. – P. 49–60.

53. Jost, B. Analysis of correlation between selected kinematic variables of the take-off and the length of the ski-jump / B. Jost, M. Coh, P. Janez // 18 International Symposium on Biomechanics in Sports. June 25–30, 2000. – Hong Kong, China, 2000. – P. 256–259.

54. Jost, B. Kinematic characteristics of ski jumping on a ski jump with different critical points / B. Jost, F. Wawerka, M. Janura. // 12th International Symposium on Biomechanics in Sport. July 2–6, 1994. – Budapest-Siófok, Hungary, 1994. – P. 296–298.
55. Ketterer, J. Biomechanical agreement between different imitation jumps and hill jumps in ski jumping / J. Ketterer, A. Gollhofer, B. Lauber. – DOI: 10.1111/sms.13834 // Scand J Med Sci Sports. – 2021. – № 31(1). – P. 115–123.
56. Kinematic analysis of the take-off and start of the early flight phase on a large hill (HS-134 m) during the 2009 Nordic world ski championships / M. Janura, L. Cabell, Z. Svoboda [et al.] // J Hum Kinet. – 2011. – № 27. – P. 5–16.
57. Kinematics and kinetics of squats, drop jumps and imitation jumps of ski jumpers / C.A. Pauli, M. Keller, F. Ammann [et al.] // J Strength Cond Res. – 2016. – № 30(3). – P. 643–652.
58. Kinematics of the trunk and the lower extremities during restricted and unrestricted squats / R. List, T. Gülay, M. Stoop, S. Lorenzetti // J Strength Cond Res. – 2013. – № 27(6). – P. 1529–1538.
59. Klauck, J. Ski jumping / J. Klauck // Biomechanics of Sports. – Hamburg, Germany: Rowohlt, 1989. – P. 363–376.
60. Komi, P.V. Determinants of successful ski-jumping performance / P. V. Komi, M. Virmavirta // Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention. – 2008. – P. 349–362.
61. Lightsey, P.A. A formula for measurement of leg power in the vertical jump / P.A. Lightsey // Proceedings of 3rd international symposium on biomechanics in sports (ISBS). – Greeley, CO: University of Northern Colorado, 1985. – P. 372–375.
62. Mahnke, R. Results of technical and performance analysis in ski jumping during the Nordic Ski World Championship 1997 in Trondheim / R. Mahnke, H. Mross // Z für Angew Trainingswissenschaft. – 1997. – № 4. – P. 42–69.

63. Mahnke, R. Tendencies in development in ski jumping within the Olympic circus / R. Mahnke, H. Mross, S. Müller // *Z für Angew Trainingswissenschaft*. – 2002. – № 9. – P. 58–77.
64. Matthews, M. The acute effects of heavy and light resistances on the flight time of a basketball push-pass during upper body complex training / M. Matthews, C. O'Conchuir, P. Comfort // *J Strength Cond Res*. – 2009. – № 23. – P. 1988–1995.
65. Mülle, R. *Fitness-centers: injury and complaints during training* / R. Müller. – Bern, Switzerland: BFU, 1999.
66. Müller, W. *Performance factors in ski jumping* / W. Müller // *Sport Aerodynamics*. – Vienna, Austria: Springer, 2008. – P. 139–160.
67. Müller, W. Determinants of ski-jump performance and implications for health, safety and fairness / W. Müller // *Sports Med*. – 2009. – № 39. – P. 85–106.
68. Noyes, F.R. The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes / F.R. Noyes // *Am J Sports Med*. – 2005. – № 33. – P. 197–207.
69. Optimizing half squat postactivation potential load in squat jump training for eliciting relative maximal power in ski jumpers / A. Gołaś, M. Wilk, P. Stastny [et al.]. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000001917 // *J Strength Cond Res*. – 2017. – № 31(11). – P. 3010–3017.
70. Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports / A. Gołaś, A. Maszczyk, A. Zajac [et al.]. – DOI: 10.1515/hukin-2015-0197 // *J Hum Kinet*. – 2016. – № 52. – P. 95–106.
71. Ostachowska-Gąsior, A. Segmental phase angle and body composition fluctuation of elite ski jumpers between summer and winter FIS competitions / A. Ostachowska-Gąsior, M. Piwowar, J. Zając. – DOI: 10.3390/ijerph18094741 // *Int J Environ Res Public Health*. – 2021. – № 18(9).

72. Paasuke, M. Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes / M. Paasuke, J. Ereline, H. Gapeyeva // *J Sports Med Phys Fitness*. – 2001. – № 41. – P. 354.
73. Palazzi, D. Accuracy and precision of the kinetic analysis of drop jump performance / D. Palazzi, B. Williams // 30th annual conference of biomechanics in Sports. Melbourne, Australia, July 2–6, 2012. – Melbourne, Australia, 2012. – P. 269–272.
74. Postactivation potentiation: effect of various recovery intervals on bench press power performance / S.L. Ferreira, V.L. Panissa, B. Miarka, E. Franchini // *J Strength Cond Res*. – 2012. – № 26. – P. 739–744.
75. Rønnestad, B.R. Seasonal changes in leg strength and vertical jump ability in internationally competing ski jumpers / B.R. Rønnestad // *Eur J Appl Physiol*. – 2013. – Vol. 113. – P. 1833–1838.
76. Saeterbakken, A.H. Electromyographic activity and 6RM strength in bench press on stable and unstable surfaces / A.H. Saeterbakken, M.S. Fimland // *J Strength Cond Res*. – 2013. – № 27. – P. 1101–1107.
77. Salamon, J. A comparative analysis of men's team and individual large hill (K-125) ski jumping competitions at the 2014 winter Olympic Games in Sochi / J. Salamon // *Trends Sport Sci*. – 2014. – № 21. – P. 229–232.
78. Sale, D.G. Postactivation potentiation: role in human performance / D.G. Sale // *Exerc Sport Sci Rev*. – 2002. – № 30. – P. 138–143.
79. Sasaki, T. Kinetic analysis of ski jumping in the period of transition area. / T. Sasaki, K. Tsunoda, T. Koike // *Science and Skiing*. – Aachen, Germany: Meyer & Meyer Verlag, 2005. – P. 367–380.
80. Schwameder, H. Biomechanical basics and aspects to specific conceptions for training in ski jumping / H. Schwameder, E. Müller // *Skilauf und Wissenschaft*. – Salzburg, Austria: Österreichischer Skiverband, 2000. – P. 65–91.
81. Schwameder, H. Biomechanics research in ski jumping – 1991–2006 / H. Schwameder // *Sport Biomech*. – 2008. – № 7(1). – P. 114–136.

82. Seitz, L.B. Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: a systematic review with meta-analysis / L.B. Seitz, G.G. Haff // *Sports Med.* – 2016. – 46(2). – P. 231–240.
83. Smith, C.E. A pilot study involving the effect of two different complex training protocols on lower body power / C.E. Smith, B. Lyons, J.C. Hannon // *Human Movement.* – 2014. – № 15(3). – P. 141–146.
84. Stefani, R.T. Survey of the major world sports rating systems / R.T. Stefani // *Applied Statistics.* – 1997. – № 6. – P. 635–646.
85. Strengthening the gluteus medius using various bodyweight and resistance exercises / P. Stastny, J.J. Tufano, A. Golas, M. Petr // *Strength Cond J.* – 2016. – № 38(3). – P. 91–101.
86. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players / U. Wisløff, C. Castagna, J. Helgerud [et al.] // *Br J Sports Med.* – 2004. – № 38(3). – P. 285–288.
87. Swiss Ski. Determination of the Swiss-ski points in ski jumping. –Muri bei Bern, Switzerland: Swiss Ski, 2012.
88. Take-off analysis of the Olympic ski jumping competition (HS-106m) / M. Virmavirta, J. Isolehto, P. Komi [et al.] // *Journal of Biomechanics.* – 2009. – № 42(8). – P. 1095–1101.
89. Techniques used by Olympic ski jumpers in the transition from takeoff to early flight / A. Arndt, G.P. Bruggemann, M. Virmavirta, P. Komi // *J Appl Biomech.* – 1995. – № 11(2). – P. 224–237.
90. The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation / D.A. Boullosa, L. Abreu, L.G. Beltrame, D.G. Behm // *J Strength Cond Res.* – 2013. – № 27. – P. 2059–2066.
91. The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force / M. Walsh, A. Arampatzis, F. Schade, G.P. Brüggemann // *Journal of Strength and Conditioning Research.* – 2004. – № 18(3). – P. 561–566.

92. The effect of heavy-vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed / J. McBride, T. Triplett-McBride, A. Davie, R. Newton // *J Strength Cond Res.* – 2002. – № 16. – P. 75–82.
93. Tillin, N.A. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities / N.A. Tillin, D.J. Bishop // *Sports Medicine.* – 2009. – № 39(2). – P. 147–166.
94. Tufano, J.J. Theoretical and practical aspects of different cluster set structures: A systematic review / J.J. Tufano, L.E. Brown, G.G. Haff // *J Strength Cond Res.* – 2017. – 31(3). – P. 848–867.
95. Viitasalo, J.T. Neuromuscular functioning of athletes and non-athletes in the drop jump / J.T. Viitasalo, A. Salo, J. Lahtinen // *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* – 1998. – № 78(5). – P. 432–440.
96. Virmavirta, M. Is it still important to be light in ski jumping? / M. Virmavirta, J. Kivekäs // *Sports Biomech.* – 2021. – № 20(4). – P. 407–418.
97. Virmavirta, M. Kinetics and muscular function in ski jumping: neuromuscular aspects of sport performance / M. Virmavirta, P.V. Komi. – Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2010. – P. 91–102.
98. Virmavirta, M. Measurement of take-off forces in ski jumping. Part II / M. Virmavirta, P.V. Komi // *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.* – 2007. – № 3(4). – P. 229–236.
99. Virmavirta, M. Plantar pressure and EMG activity of simulated and actual ski jumping take-off / M. Virmavirta, P.V. Komi // *Scand J Med Sci Sports.* – 2001. – № 11(5). – P. 310–314.
100. Virmavirta, M. Ski jumping boots limit effective take-off in ski jumping / M. Virmavirta, P.V. Komi // *J Sports Sci.* – 2001. – № 19 (12). – P. 961–968.
101. Virmavirta, M. Ski jumping: aerodynamics and kinematics of take-off and flight / M. Virmavirta // *Handbook of human motion.* – Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2017. – P. 1–21.

102. Virmavirta, M. Take-off aerodynamics in ski jumping / M. Virmavirta, J. Kivekäs, P.V. Komi // J Biomech. – 2001. – № 34(4). – P. 465–470.
103. Virmavirta, M. The takeoff forces in ski jumping / M. Virmavirta, P.V. Komi // International journal of sport biomechanics. – 1989. – № 5. – P. 248–257.
104. Vodigar, J. The factor structure of chosen kinematic characteristics of take-off in ski jumping / J. Vodigar, B. Jost // Journal of Human Kinetics. – 2010. – № 23(1). – P. 37–45.
105. Weineck, J. Optimal Training: performance and physiology in exercise theory including training of kids and teenagers / J. Weineck. – Balingen, Germany: Spitta Verlag GmbH & Co., 2007.
106. Wilmore, J.H. Physiology of Sport and Exercise / J.H. Wilmore, D.L. Costill, W.L. Kenney. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2008. – 574 p.
107. Young, W.B. Acute enhancement of power performance from heavy load squats / W.B. Young, A. Jenner, K. Griffiths // Journal of Strength and Conditioning Research. – 1998. – № 12(2). – P. 82–84.
108. Zatsiorsky, M. Science and Practice of Strength Training / M. Zatsiorsky, J. Kraemer. – Champaign IL: Human Kinetics, 2006.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»
(ФГБУ ФНЦ ВНИИФК)

**АСПЕКТЫ СИЛОВОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРЫГУНОВ НА ЛЫЖАХ С ТРАМПЛИНА МИРОВОГО КЛАССА
(по материалам зарубежной и отечественной печати)**

*Информационно-методические материалы
для специалистов и тренеров*

Редактор: Т.А. Гетьманова

Текстовое электронное издание

Издатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Федеральный научный центр физической культуры и спорта»

Адрес издателя: Москва, Елизаветинский пер., д. 10, стр. 1
Тел.: 8 (499) 265 44 32
Эл. почта: info@vniifk.ru

Подписано к использованию: 00.00.2024

Объем издания: Мб

Тираж: ___ экз.