

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»
(ФГБУ ФНЦ ВНИИФК)
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«ФЕДЕРАЦИЯ ВЕЛОСИПЕДНОГО СПОРТА РОССИИ»
(ФВСР)

МЕТОДИКА СПЕЦИАЛЬНОЙ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ВЕЛОСИПЕДИСТОВ (МАУНТИНБАЙК)

Учебно-методическое пособие

Москва
2022

УДК 796.61
ББК 75.721.7
К325

**К325 Методика специальной силовой подготовки
велосипедистов (маунтинбайк): учеб.-метод. пособие /**
П.В. Квашук, А.В. Воронов, Г.Н. Семаева [и др.]; ФГБУ ФНЦ
ВНИИФК; ФВСР. – М., 2022. – 80 с.

ISBN 978-5-94634-073-1

Учебно-методическое пособие подготовлено по результатам научно-исследовательской деятельности ФГБУ ФНЦ ВНИИФК в рамках государственного задания.

В методике рассматриваются вопросы специальной силовой подготовки велосипедистов (маунтинбайк).

Издание может представлять интерес для тренеров, спортсменов и специалистов, слушателей факультетов повышения квалификации, аспирантов.

УДК 796.61
ББК 75.721.7

ISBN 978-5-94634-073-1

© ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, 2022
© ФВСР, 2022

Авторы

Квашук Павел Валентинович – ведущий научный сотрудник Лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, д-р пед. наук, профессор.

Воронов Андрей Владимирович – ведущий научный сотрудник Лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, д-р биол. наук.

Малкин Роман Викторович – научный сотрудник Лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК.

Семаева Галина Николаевна – старший научный сотрудник Лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. биол. наук.

Крутилин Николай Васильевич – главный тренер сборной команды России по маунтинбайку.

Филатов Сергей Владимирович – старший тренер сборной команды России по маунтинбайку.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
Раздел 1. ОСОБЕННОСТИ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЕЛОСИПЕДИСТОВ МТБ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ	8
Раздел 2. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА ВЕЛОСИПЕДИСТОВ МТБ В ПРОЦЕССЕ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ И ТРЕНИРОВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	13
2.1. Исследование электромиографических характеристик мышц и метаболических реакций велосипедистов МТБ высокой квалификации в разных режимах интенсивности	13
2.2. Электромиографические исследования основных мышечных групп велосипедистов МТБ, обеспечивающих увеличение скорости в процессе соревновательной деятельности	20
2.2.1. Особенности ЭМГ мышц при преодолении подъемов	24
2.2.2. Последовательность включения мышечных групп при преодолении подъемов	28
2.2.3. Индивидуальные особенности реализации силового потенциала велосипедистов МТБ	34
2.2.4. Влияние низкочастотной вибрации на мышцы верхних конечностей при спуске с горы	39
2.3. Выявление специальных силовых упражнений, направленных на оптимизацию биодинамической структуры мышечного сокращения велосипедистов МТБ	43
2.3.1. Биомеханический анализ упражнений первой группы	44
2.3.2. Биомеханический анализ упражнений второй группы	49

2.3.3. Биомеханический анализ упражнений третьей группы	54
Раздел 3. МЕТОДИКА СПЕЦИАЛЬНОЙ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ВЕЛОСИПЕДИСТОВ МТБ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ	58
3.1. Классификация тренировочных нагрузок, направленных на развитие специальных силовых качеств велосипедистов МТБ	59
3.2. Методика применения средств специальной силовой подготовки велосипедистов МТБ	62
3.3. Экспериментальное обоснование эффективности специальной силовой подготовки на специально-подготовительном этапе годичного цикла тренировки велосипедистов МТБ высокой квалификации	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	77

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

МТБ	– маунтинбайк – кросс-кантри
ЧСС	– частота сердечных сокращений, уд./мин
АэП	– аэробный порог
АнП	– анаэробный порог
LV1	– вентиляционный порог
LV2	– порог респираторной компенсации метаболического ацидоза
r	– коэффициент корреляции
R	– правая конечность
R ²	– коэффициент детерминации
t	– время, с
δ	– стандартное отклонение
$\bar{X}$	– среднее значение признака
V	– скорость, м/с
VE	– минутный объем дыхания, л/мин
VCO ₂	– скорость выделения углекислого газа, мл/мин
VO ₂	– скорость потребления кислорода, мл/мин
O ₂ пульс	– кислородный пульс, мл/уд./мин
Акселерометр	– механико-электронное устройство, предназначенное для регистрации ускорений
ПАНО	– порог анаэробного обмена
СглЭМГ _i	– сглаженная электромиограмма, мкВ
ЭМГ	– электромиограмма, мкВ

ВВЕДЕНИЕ

Маунтинбайк (МТБ – кросс-кантри) – один из наиболее популярных видов велосипедного спорта – получил дополнительный импульс развития после включения в программу Олимпийских игр 1996 г. в Атланте.

Продолжительность гонки достигает от 1,5 до 2 ч, что ассоциируется с видами велоспорта с ярко выраженным проявлением выносливости. Вместе с тем соревновательная деятельность в МТБ имеет существенные отличия от шоссейных и трековых велогонок прежде всего потому, что проходит в условиях бездорожья, сложного микрорельефа (неровная поверхность, препятствия, трамплины) на сильно пересеченной местности (на официальных трассах UCI общий набор высоты составляет около 1500 м). Это значительно повышает энергозатраты спортсмена для поддержания высокой соревновательной скорости, предъявляет высокие требования к технике прохождения спусков и уровню специальной силовой подготовленности при преодолении подъемов [1, 2].

Для совершенствования методики тренировки велосипедистов МТБ необходима объективная научная информация об особенностях соревновательной деятельности, эффективных средствах и методах специальной физической и технической подготовки, функционировании физиологических систем и механизмов при моделировании разных структурных элементов тренировочного процесса спортсменов.

К сожалению, в настоящее время ощущается острый дефицит таких исследований. К особо актуальным вопросам относятся разные аспекты методики тренировки велосипедистов МТБ высокой квалификации, в частности выбор наиболее эффективных упражнений специальной силовой подготовки с учетом биомеханических особенностей функционирования локомоторного аппарата велосипедистов и режимов их выполнения в процессе тренировочной деятельности.

РАЗДЕЛ 1. ОСОБЕННОСТИ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЕЛОСИПЕДИСТОВ МТБ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Специфические условия передвижения по трассе на соревнованиях по МТБ не позволяют велосипедистам развивать скорость, аналогичную езде по асфальту, что обусловлено приложением больших усилий для преодоления силы тяжести и сопротивления качению. Также в процессе прохождения дистанции постоянно существует потребность в напряжении мышц рук и ног в изометрическом режиме для компенсации ударов и вибраций. Кроме того, низкая средняя скорость (< 20 км/ч), на которой соревнуются гонщики МТБ, не позволяет использовать влияние драфтинга, снижающего сопротивление воздуха и, соответственно, энерготраты при педалировании за спиной другого велосипедиста [3].

Изучая соревновательную деятельность велосипедистов МТБ высокой квалификации, исследователи установили, что в процессе официальных соревнований (время преодоления дистанции – 147 ± 15 мин) средняя ЧСС удерживалась на уровне 88–90% от ЧСС_{max} и соответствовала показателям 84% VO_{2max} спортсменов [1, 4].

В. Stapelfeldt, A. Schwartz, Y.O. Schumacher, M. Hillebrecht [2] с помощью Power-метра исследовали соревновательную деятельность 11 элитных немецких велосипедистов МТБ во время 15 официальных гонок. В этом исследовании было установлено, что средние показатели ЧСС находились на уровне 177 ± 6 уд./мин, 91% от ЧСС_{max} в течение всего времени преодоления дистанции (128 ± 17 мин). Авторы отметили низкую вариабельность ЧСС в процессе гонок.

Вместе с тем наблюдалось существенное рассогласование между показателями ЧСС и мощностью. Так, ЧСС оставалась высокой на протяжении всей гонки, а мощность варьировалась от 0 до 500 Вт соответственно для спусков и подъемов. Средняя мощность 15 стартов составила 246 Вт, что соответствует примерно 67% максимальной мощности (N_{max}), полученной в ступенчатом тесте (против 91% от ЧСС_{max}).

J. Gregory, D.P. Johns, J.T. Walls [5] также подтвердили профиль физиологической активности при моделировании соревновательной деятельности велосипедистов МТБ высокой квалификации. Было показано, что среднее значение мощности (315 Вт) составляет 85,5%

от $N_{\max}$, выявленной в ступенчатом лабораторном тесте. Диапазон колебания показателей мощности имел существенные различия на разных участках трассы: 420 Вт (115% $N_{\max}$) на крутых подъемах и 20 Вт (17% от $N_{\max}$) на спусках. При этом среднее значение ЧСС во время преодоления дистанции составляло 91% от ЧСС $_{\max}$.

Анализ экспериментальных материалов позволяет предположить, что ЧСС не является надежным показателем интенсивности метаболических реакций в процессе соревновательной деятельности велосипедистов МТБ. По-видимому, на этот индикатор интенсивности нагрузки влияют два дополнительных фактора:

- 1) повторяющиеся изометрические сокращения мышц для управления велосипедом на пересеченной местности (в основном верхних конечностей);

- 2) высокий эмоциональный стресс во время преодоления технически сложных спусков.

Специалисты исследовали структуру нагрузки в процессе соревновательной деятельности велосипедистов МТБ высокой квалификации, которая определялась на основании предварительного лабораторного тестирования и последующей регистрации мощности в процессе преодоления соревновательной дистанции с помощью Power-метра SRM (Schberer Rad Messtechnik) (рис. 1).

Нагрузку в соответствии с мощностью работы классифицировали по четырем критериям:

- 1 зона – зона умеренной мощности (аэробная экстенсивная) – АЭП;

- 2 зона – зона большой мощности (аэробная интенсивная) – АЭП – АНП (аэробно-анаэробный переход);

- 3 зона – зона субмаксимальной мощности – АНП – $VO_{2\max}$;

- 4 зона – зона максимальной мощности – $> VO_{2\max}$.

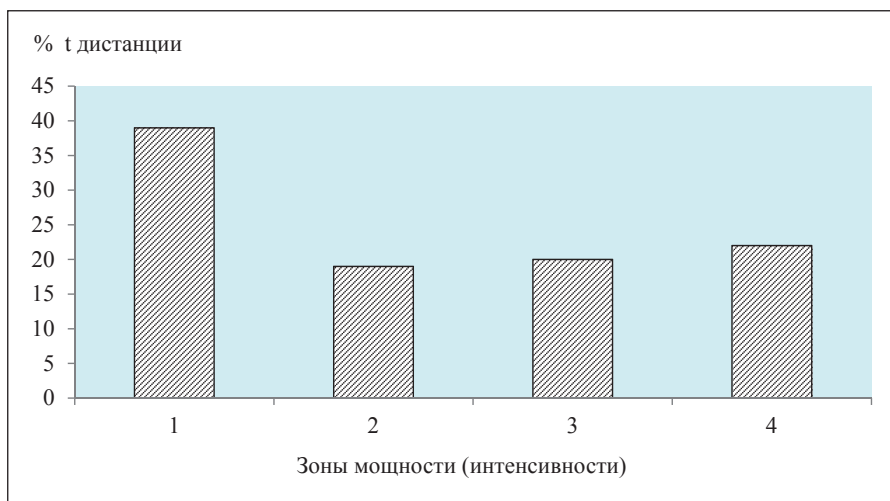


Рисунок 1. Структура нагрузки соревновательного упражнения велосипедистов МТБ высокой квалификации [2]

Анализ данных, представленных на рис. 1, свидетельствует, что велосипедисты МТБ высокой квалификации в процессе соревновательной деятельности около 40% времени (40–50 мин) работают на мощности, превышающей порог анаэробного обмена.

С учетом вышеизложенных материалов можно утверждать, что основным требованием к обеспечению эффективной соревновательной деятельности у велосипедистов МТБ является высокий уровень специальной силовой подготовленности и устойчивости работоспособности в зонах субмаксимальной (критической) и максимальной (надкритической) мощности, т.е. при максимальной реализации возможностей аэробного и лактатного механизмов энергообеспечения.

Особенность соревновательной деятельности велосипедистов МТБ – это достижение максимальной интенсивности на стартовом участке дистанции (ЧСС – 191 ± 6 уд./мин). Очевидно, что такая стратегия связана с попыткой занять лучшую позицию в самом начале гонки. Далее наблюдается прогрессивное снижение средней скорости по мере преодоления соревновательной дистанции, от круга к кругу.

Детерминанты рабочей производительности велосипедистов МТВ

В специально организованном исследовании [6] с участием 12 итальянских маунтинбайкеров высокой квалификации изучалась взаимосвязь между функциональными показателями работоспособности и мощностными характеристиками рабочей производительности.

Были рассмотрены физиологические характеристики, зарегистрированные на уровне вентиляционного порога – LV1 (ПАНО1), и порога респираторной компенсации метаболического ацидоза – LV2 (ПАНО2), а также результаты тестирующей гонки на 33,6 км с суммарным набором высоты 1362 м.

Показано, что всего два показателя коррелировали с результатами тестирующей гонки, а именно VO_2 и мощность, выраженная по отношению к массе тела на уровне LV2 – порога респираторной компенсации метаболического ацидоза (верхняя граница аэробно-анаэробного перехода) ($r = 0,66$ и $0,63$ соответственно).

Таким образом, выявленные относительно низкие значения корреляции между производительностью и физиологическими переменными у элитных велосипедистов МТВ свидетельствуют, что на результаты их соревновательной деятельности могут влиять другие неучтенные факторы, например емкость и мощность анаэробного механизма энергообеспечения, силовые характеристики основных мышечных групп, техника владения велосипедом при передвижении по пересеченной местности и др.

В другом исследовании [4] выявили значимую корреляцию только между максимальной мощностью (N_{max}), соотнесенной с массой тела спортсмена, зарегистрированной в лабораторном ступенчатом тесте, и результативностью на дистанции 32 км в группе из 8 южноафриканских элитных велосипедистов МТВ ($r = 0,83$).

Изучалось [7] влияние антропометрических и метаболических переменных на производительность велосипедистов МТВ в процессе преодоления подъемов. С этой целью регистрировались результаты на каменистом подъеме длиной 1,4 км (средний уклон – 15%). Скорость передвижения на подъеме составила 8,7 км/ч. Значения, полученные в ступенчатом лабораторном тесте (N_{max} и $N_{пано}$), тесте Вингейта, вместе с некоторыми антропометрическими переменными (общая

масса, индекс массы тела, процент жира и безжировой массы тела) коррелировали со временем контрольного прохождения подъема.

Значимая корреляция была выявлена с показателями максимальной мощности ($N_{\max}$) ($r = -0,72$) и мощности на уровне ПАНО ($N_{\text{пано}}$) ($r = -0,87$), соотношенными с массой тела спортсменов. Процент жира в организме исследованных спортсменов (% BF) ($6,9 \pm 3,0\%$; $N = 9$) также имел сильную взаимосвязь ($r = 0,72$) с результатами.

Не было обнаружено значимой корреляции между средней анаэробной мощностью в тесте Вингейта, даже несмотря на достижение высоких конечных значений лактата (среднее значение – 14 ммоль/л), которые характеризовали высокий уровень гликолитического метаболизма.

Таким образом, на основе анализа современных исследований установлено, что уровень специальной работоспособности велосипедистов МТБ высокой квалификации определяется устойчивым функционированием системы обеспечения организма кислородом, компенсации метаболического ацидоза и возможностями реализации силового потенциала нервно-мышечного аппарата гонщиков в зонах субмаксимальной (критической) и максимальной (надкритической) мощности.

В зависимости от продолжительности подъемов, а также от градиента наклона вклад в энергообеспечение работоспособности велосипедистов МТБ аэробного и анаэробного механизмов может изменяться. Однако на длинных подъемах (от 6–8 мин и более) всегда преобладают аэробные метаболические реакции.

РАЗДЕЛ 2. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА ВЕЛОСИПЕДИСТОВ МТБ В ПРОЦЕССЕ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ И ТРЕНИРОВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1. Исследование электромиографических характеристик мышц и метаболических реакций велосипедистов МТБ высокой квалификации в разных режимах интенсивности

В специальном исследовании изучались показатели адаптации нервно-мышечного аппарата, кардиореспираторной системы и особенности метаболических процессов велосипедистов МТБ высокой квалификации при выполнении специальной велонагрузки в разных режимах интенсивности. В эксперименте приняли участие семь велосипедистов МТБ (пять мужчин, две женщины) квалификации МС.

В качестве модельной тестирующей нагрузки применялся стандартный ступенчатый тест, выполненный «до отказа». Исследование проводилось в лабораторных условиях. Тестирующая нагрузка выполнялась на велостанке ELITE (модель REAL-TURBO-MUIN, Италия), время ступени – 2 мин, начальная мощность – 140 Вт + 30 Вт на последующих ступенях. Для исследования внешнего дыхания и газообмена в процессе прохождения теста применялась система кардиореспираторной нагрузочной диагностики MetaLyzer 3В фирмы CORTEX (Германия).

Электромиографическая активность мышц регистрировалась с помощью программно-аппаратного комплекса «СпортЛаб» (Россия), состоящего из 8-канальной телеметрической электромиографии, акселерометра, видеокамеры и устройства синхронизации. В процессе тестирующей нагрузки изучалась электрическая активность следующих мышечных групп: мышцы бедра – *m. vastus lateralis*; *m. rectus femoris*; *m. biceps femoris caput longus*; мышцы голени – *m. tibialis anterior*; *m. soleus*; *m. gastrocnemius medialis*; мышцы спины – *m. erecrtor spinae*; мышцы плеча – *m. triceps brachii*. Все измерения проводились с правой стороны. Регистрировали амплитуду ЭМГ с последующим расчетом средней миостоимости одного оборота педали и миоработы в минуту.

Исследование электромиографических показателей параллельно с функциональными показателями в ступенчатом тесте у велосипедистов МТБ в нашей стране выполнено впервые.

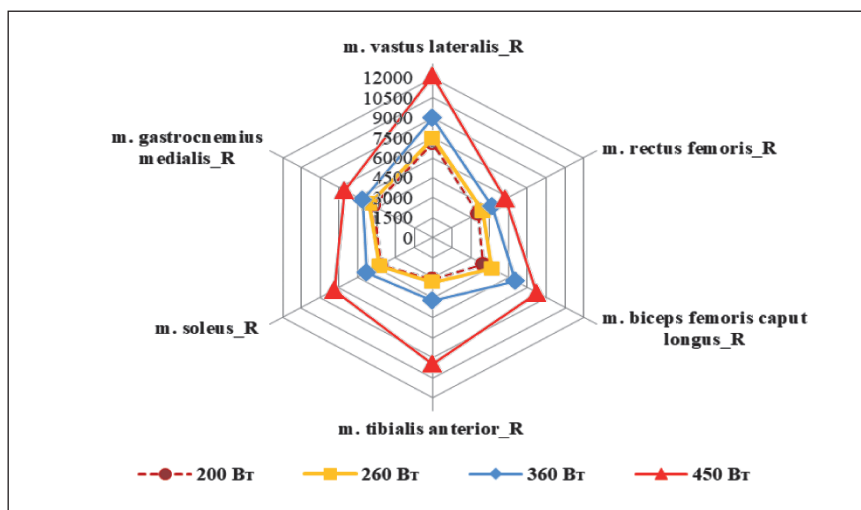
На рис. 2 представлена динамика показателей миоработы (мкВ * мин) при выполнении тестирующей ступенчатой нагрузки велосипедистами МТБ.

Анализ электрической активности (миоработы) разных мышечных групп при выполнении стандартного ступенчатого теста показал, что группами мышц, выполняющими наибольшую работу в процессе педалирования, являются латеральная (боковая) головка четырехглавой мышцы бедра – *m. vastus lateralis*, передняя головка четырехглавой мышцы бедра – *m. rectus femoris*, и двуглавая мышца бедра – *m. biceps femoris caput longus*.

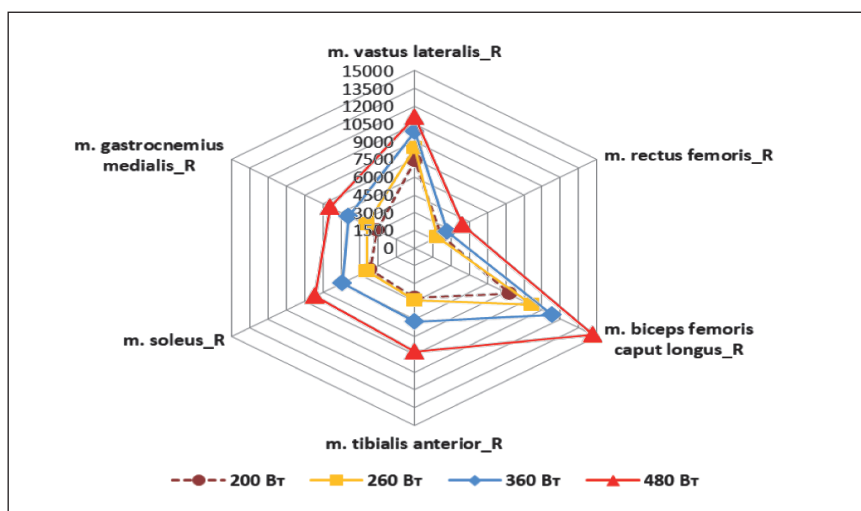
При этом установлено, что адаптация нервно-мышечного аппарата (реализация силового потенциала) к нагрузке сугубо индивидуальна, т.е. топография мышечной силы при выполнении стандартного упражнения у разных спортсменов имеет существенные отличия (по величине миоработы, последовательности ЭМГ активации мышечных групп и, соответственно, развиваемых усилий), что отчетливо видно на рис. 2.

Мышцы голени так же, как и мышцы бедра, принимают активное участие в педалировании, однако их электрическая активность (миоработа) начинает существенно увеличиваться только на высоких режимах интенсивности (мощности). Высокий синергический эффект локомоторного аппарата нижних конечностей проявляется при достижении мощности около 85–90% max, что показано на рис. 3.

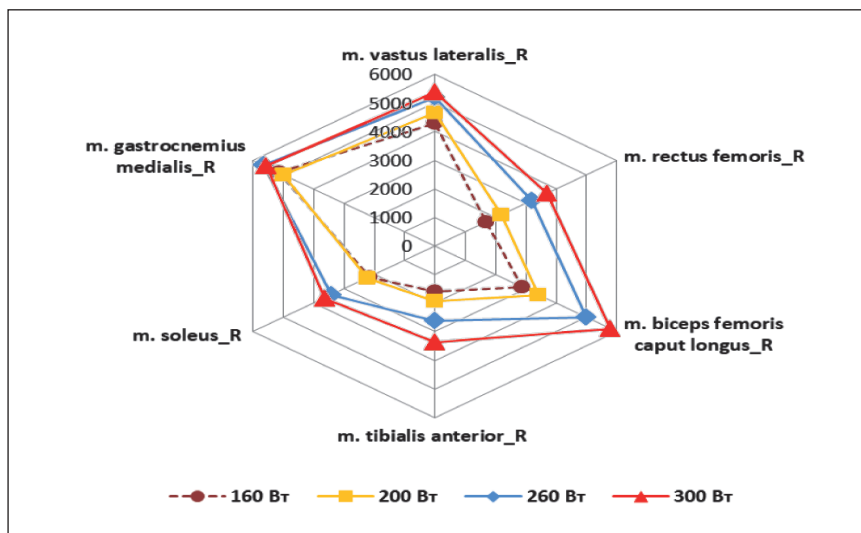
Таким образом, чтобы достичь согласованной работы разных мышечных групп нижних конечностей по реализации их силового потенциала, необходимо увеличивать интенсивность (мощность) выполняемой нагрузки до субмаксимального уровня.



A



B



В

Рисунок 2. Динамика показателей миоработы (мкВ * мин) при выполнении велосипедистами МТБ тестирующей ступенчатой нагрузки (А, Б – мужчины, В – женщины)

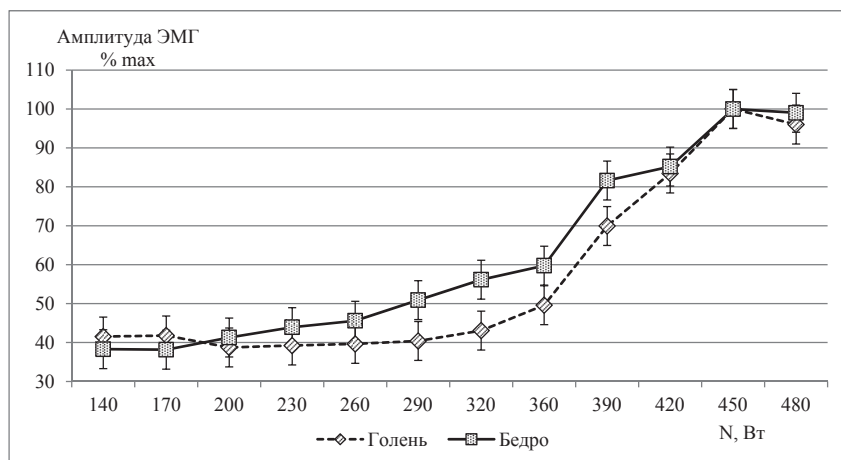


Рисунок 3. Динамика показателей амплитуды ЭМГ мышц голени и бедра при выполнении тестирующей ступенчатой нагрузки велосипедистами МТБ ($M \pm \sigma$)

На рисунках представлена динамика потребления кислорода (рис. 4) и вентиляционного эквивалента по CO_2 (рис. 5) у велосипедистов МТБ при выполнении тестирующей ступенчатой нагрузки. Видно, что при педалировании на мощностях 360–390 Вт темпы прироста скорости потребления кислорода (VO_2) начинают снижаться, а темпы выделения CO_2 существенно увеличиваются, что является критерием нарушения метаболического гомеостаза и перехода из зоны большой физиологической мощности (АнП) в зону субмаксимальной физиологической мощности (зона респираторной компенсации метаболического ацидоза). На уровне мощности 420 Вт скорость потребления кислорода (VO_2) у велосипедистов достигла 90–95% максимальной аэробной производительности ($\text{VO}_{2\text{max}}$), что идентифицируется в спортивной физиологии как зона критической мощности.

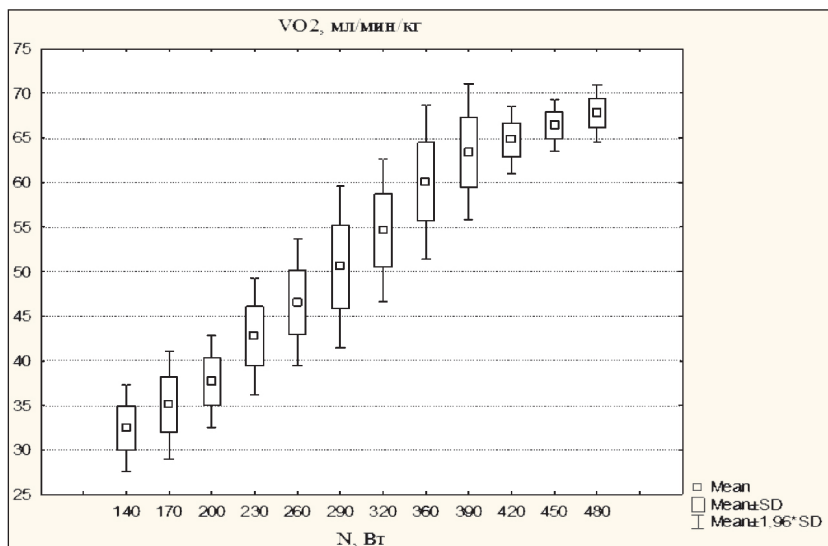


Рисунок 4. Динамика потребления кислорода при выполнении тестирующей ступенчатой нагрузки велосипедистами МТБ

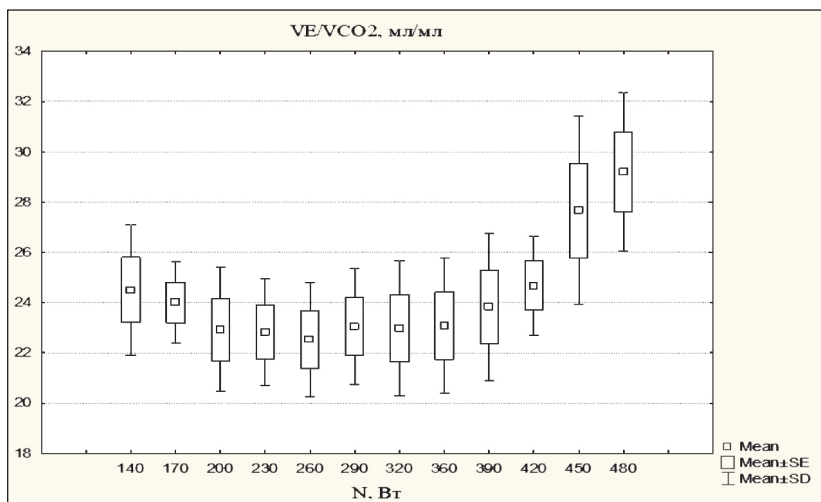


Рисунок 5. Динамика вентиляционного эквивалента по CO₂ при выполнении тестирующей ступенчатой нагрузки велосипедистами МТБ

На рис. 6 представлена динамика миоразоты исследованных мышц бедра и потребления кислорода при выполнении велосипедистами ступенчатой тестирующей нагрузки. Показатели приведены относительно максимальных значений, определенных в тесте.

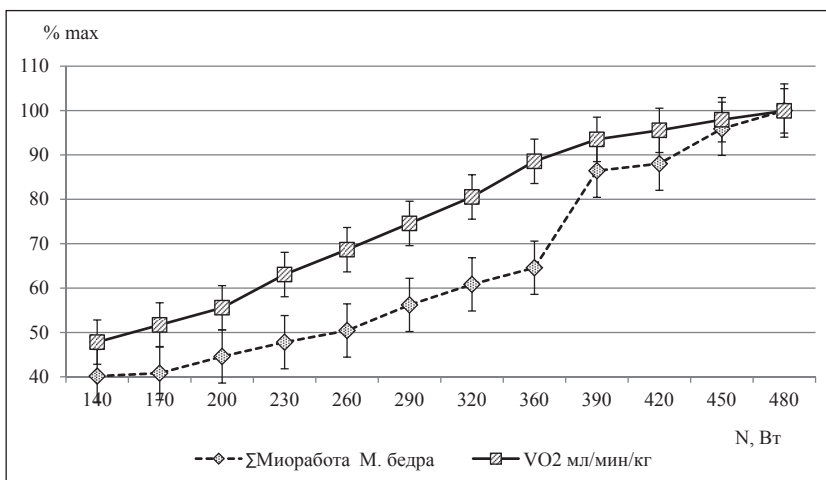


Рисунок 6. Динамика показателей миоразоты исследованных М. бедра и потребления кислорода при выполнении тестирующей ступенчатой нагрузки велосипедистами МТБ

Выявлено, что при достижении велосипедистами величины тестирующей нагрузки, соответствующей зоне критической мощности, резко увеличивается миоработа мышечных групп, несущих основную нагрузку. Очевидно, что именно в этот момент уровень развития специальных силовых качеств является определяющим фактором для поддержания дальнейшей работоспособности велосипедистов.

На рис. 7 отражена взаимосвязь показателей аэробного метаболизма и реализации силовых возможностей мышц велосипедистов МТБ высокой квалификации при выполнении нагрузки разной физиологической мощности.

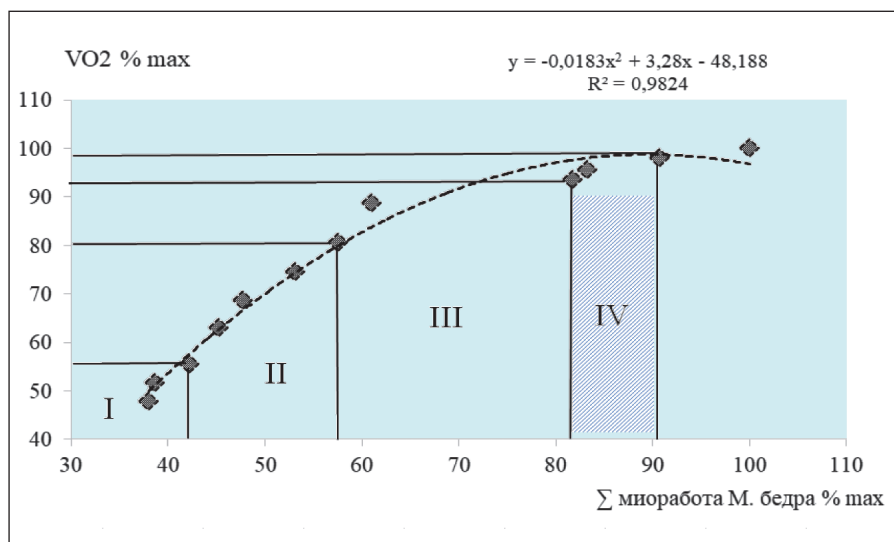


Рисунок 7. Взаимосвязь показателей аэробного метаболизма и реализации силовых возможностей мышц велосипедистов МТБ высокой квалификации при выполнении нагрузки разной интенсивности

Примечание: I – зона умеренной мощности (активное восстановление); II – зона умеренной мощности (развитие аэробной выносливости); III – зона большой мощности (АнП); IV – зона субмаксимальной (критической) мощности (развитие специальной силовой выносливости).

Исследователи считают, что работоспособность в зоне критической мощности обеспечивается за счет дополнительной

активации мышечных волокон типа II-A (FR – Fast Fatigue Resistant), это положительно сказывается на увеличении функциональных возможностей нервно-мышечного аппарата [8, 9, 10]. Вместе с тем данные были получены на спортсменах-любителях с относительно низкими показателями работоспособности, а уровень «критической мощности» по своим рабочим характеристикам совпадал с мощностью верхней границы аэробно-анаэробного перехода (ПАНО2).

В настоящем исследовании особый интерес представляет выявление не самого факта увеличения миоразботы (электрической активности) мышечных групп в зоне субмаксимальной мощности, а градиента этого процесса. Высокая скорость активации мышц свидетельствует о повышении не только внутримышечной координации путем включения в работу дополнительных двигательных единиц разных типов, но и межмышечной координации за счет увеличения согласования работы разных мышечных групп для реализации их силового потенциала.

Приведенные материалы позволяют предположить, что тренировочные упражнения, выполняемые в режиме субмаксимальной (критической) мощности, будут наиболее эффективными для развития специальных силовых качеств (силовой выносливости) велосипедистов МТБ.

2.2. Электромиографические исследования основных мышечных групп велосипедистов МТБ, обеспечивающих увеличение скорости в процессе соревновательной деятельности

В серии экспериментов приняли участие высококвалифицированные велосипедисты МТБ, члены сборной команды России (мужчины и женщины). На участках горной трассы (подъемы, спуски) спортсмены выполняли заезды с разной скоростью (темпом): низкой, соревновательной, максимальной.

В каждой попытке регистрировали поверхностную ЭМГ: на нижних конечностях (бедро) – латеральная (боковая) головка четырехглавой мышцы бедра – *m. vastus lateralis*; передняя головка четырехглавой мышцы бедра – *m. rectus femoris*; двуглавая мышца бедра – *m. biceps femoris caput longus*; (голень) – икроножная мышца –

m. gastrocnemius medialis; на туловище и верхних конечностях – мышца, выпрямляющая позвоночник, – *m. erector spinae*; дельтовидная мышца плеча – *m. deltoideus*; трехглавая мышца плеча – *m. triceps brachii*. Электромиограмма регистрировалась с правой стороны.

При исследовании биомеханических характеристик за начало движения принимали вертикальное положение шатуна, второе положение – горизонтальное положение шатуна (поворот по часовой стрелке на 90° от начального положения), третье положение – вертикальное положение шатуна (поворот на 180°), четвертое положение – горизонтальное положение шатуна (угол 270° по отношению к началу цикла).

На рис. 8 представлен момент регистрации биомеханических характеристик велосипедистов МТБ при движении по горной трассе.

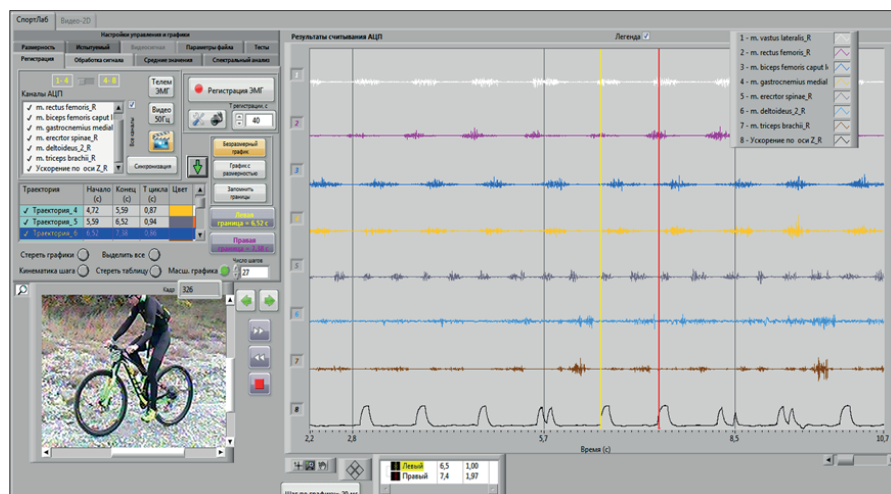


Рисунок 8. Исследование биомеханических характеристик велосипедистов МТБ на горной трассе (распечатка экрана)

Примечание: семь верхних графиков – ЭМГ мышц, нижний график – ускорение на голени; вертикальные линии – начало и окончание одного оборота шатуна; желтая линия (начало) – вертикальное положение шатуна, красная – аналогичное положение шатуна в новом цикле вращения.

В каждом заезде рассчитывали среднее значение по нескольким последовательным оборотам педалей, среднее значение ЭМГ и ее вариативность. Затем проводили усреднение по заездам. Расчеты производили по формуле:

$$Cp_{ЭМГ}^{j,K}_i = \frac{\sum_{j=1}^N \frac{\int_{t=0}^{t=T_j} C_{глЭМГ}^{j,K}_i dt}{T_j}}{N} \quad (1),$$

где

$C_{глЭМГ}^{j,K}_i$ – сглаженное значение амплитуды ЭМГ за один оборот педалей, мкВ;

i – мышца;

K – вид заезда (в низком, среднем и соревновательном темпах);

j – полный цикл оборота педалей;

N – число полных оборотов педалей в заезде.

Поскольку каждое движение отличается по времени от предыдущего и последующего, приняли длительность каждого цикла за 100%. Для построения усредненных профилей ЭМГ выбирали циклы, близкие по времени ($\pm 10\%$). Средние значения миографических профилей мышц рассчитывали по 6–12 движениям. Для интерполяции электромиографических характеристик использовали кубический интерполяционный сплайн. Пример зарегистрированной и сглаженной миограммы при велоезде по МТБ-трассе представлен на рис. 9.

Регистрировали движения велосипедистов с частотой 25 кадров в секунду (видеокамеры Canon-XM2). Для точности определения времени двигательного цикла полный кадр раскладывали в два полукадра. Таким образом частоту регистрации увеличили до 50 Гц, что позволило определить начало и конец двигательного цикла с точностью до 20 мс.

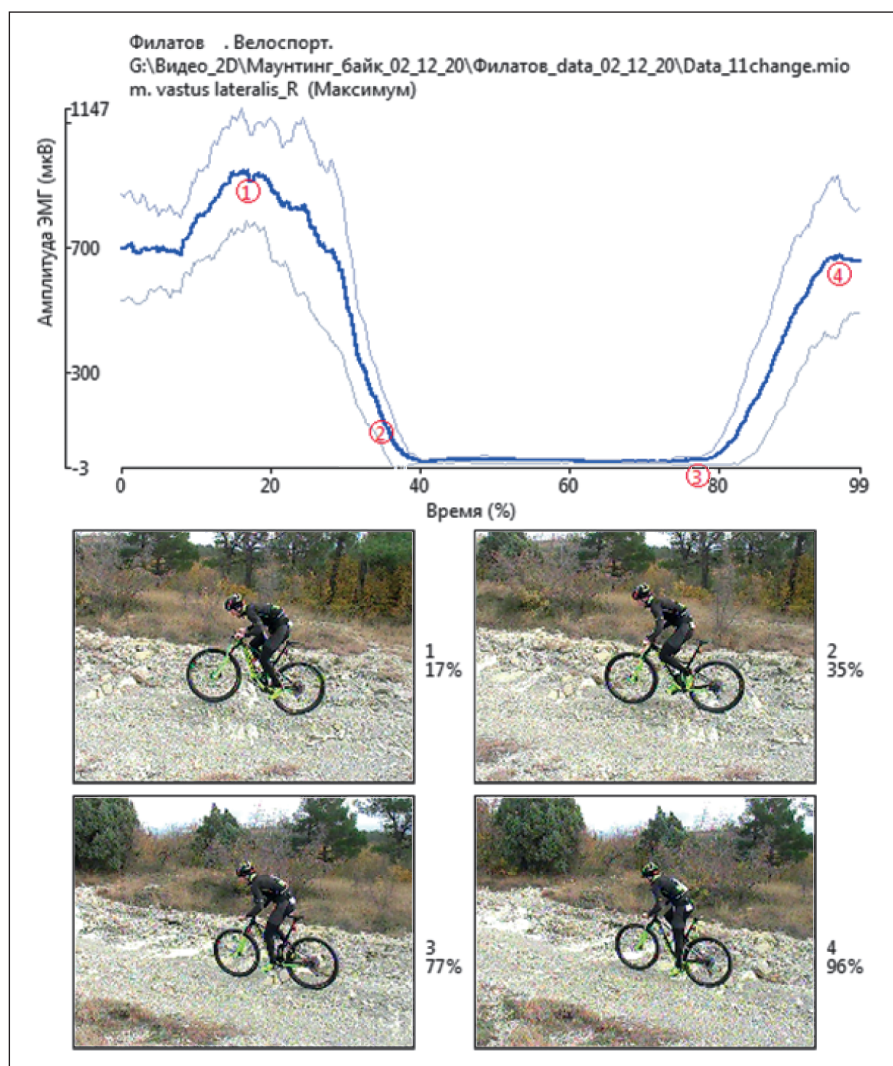


Рисунок 9. Среднее значение амплитуды ЭМГ *m. vastus lateralis_R* и ее вариативность на МТБ-трассе

2.2.1. Особенности ЭМГ мышц при преодолении подъемов

На рис. 10–13 представлены показатели амплитуды ЭМГ мышц нижних конечностей (*m. vastus lateralis_R*, *m. rectus femoris_R*, *m. biceps femoris caput longus_R*, *m. gastrocnemius medialis_R*), верхних конечностей (*m. deltoidus_2_R*, *m. triceps brachii_R*) и туловища (*m. erector spinae_R*).

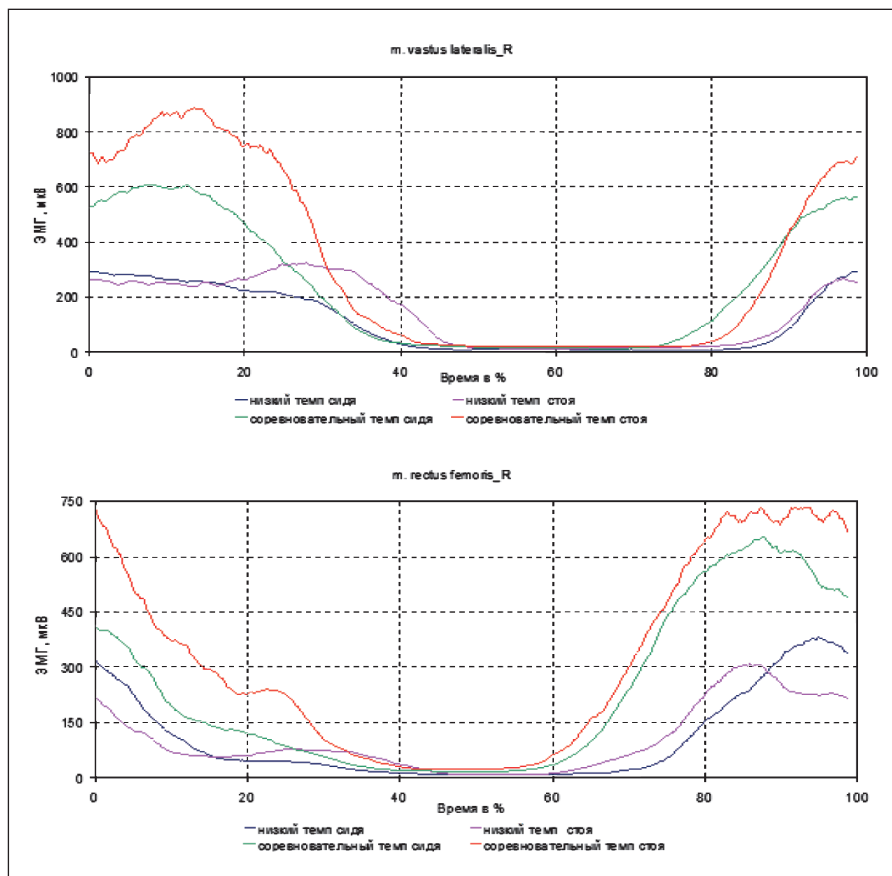


Рисунок 10. Профили электрической активности мышц передней поверхности правого бедра в процессе преодоления подъема с разным темпом (скоростью)

Общей тенденцией является возрастание амплитуды миограммы с увеличением темпа педалирования (скорости) в подъем. Необходимо отметить определенные отличия в работе нервно-мышечного аппарата велосипедистов при преодолении подъемов сидя в седле и стоя.

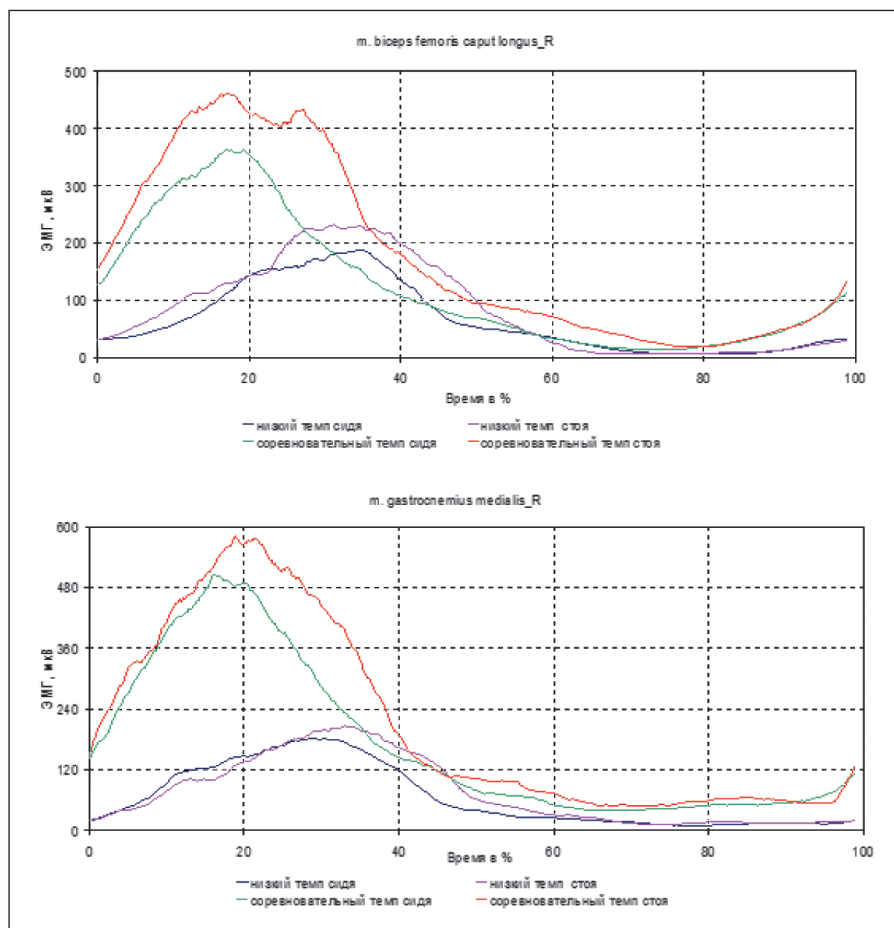


Рисунок 11. Профили электрической активности мышц задней поверхности правого бедра и голени в процессе преодоления подъема с разным темпом (скоростью)

Так, существенное увеличение амплитуды электромиограммы в положении стоя (соответственно, и развиваемое мышцами усилие) наблюдается у латеральной головки четырехглавой мышцы бедра (*m. vastus lateralis*) и двуглавой мышцы бедра (*m. biceps femoris caput longus*). При этом у передней головки четырехглавой мышцы бедра (*m. rectus femoris*) и икроножной мышцы (*m. gastrocnemius medialis*) электрическая активность в разных положениях педалирования значительных отличий не имеет.

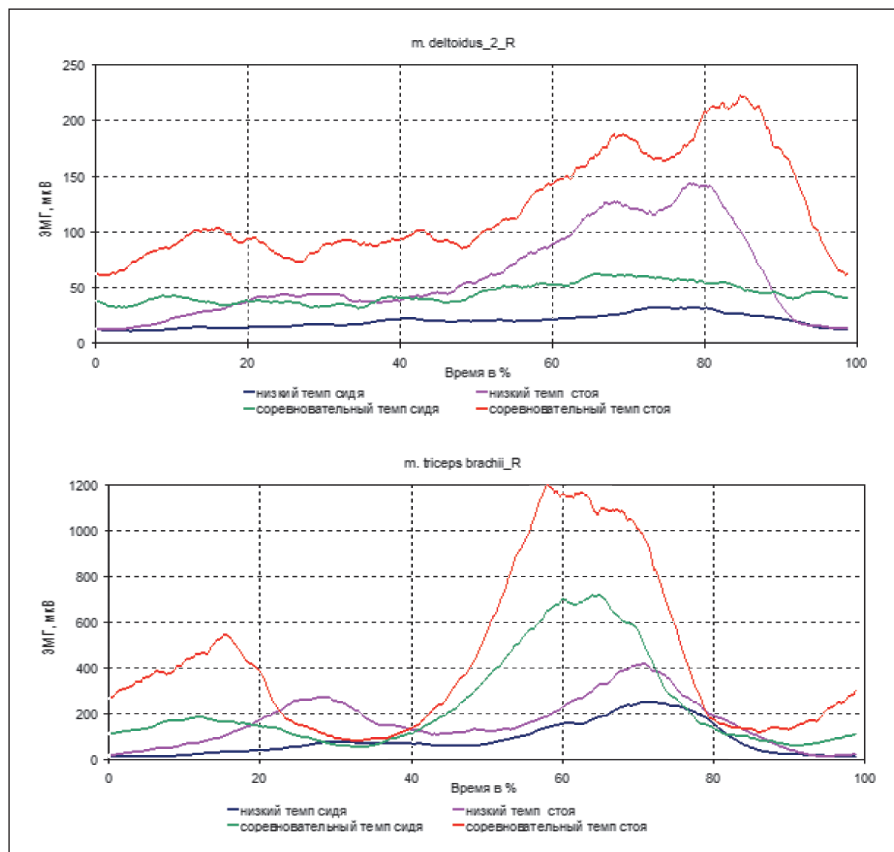


Рисунок 12. Профили электрической активности мышц правой верхней конечности в процессе преодоления подъема с разным темпом (скоростью)

При педалировании сидя и стоя наибольшие отличия электрической активности мышц отмечены в группах мышц верхних конечностей и туловища. Педалирование в высоком темпе стоя увеличивает максимальную амплитуду ЭМГ дельтовидной и трехглавой мышц плеча (*m. deltoideus* и *m. triceps brachii*), а также прямой мышцы спины (*m. erector spinae*) на 50–100% по сравнению с педалированием в высоком темпе сидя, что свидетельствует о значительном увеличении энергозатрат и, по-видимому, не является рациональным в связи с незначительным увеличением скорости прохождения контрольных отрезков.

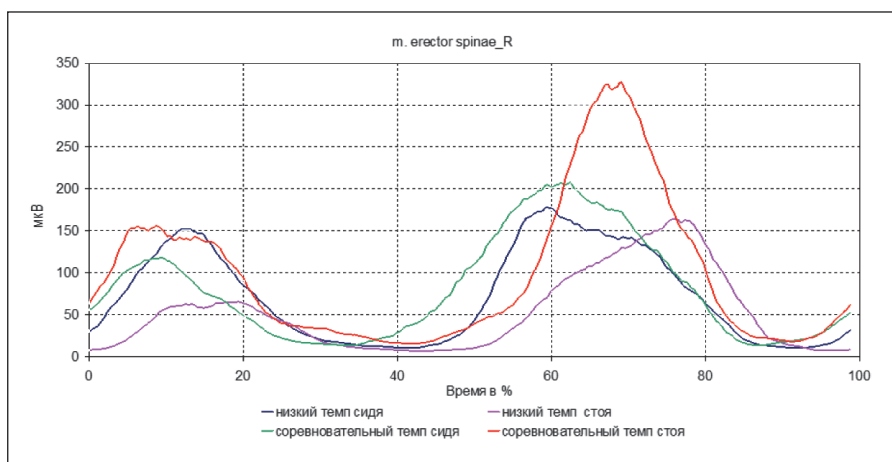


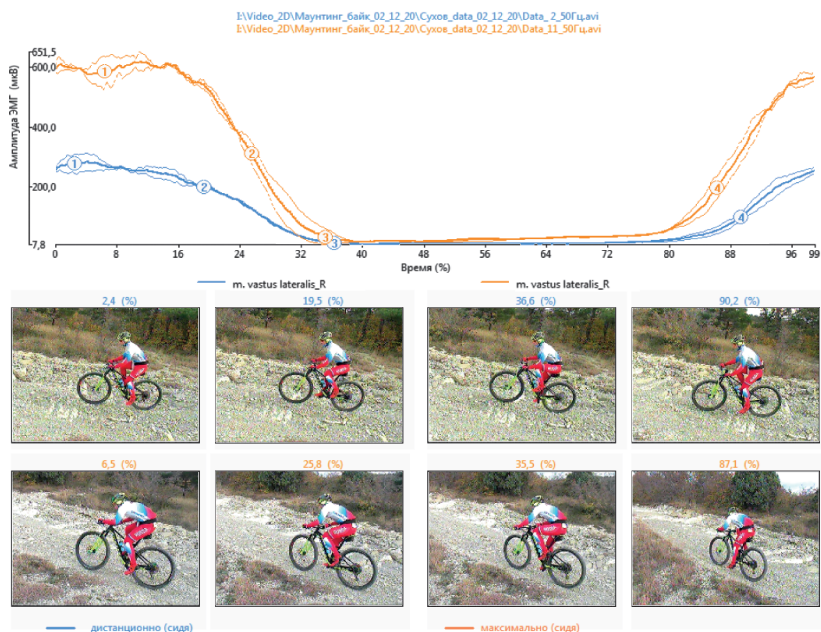
Рисунок 13. Профили электрической активности мышц туловища в процессе преодоления подъема с разным темпом (скоростью)

2.2.2. Последовательность включения мышечных групп при преодолении подъемов

Последовательность включения мышечных групп в процессе преодоления подъема изучалась по описанной выше методике. Рассматривались временные интервалы ЭМГ мышечных групп, несущих основную нагрузку при передвижении велосипедистов МТБ в подъем с разной посадкой (сидя и стоя) и темпом педалирования (скоростью).

Спортсмены выполняли по 2–3 заезда в гору на участке дистанции 200–250 м. В каждом заезде рассчитывали средний профиль ЭМГ по 15–25 оборотам педалей, затем среднее значение и вариативность по 2–3 заездам, выполненным в дистанционном или максимальном темпе.

В качестве примера на рис. 14 и 15 представлены профили ЭМГ *m. vastus lateralis* и *m. rectus femoris* при двух вариантах преодоления подъема.



А

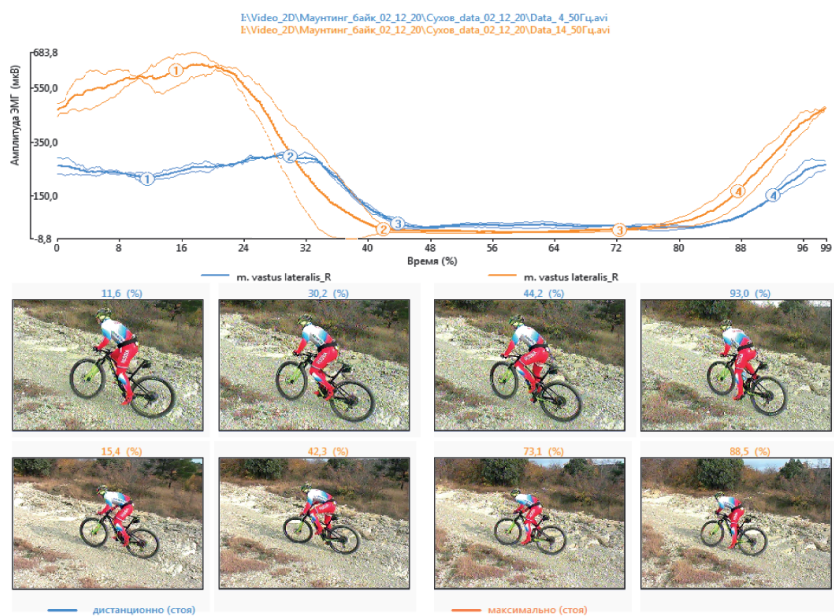
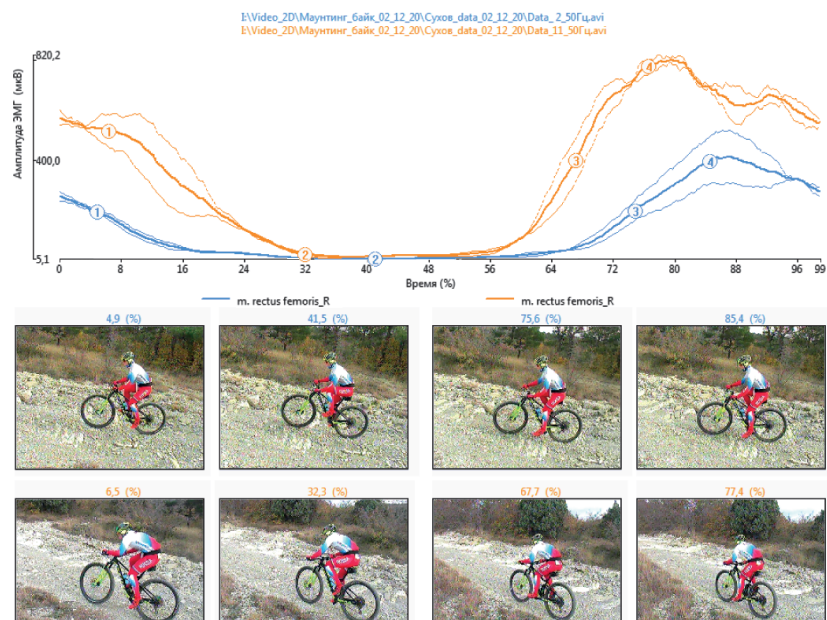


Рисунок 14. Профиль ЭМГ *m. vastus lateralis* при двух вариантах преодоления подъема: сидя (А) и стоя (Б) ($M \pm \sigma$)



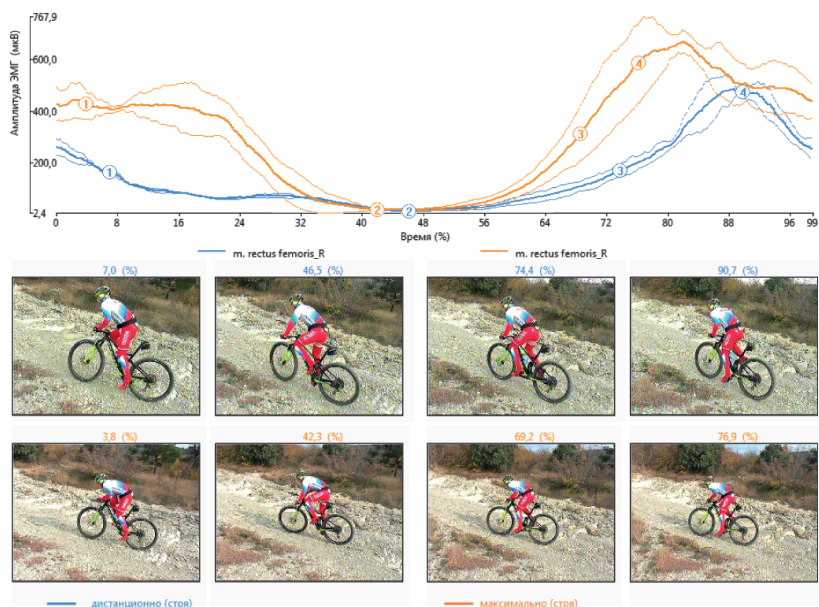
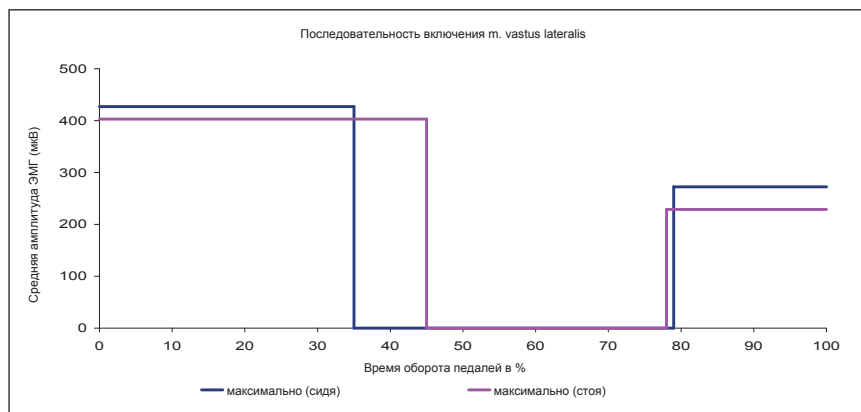


Рисунок 15. Профиль ЭМГ *m. rectus femoris* при двух вариантах преодоления подъема: сидя (А) и стоя (Б) ($M \pm \sigma$)

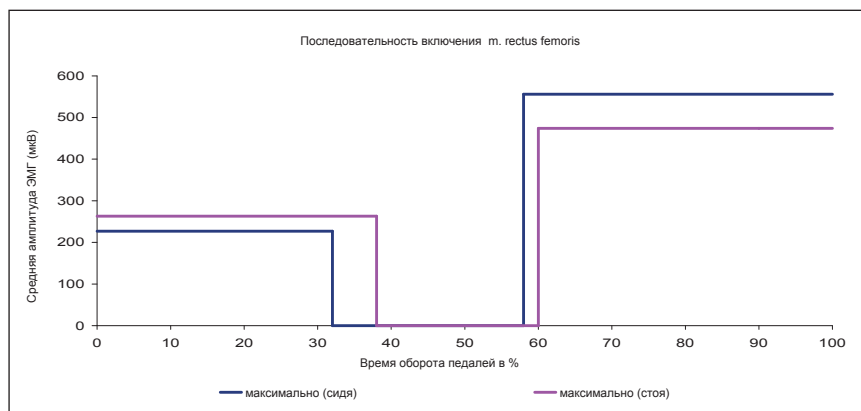
Статистический анализ экспериментальных материалов показал, что возрастание темпа педалирования с $90,5 \pm 5,8$ до $98,6 \pm 7,9$ оборотов в минуту увеличивает активность мышц-разгибателей бедра при разгибании коленного сустава на 10% (рис. 16, А). Время активности *m. rectus femoris* при сгибании в тазобедренном суставе (положение шатуна от 180° до 360°) составляет 40% и не зависит от формы посадки велосипедиста (рис. 16, Б). Время приложения усилия *m. biceps femoris caput longus* в положении стоя в фазе проявления максимальной мощности (изменение положения шатуна от 0 до 180°) уменьшается на 20% в сравнении с положением сидя (рис. 16, В).

Значительную активность *m. gastrocnemius medialis* наблюдали от 0 до 70% от времени полного оборота шатуна и в период от 78 до 95%, когда осуществляется подтягивание педали вверх и двусуставная мышца сгибает коленный сустав (рис. 17, А). Профиль и периоды активности мышцы, разгибающей туловище (*m. erector spinae_R*), не меняются в зависимости от формы посадки (рис. 17, Б).

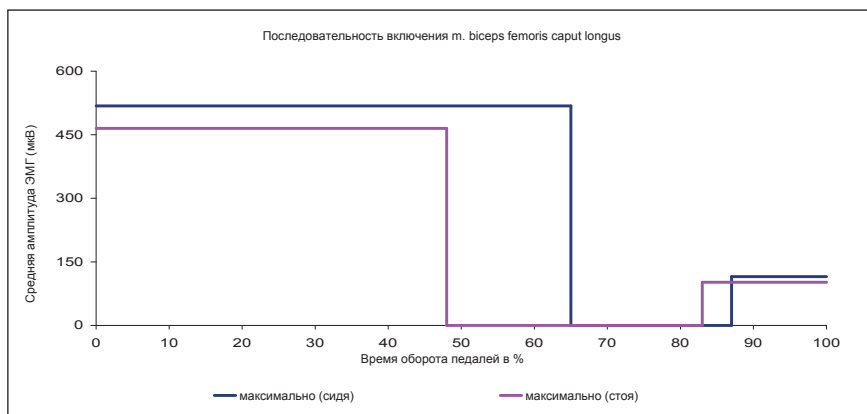
При педалировании в положении стоя туловище смещается в сторону руля – увеличивается нагрузка на мышцы верхних конечностей и, как следствие этого, наблюдается постоянная активность *m. deltoideus_2_R* с различной интенсивностью. Последовательность включения *m. triceps brachii_R* одинакова для педалирования в положениях сидя и стоя (рис. 18, А, Б).



А

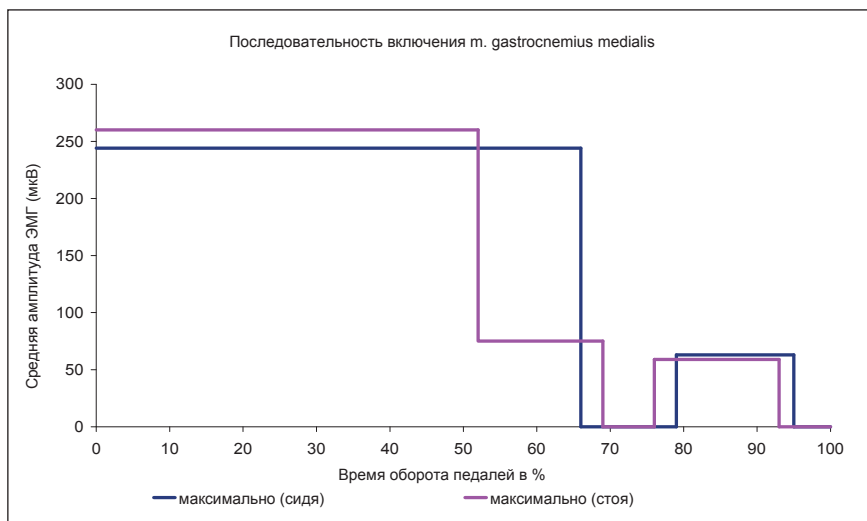


Б



В

Рисунок 16. Последовательности включения мышц бедра у велосипедистов МТБ при двух вариантах преодоления подъема



А

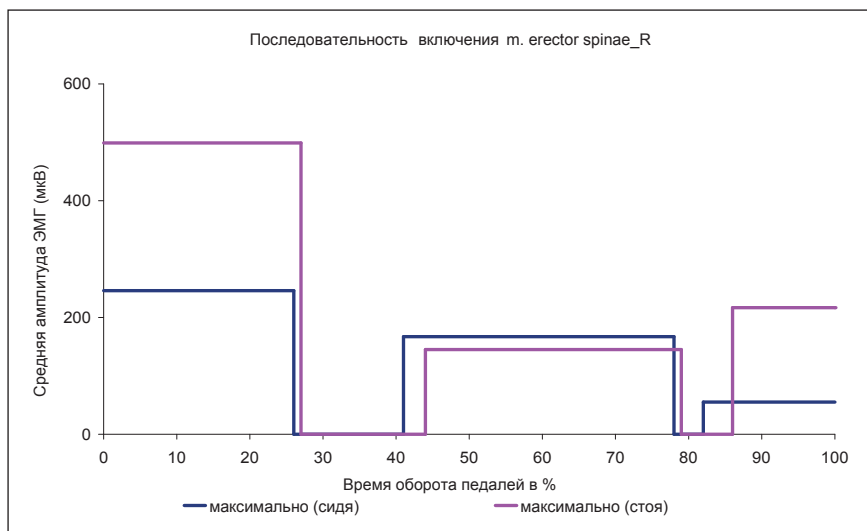
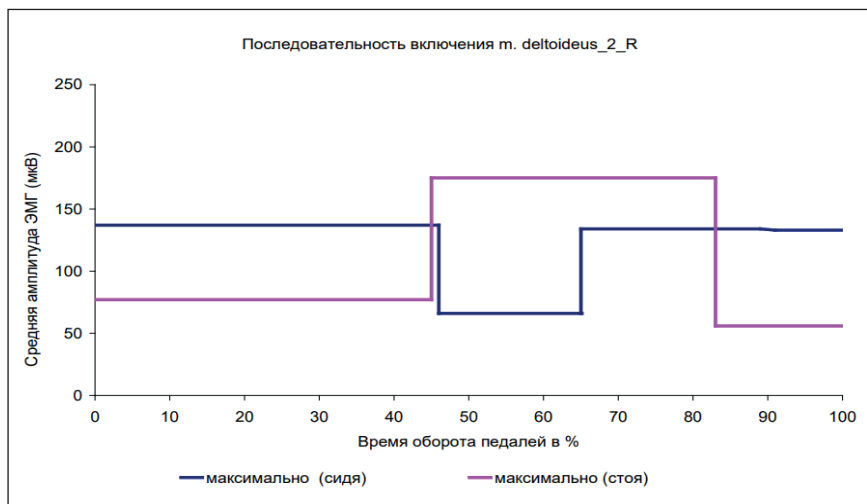
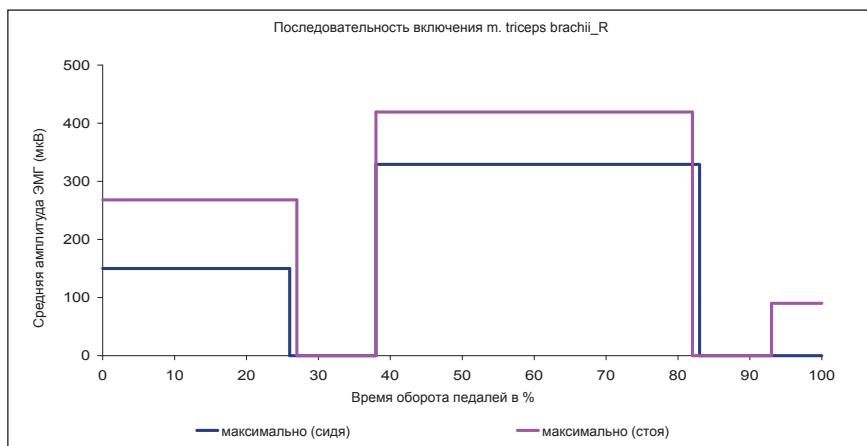


Рисунок 17. Последовательности включения мышц голени и туловища у велосипедистов МТБ при двух вариантах преодоления подъема





Б

Рисунок 18. Последовательности включения мышц плеча у велосипедистов МТБ при двух вариантах преодоления подъема

2.2.3. Индивидуальные особенности реализации силового потенциала велосипедистов МТБ

Для определения индивидуальных особенностей реализации силового потенциала велосипедистов МТБ были проанализированы относительные приросты амплитуды ЭМГ по отношению к минимальному темпу педалирования.

Оценивали миоэлектрическую работу каждой мышцы и нормировали на время попытки, таким образом, получали среднюю амплитуду ЭМГ (СрЭМГ) мышцы в цикле педалирования. За исходный уровень принимали величину СрЭМГ_0 при самом низком темпе. Рассматривали не абсолютные значения миограммы, а изменения ее амплитуды по отношению к СрЭМГ_0 , зарегистрированной при низком темпе. Расчеты осуществляли по формуле:

$$\text{СрЭМГ}\Delta_i = \frac{\text{СрЭМГ}_i - \text{СрЭМГ}_0}{\text{СрЭМГ}_0} * 100 \quad (2),$$

где

$\text{СрЭМГ}\Delta_i$ – изменение средней амплитуды ЭМГ в i-м заезде (может быть как положительной, так и отрицательной), %;

i – номер попытки.

На рис. 19–22 представлены индивидуальные изменения средней амплитуды электромиограммы ($\text{СрЭМГ}\Delta_i$) исследуемых групп мышц. Нулевое значение по оси абсцисс – начальное значение амплитуды электромиограммы СрЭМГ_0 (низкий темп, сидя), далее: 2-я точка – низкий темп, стоя; 3-я точка – соревновательный темп, сидя; 4-я точка – соревновательный темп, стоя.

У спортсменов при соревновательном темпе педалирования происходит увеличение СрЭМГ мышц передней поверхности бедра относительно исходного уровня почти в два раза (рис. 19).

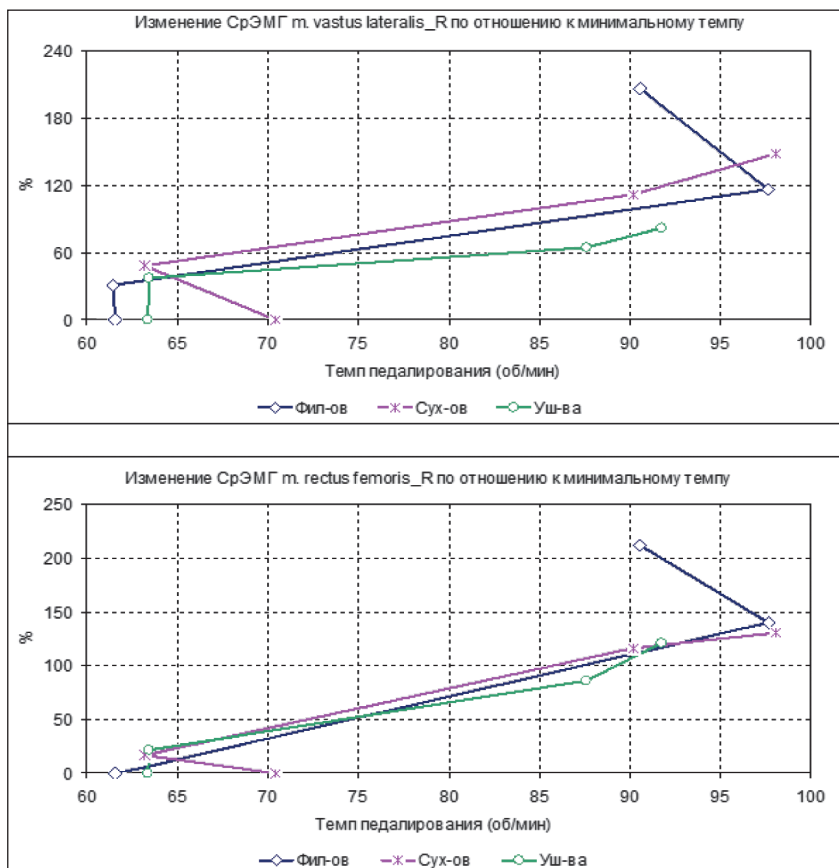


Рисунок 19. Относительные изменения электрической активности мышц передней поверхности правого бедра в процессе преодоления подъема с разным темпом (скоростью)

Изменение силовой активности мышц задней поверхности бедра зависит от индивидуальных особенностей педалирования. Спортсмены Фил-в и Сух-в активно используют мышцы задней поверхности бедра при разгибании тазобедренного сустава. Относительный прирост составляет 150% и более. Спортсменка Уш-ва минимально задействует *m. biceps femoris caput longus_R* – ее амплитуда увеличивается всего на 60% (рис. 20, верхний).

Индивидуальные особенности техники спортсменов Сух-ва и Уш-вой отражаются на функционировании *m. gastrocnemius medialis_R*. Амплитуда сигнала, а значит, и сила, развиваемая двусуставной мышцей, почти не меняются при увеличении скорости (рис. 20, нижний).

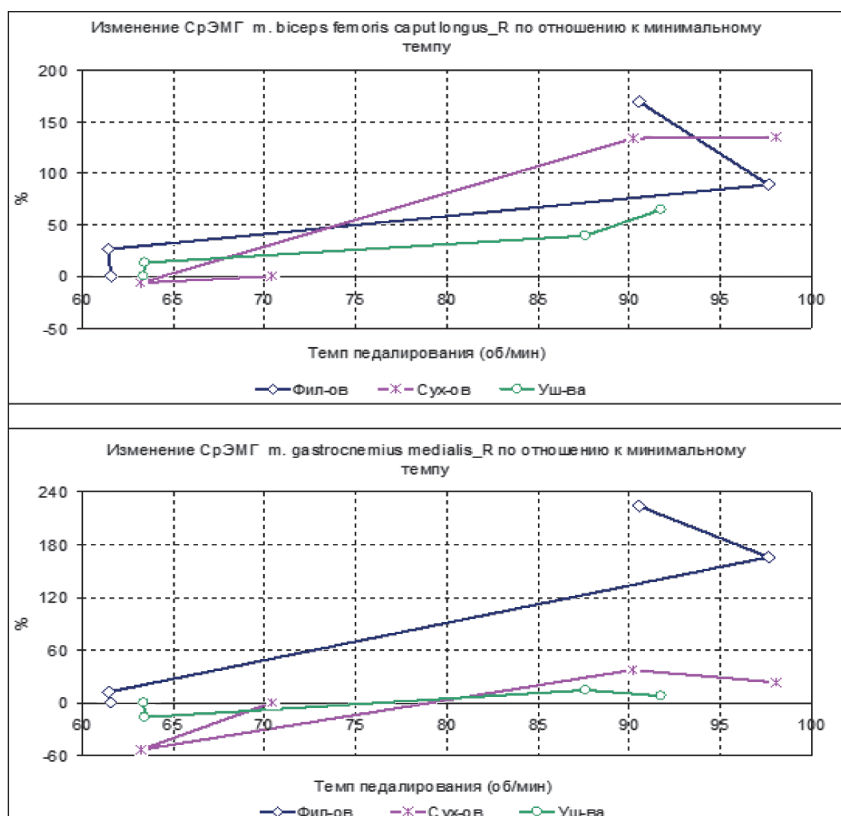


Рисунок 20. Относительные изменения электрической активности мышц задней поверхности правого бедра и голени в процессе преодоления подъема с разным темпом (скоростью)

Изменение формы посадки из положения сидя на положение стоя создает дополнительную нагрузку на мышцы верхних конечностей, что отражается на амплитуде миограммы, значительно увеличивая ее значения, которые у спортсменов Фил-ва и Сух-ва достигают 200% (рис. 21).

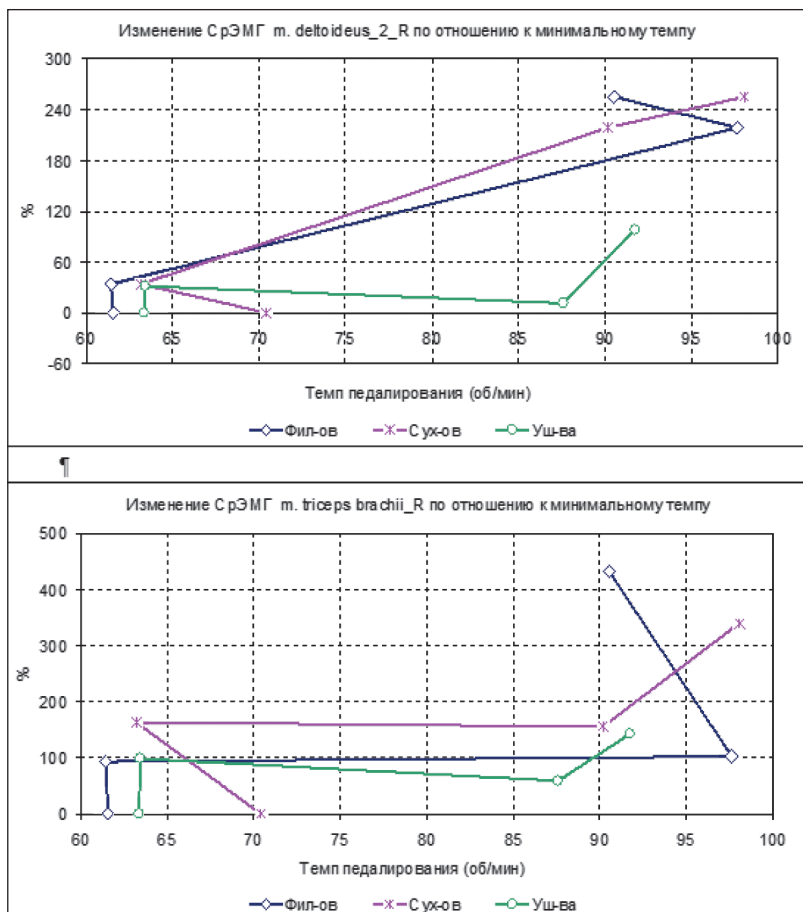


Рисунок 21. Относительные изменения электрической активности мышц верхней правой конечности в процессе преодоления подъема с разным темпом (скоростью)

Форма посадки велосипедиста оказывает влияние на активность мышц спины. При ускорении в гору в соревновательном темпе и положении стоя СрЭМГ у спортсменов Фил-ва и Уш-вой почти не меняется, а у Сух-ва увеличивается в 3 раза – на 300% (рис. 22).

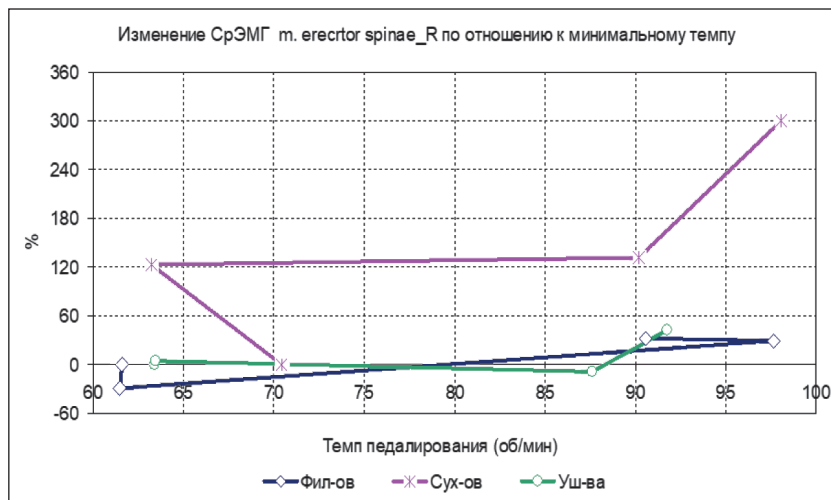


Рисунок 22. Относительные изменения электрической активности мышц туловища в процессе преодоления подъема с разным темпом (скоростью)

Исследования ЭМГ активности основных мышечных групп, обеспечивающих увеличение скорости велосипедистов МТБ на дистанции, показали, что индивидуальные особенности реализации силового потенциала мышц у них ярко проявляются в процессе преодоления подъемов. По-видимому, силовые возможности основных мышечных групп определяют технический рисунок педалирования. В постоянно меняющихся условиях МТБ-трассы (микрорельеф, характер поверхности, градиент подъема и др.) усилия и движения велосипедиста не могут быть стереотипными. Таким образом, у высококвалифицированных велосипедистов МТБ формируется индивидуальный стиль преодоления подъемов на основе реализации индивидуальных технических характеристик педалирования, которые в каждом конкретном случае будут зависеть от функциональных возможностей биомеханической системы управления движениями

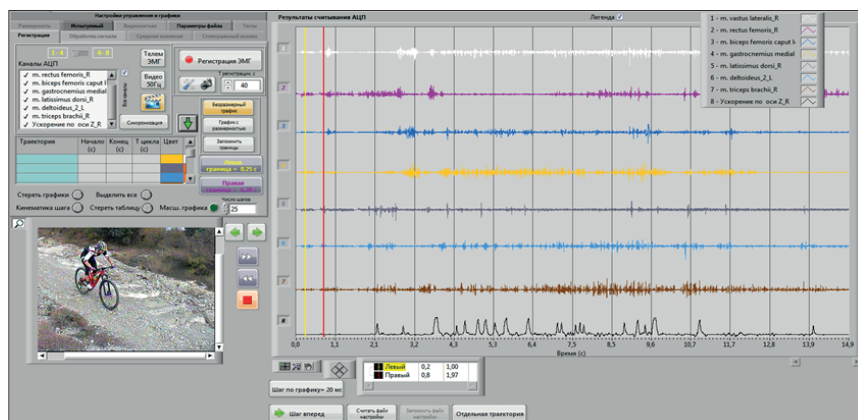
и реализации силового потенциала мышечных групп, несущих основную нагрузку.

Полученные в специфических условиях преодоления подъемов экспериментальные данные подтверждают предположение о высокой степени индивидуализации топографии мышечной силы велосипедистов МТБ по величине развиваемых усилий и последовательности активации мышечных групп в соревновательной и тренировочной деятельности.

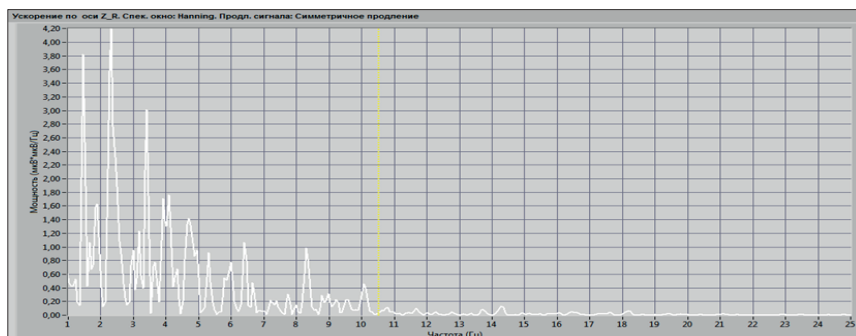
2.2.4. Влияние низкочастотной вибрации на мышцы верхних конечностей при спуске с горы

На рис. 23 представлен момент регистрации биомеханических характеристик велосипедистов МТБ при спуске по горной трассе. Спектр частот, зарегистрированный акселерометром, находился в диапазоне от 1 до 11 Гц. При спусках спортсмены испытывают значительную вибрацию на руле, связанную с микрорельефом трассы МТБ.

Для оценки влияния вибрации на силу мышц верхних конечностей выполнили серию модельных экспериментов в лабораторных условиях. Исследовательский стенд включал велостанок Cyclus 2, виброплатформу PowerMan, систему видеорегистрации «Видеоанализ-3D», телеметрическую 8-канальную миографию «СпортЛаб», ручной динамометр ДК 140. Общий вид методики представлен на рис. 24.



А



Б

Рисунок 23. Регистрация биомеханических характеристик велосипедистов МТБ при спуске по горной трассе (А), спектр акселерометра (Б) (распечатка экрана)

Максимальное усилие мышц предплечья – лучевого сгибателя запястья (*m. flexor carpi radialis*) и локтевого сгибателя запястья (*m. flexor carpi ulnaris*) – моделировали с помощью динамометра. При этом помимо ЭМГ сгибателей запястья дополнительно регистрировали ЭМГ и мышц-синергистов – трехглавой мышцы плеча (*m. triceps brachii*) и плечелучевой мышцы (*m. brachioradialis*), обеспечивающих проявление силы мышцами-сгибателями кисти и ее пальцев (рис. 25).

На рис. 26 представлены результаты влияния частоты вибрации на силовые показатели мышц-сгибателей кисти.



Рисунок 24. Моделирование вибрационной нагрузки на мышцы велосипедистов МТБ в лабораторных условиях

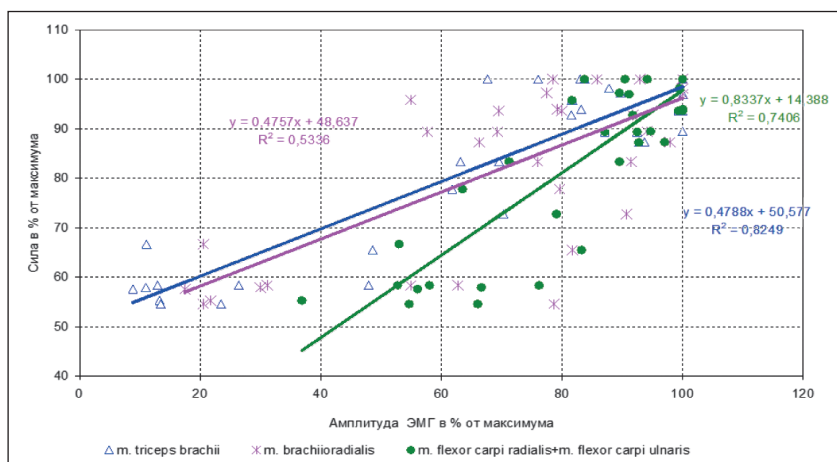


Рисунок 25. Взаимосвязь силовых показателей мышц предплечья, плеча и амплитуды ЭМГ

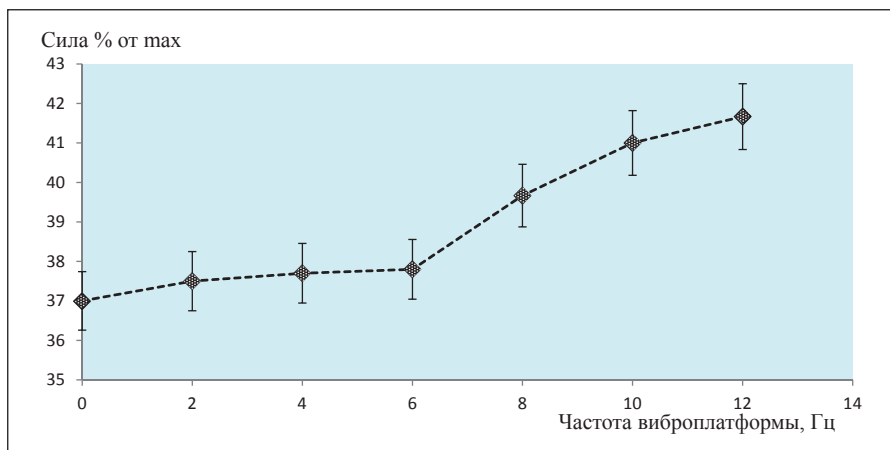


Рисунок 26. Влияние вибрации на силу
m. flexor carpi radialis + *m. flexor carpi ulnaris*
 при педалировании с постоянной мощностью 150 Вт

Установлено, что при увеличении частоты вибрации с 6 до 12 Гц сила сгибателей кисти может достигать величины 37–42% и более от максимальной силы, что приводит к окклюзии кровеносных сосудов, как следствие этого, снижению скорости кровотока в мышцах предплечья и, по-видимому, мышцах-синергистах.

Известно, что нарушение локального кровообращения является причиной развития гипоксии, усиления лактатного метаболизма и ускоренного выхода недоокисленных продуктов в кровяное русло, существенно ускоряя развитие утомления.

2.3. Выявление специальных силовых упражнений, направленных на оптимизацию биодинамической структуры мышечного сокращения велосипедистов МТБ

С учетом установленных закономерностей проявления силовых качеств велосипедистов МТБ в специфических условиях МТБ-трассы и их реализации в разных режимах интенсивности исследованы силовые и скоростно-силовые упражнения, применяемые в тренировке велосипедистов МТБ. Упражнения были разделены на три группы.

В первую группу входили упражнения, выполняемые на сильно пересеченной местности:

- 1) ходьба в подъем¹ в различном темпе;
- 2) бег в гору в различном темпе;
- 3) ходьба и бег с горы в различном темпе;
- 4) прыжковые упражнения в подъем (многоскоки, прыжки типа «лягушка», прыжки вверх).

Спортсмены выполняли быструю ходьбу, беговые и прыжковые упражнения на отрезках 100–120 м на сильно пересеченной местности. За начало двигательного цикла принимали касание стопой правой ноги опоры, за окончание – касание опоры одноименной стопой в следующем шаге.

Вторая группа включала силовые упражнения со свободными весами и на тренажерах:

- 1) приседания со штангой в различном темпе;
- 2) жим ногами в положении лежа.

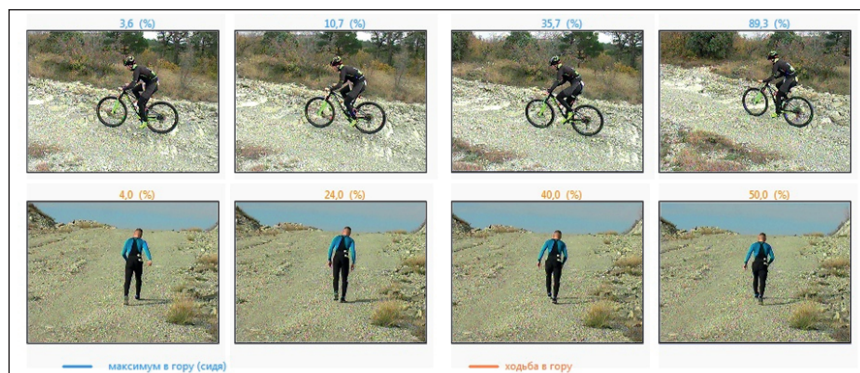
Третью группу упражнений составили темповые заезды в подъем по шоссе с разным передаточным соотношением шестеренок.

В качестве модельного упражнения для сравнительного анализа работы нервно-мышечного аппарата приняли ускорение в подъем по горной трассе в соревновательном темпе «сидя в седле». В экспериментах приняли участие пять спортсменов квалификации МС. ЭМГ мышц и видеорегистрацию осуществляли с помощью системы «СпортЛаб». Методика регистрации и обработки биомеханической информации представлена в разд. 2.2 настоящего пособия.

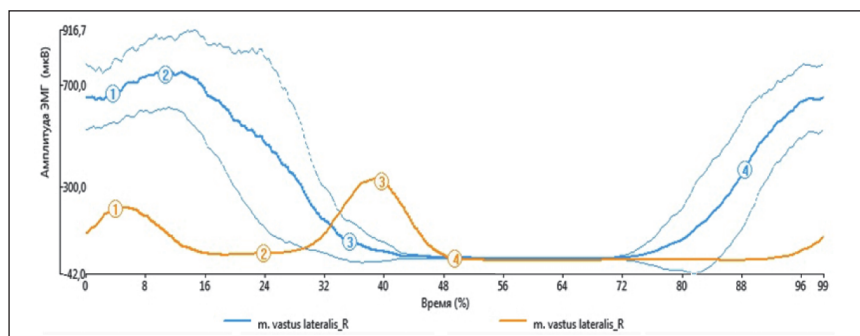
¹ Угол подъема – 5–7%.

2.3.1. Биомеханический анализ упражнений первой группы

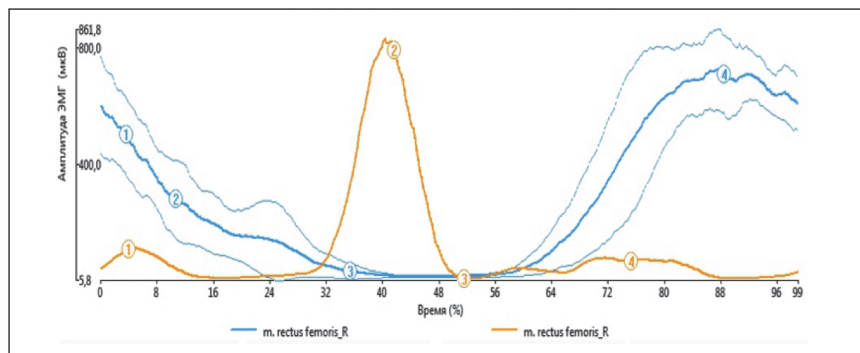
На рис. 27–29 представлены примеры сравнительного исследования электрической активности мышц нижней конечности (правой) при выполнении упражнений первой группы и ускорения в подъем по горной трассе в соревновательном темпе в положении сидя.



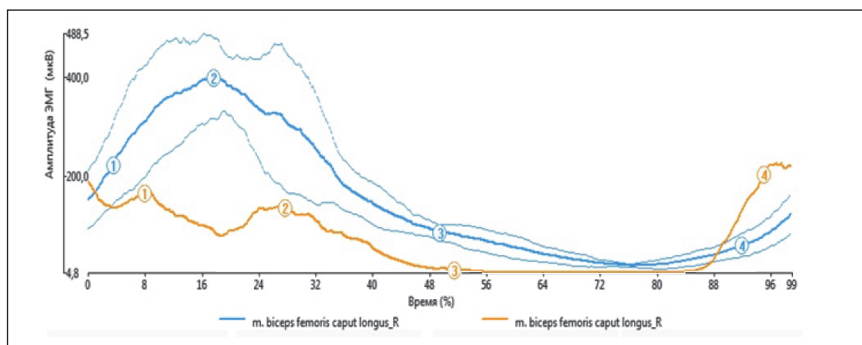
А



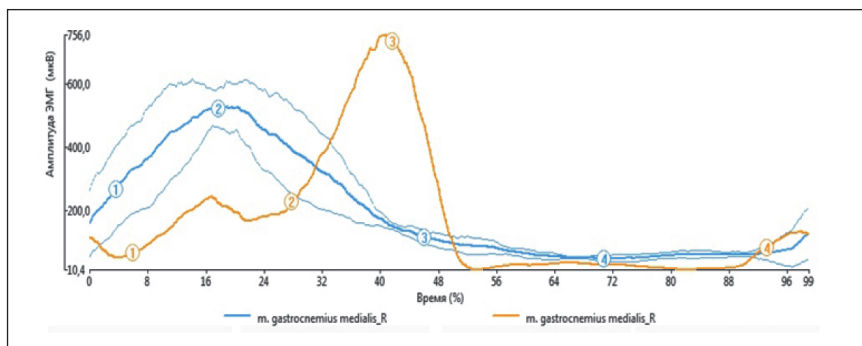
Б



В



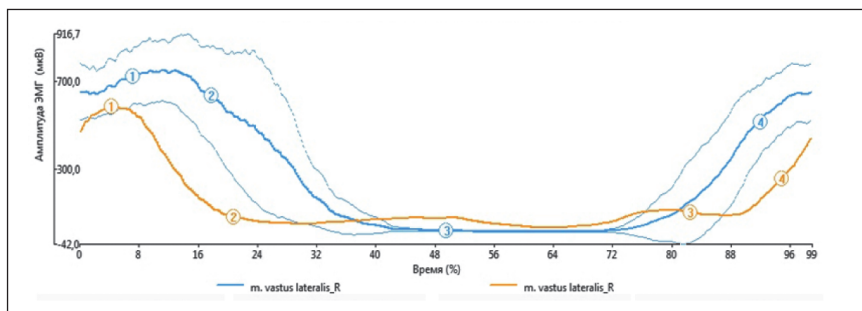
Г



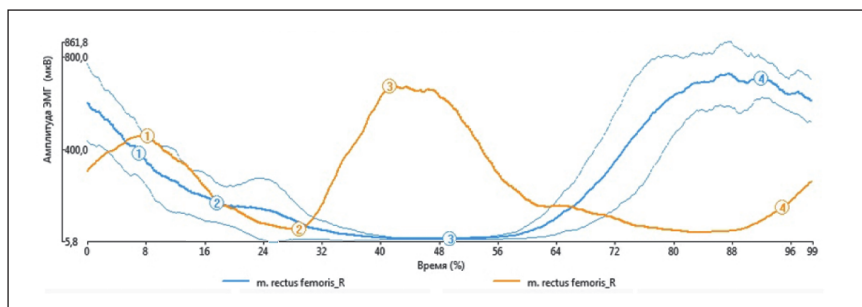
Д

Рисунок 27. Профили электрической активности мышц при ускорении в подъем по горной трассе в положении сидя и ходьбе в гору в темпе 117 ± 3 шагов в минуту

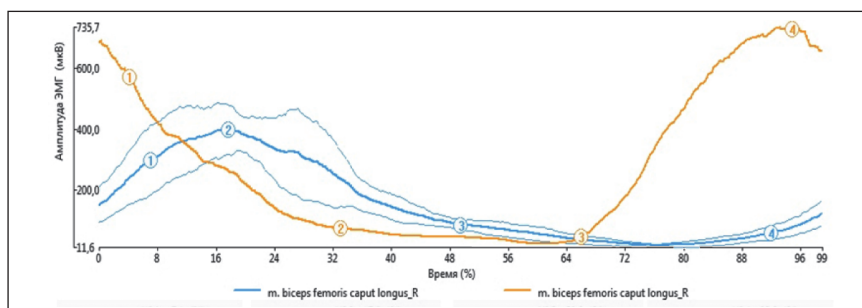
А – общий вид упражнений; Б, В, Г, Д – ЭМГ-профили исследуемых мышечных групп



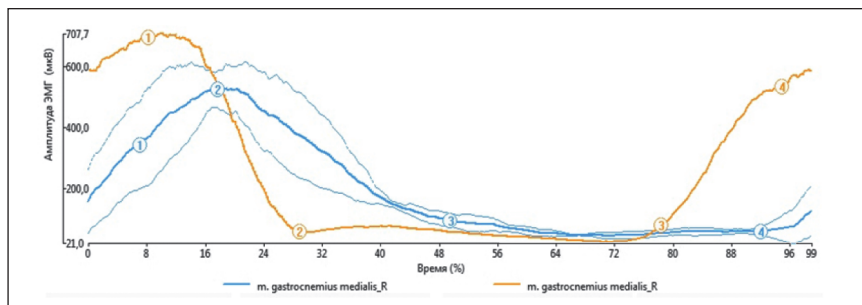
А



Б

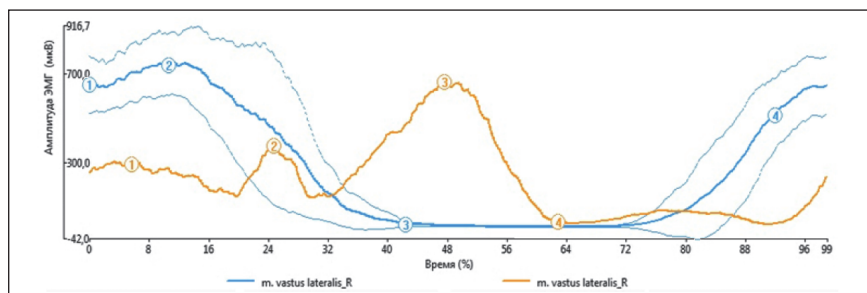


В

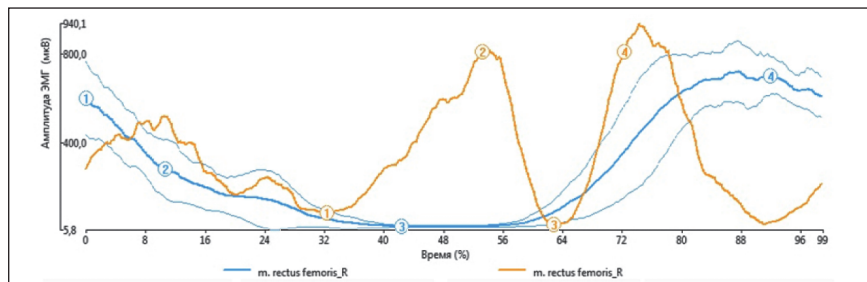


Г

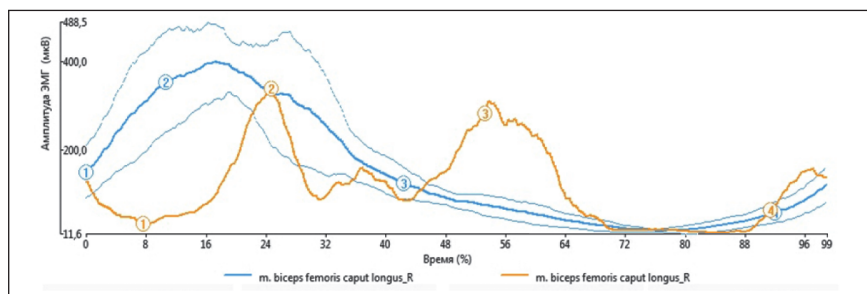
Рисунок 28. Профили электрической активности мышц при ускорении в подъем по горной трассе в положении сидя и ускорении бегом в гору в темпе 233 ± 5 шагов в минуту



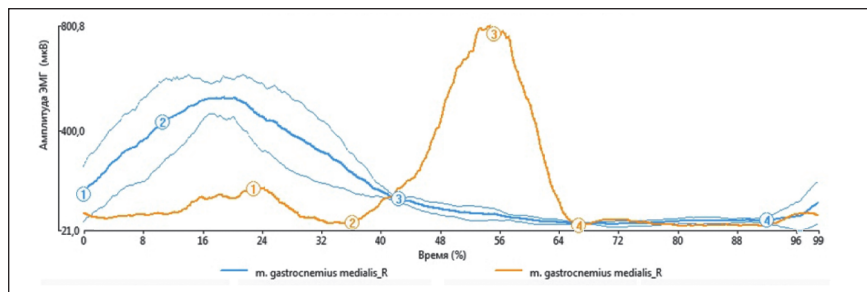
А



Б



В



Г

Рисунок 29. Профили электрической активности мышц при ускорении в подъем по горной трассе в положении сидя и выполнении прыжков в гору на двух ногах типа «лягушка» в темпе 58 ± 2 прыжков в минуту

Обработка массива экспериментальных данных (профилей ЭМГ мышц при выполнении специального упражнения и упражнений из первой группы) методом кросскорреляции позволила определить влияние исследуемых упражнений на мышечные группы велосипедистов МТБ, обеспечивающие мощностные характеристики педалирования при преодолении подъемов на МТБ-трассе (табл. 1).

Таблица 1. Степень влияния упражнений первой группы на развитие силы основных мышечных групп велосипедистов МТБ, обеспечивающих увеличение скорости в процессе соревновательной деятельности

№ п/п	Упражнения	Темп (шагов/мин) $M \pm \sigma$	<i>m. vastus lateralis</i>	<i>m. rectus femoris</i>	<i>m. biceps femoris caput longus</i>	<i>m. gastrocnemius medialis</i>
1	Ходьба в гору	117 ± 3	+	++++	+	++++
2	Ходьба с горы	140 ± 2	+	+	++	+
3	Бег в гору (средний темп)	163 ± 6	++	++	++	++++
4	Бег с горы (средний темп)	161 ± 3	++	+	+	+++
5	Бег в гору (максимально)	233 ± 5	++	+++++	++++	+++++
6	Бег с горы (максимально)	159 ± 11	+	+	+	+++
7	Многоскоки в гору	59 ± 2	++	++++	++	+++++
8	Ходьба «выпадами вперед»	31 ± 5	++	++++	+++	+
9	Прыжки типа «лягушка»	58 ± 2	++	++++	+++	++++
10	Прыжок вверх	48 ± 1	+++	++++	++	+++++

Примечание: тренировочное воздействие:

- + – очень слабое;
- ++ – слабое;
- +++ – среднее;
- ++++ – сильное;
- +++++ – очень сильное.

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет утверждать, что ряд упражнений силовой и скоростно-силовой направленности (быстрая ходьба в гору, бег в гору с максимальной скоростью, многоскоки в гору, прыжки на двух ногах в гору и вверх) по величине развиваемых усилий отдельных мышечных групп вполне сопоставимы с требованиями соревновательной деятельности велосипедистов МТБ.

Однако по таким критериям, как градиент увеличения и снижения силы в движении, время удержания максимальных значений силы, последовательность включения мышечных групп в работу, эти упражнения не могут быть отнесены к категории специальных средств силовой тренировки велосипедистов МТБ высокой квалификации. То есть регуляция межмышечных координационных взаимоотношений при выполнении упражнений на пересеченной местности имеет значительные отличия от педалирования на МТБ-трассе и, соответственно, перенос тренированности будет минимальным.

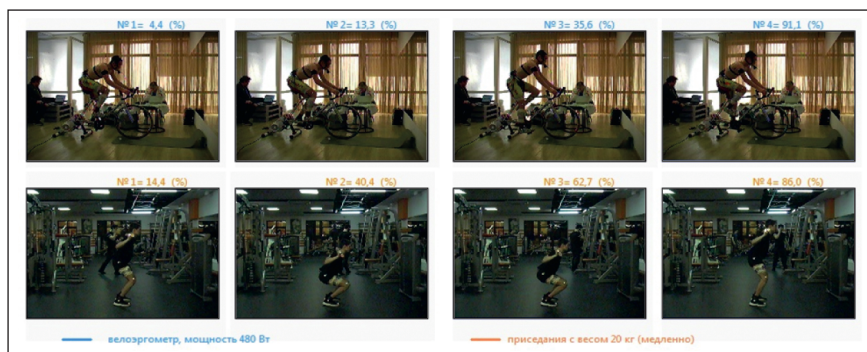
Таким образом, упражнения первой группы в большей степени относятся к средствам общей физической подготовки и могут успешно применяться на начальных этапах тренировочного процесса велосипедистов МТБ.

2.3.2. Биомеханический анализ упражнений второй группы

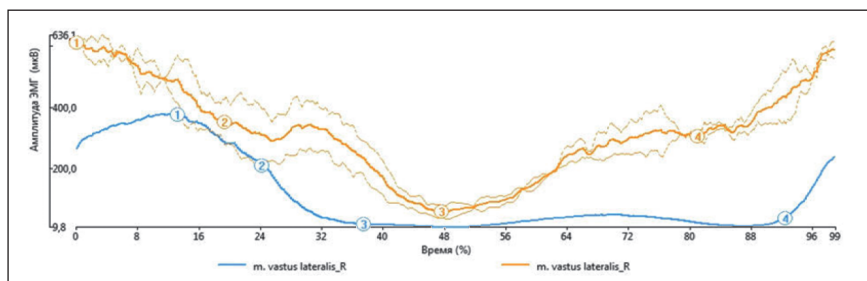
Упражнения второй группы изучались в условиях тренажерного зала. Спортсмены выполняли приседания со штангой разного веса и в различном темпе, а также жим ногами на тренажере в положении сидя.

В зимних условиях на горной МТБ-трассе выполнять работу было невозможно. Поэтому в качестве модельного упражнения для сравнительного анализа ЭМГ основных мышечных групп велосипедистов МТБ приняли работу субмаксимальной мощности на велостанке Elite в процессе прохождения ступенчатого теста «до отказа».

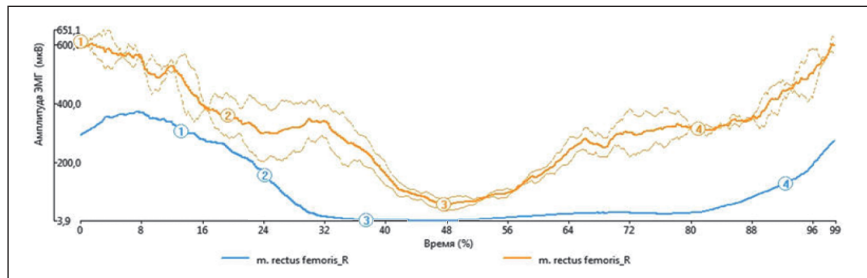
На рис. 30–32 представлены примеры сравнительного исследования электрической активности мышц нижней конечности (правой) при выполнении упражнений второй группы и педалирования субмаксимальной мощности в условиях прохождения контрольного ступенчатого теста.



А



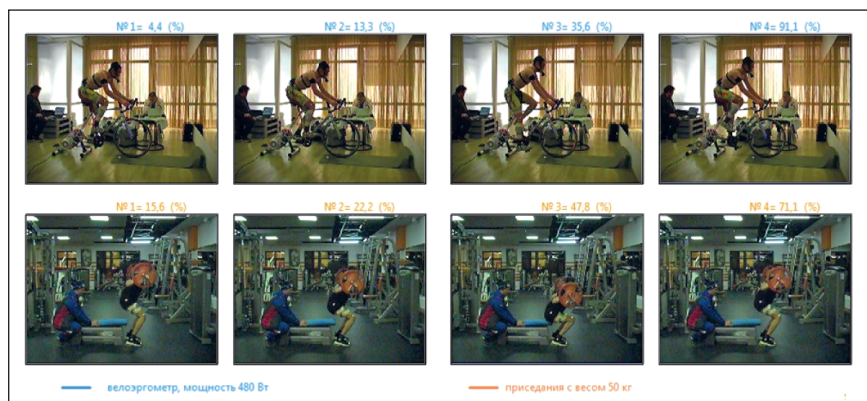
Б



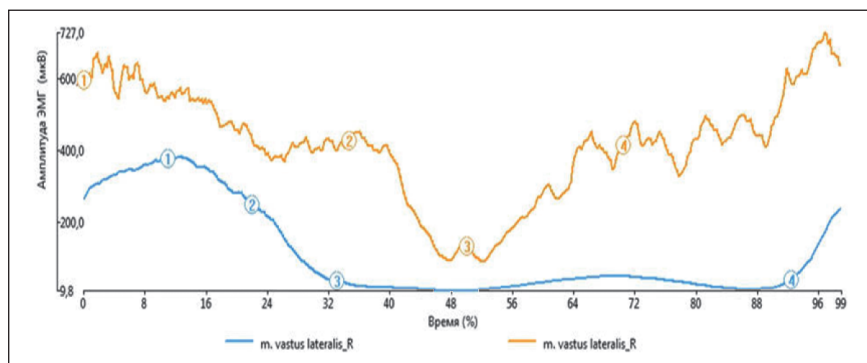
В

Рисунок 30. Профили электрической активности мышц при педалировании с субмаксимальной мощностью и приседаниях со штангой 20 кг в темпе 36 ± 7 приседаний в минуту

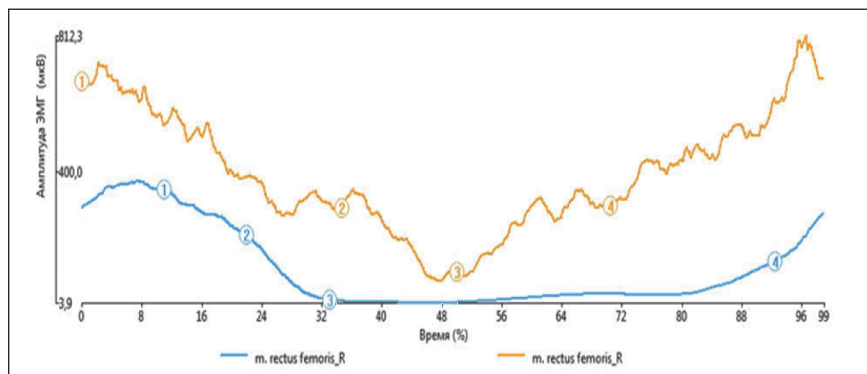
А – общий вид упражнений;
Б, В – ЭМГ-профили исследуемых мышечных групп



А

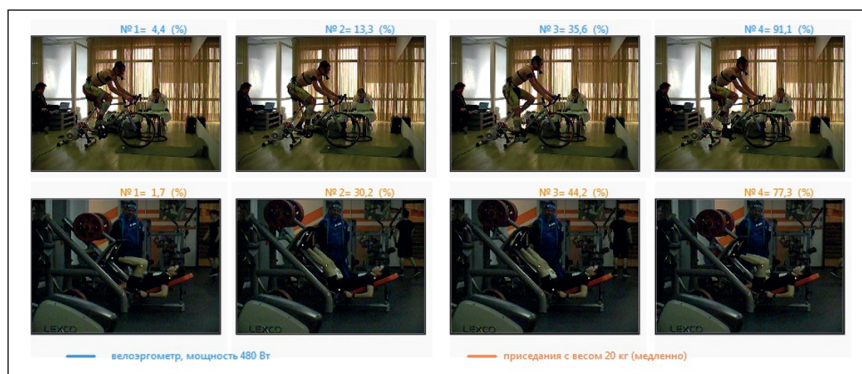


Б

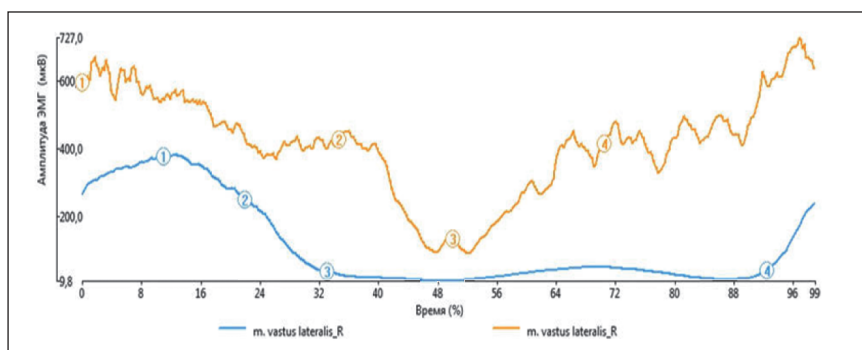


В

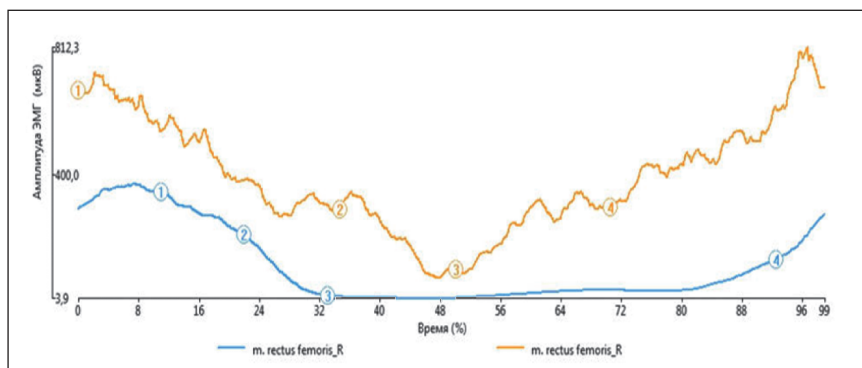
Рисунок 31. Профили электрической активности мышц при педалировании с субмаксимальной мощностью и приседаниях со штангой 50 кг в темпе 31 ± 6 приседаний в минуту



А



Б



В

Рисунок 32. Профили электрической активности мышц при педалировании с субмаксимальной мощностью и жиме ногами лежа (150 кг) в темпе 18 ± 4 жимов в минуту

Таблица 2. Степень влияния упражнений второй группы на развитие силы основных мышечных групп велосипедистов МТБ, обеспечивающих увеличение скорости в процессе соревновательной деятельности

№ п/п	Упражнения	Темп (шагов/ мин) $M \pm \sigma$	<i>m. vastus lateralis</i>	<i>m. rectus femoris</i>	<i>m. erector spinae</i>
1	Приседания	41 ± 2	+	+	–
2	Приседания (медленно)	9 ± 5	+	+	–
3	Приседания со штангой 20 кг	36 ± 7	++	++	–
4	Приседания со штангой 20 кг (медленно)	11 ± 7	++	+	–
5	Приседания со штангой 50 кг	31 ± 6	++++	+++	–
6	Жим лежа (150 кг)	18 ± 4	+++++	+++++	–
7	Тяга штанги спиной (30 кг)	20 ± 3	++	++	++

Примечание: тренировочное воздействие:

- + – очень слабое;
- ++ – слабое;
- +++ – среднее;
- ++++ – сильное;
- +++++ – очень сильное.

Анализ данных, представленных в табл. 2, позволяет утверждать, что высокую эффективность для развития силы мышц бедра (*m. vastus lateralis*, *m. rectus femoris*) имеет упражнение «жим ногами лежа». Регуляция межмышечных координационных взаимоотношений при выполнении жима ногами будет приближаться к характеристикам педалирования, а тренировочный эффект станет более высоким, если индивидуально регулировать вес сопротивления и темп выполнения упражнения. Упражнение «приседание со штангой весом 50 кг»

менее эффективно. Упражнения без отягощения и с малыми весами не имеют положительного влияния на развитие силы основных групп мышц велосипедистов МТБ.

По-видимому, эффективность упражнений со свободными весами будет определяться индивидуальным подбором веса отягощения и скоростью (темпом) выполняемого движения. Таким образом, большинство упражнений второй группы относятся к средствам общей физической подготовки. Для развития специальных силовых качеств основных мышечных групп велосипедистов МТБ, обеспечивающих увеличение скорости в процессе соревновательной деятельности с помощью упражнений второй группы, необходимо индивидуально подбирать вес отягощения (сопротивления) и темп выполнения упражнений на основании анализа ЭМГ тренируемых мышечных групп.

2.3.3. Биомеханический анализ упражнений третьей группы

Работа на шоссе занимает большой объем времени в подготовительном периоде годового цикла тренировки велосипедистов МТБ. В этой связи к упражнениям третьей группы были отнесены темповые заезды в подъем по шоссе с разным передаточным соотношением шестеренок. Всего было изучено 15 вариантов работы с разной скоростью, темпом педалирования и передаточным соотношением.

На рис. 33–36 представлены показатели ЭМГ исследуемых мышечных групп при наиболее эффективных вариантах преодоления подъемов на шоссе. Общей тенденцией, отличающей педалирование на трассе МТБ и шоссе, является меньший вклад в достижение рабочей мощности педалирования мышечных групп передней поверхности бедра (*m. vastus lateralis*, *m. rectus femoris*) и больший вклад мышечных групп задней поверхности бедра (*m. biceps femoris caput longus*) при движении по шоссе.

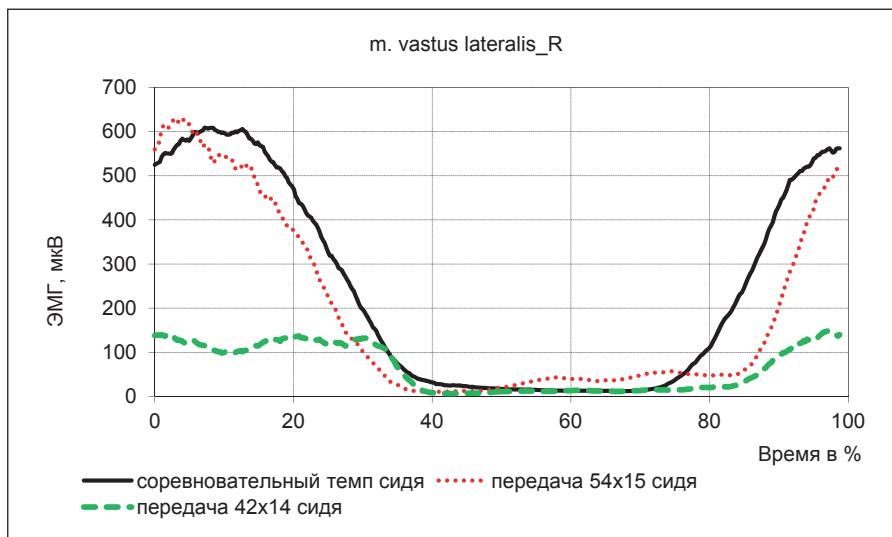


Рисунок 33. ЭМГ профили *m. vastus lateralis_R* на подъемах трассы МТБ (соревновательный темп) и шоссе (передаточные соотношения 54x15 и 42x14)

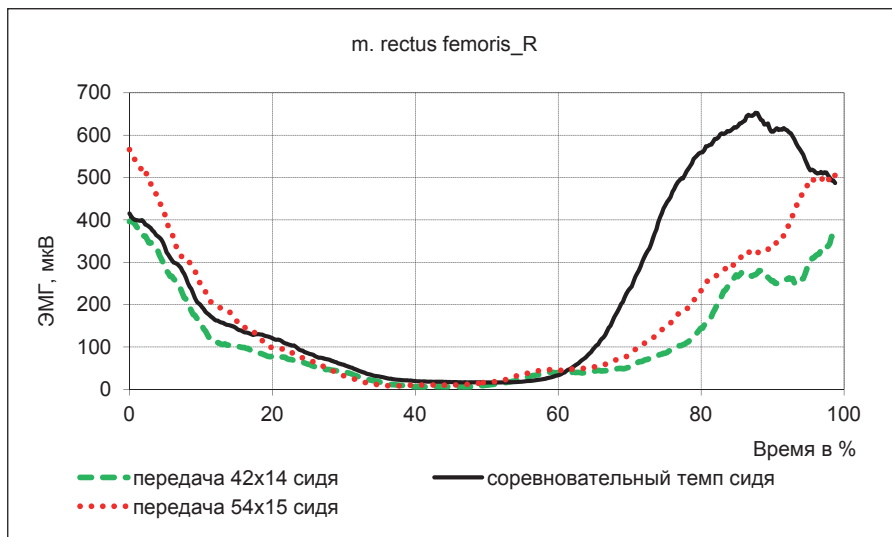


Рисунок 34. ЭМГ профили *m. rectus femoris_R* на подъемах трассы МТБ и шоссе

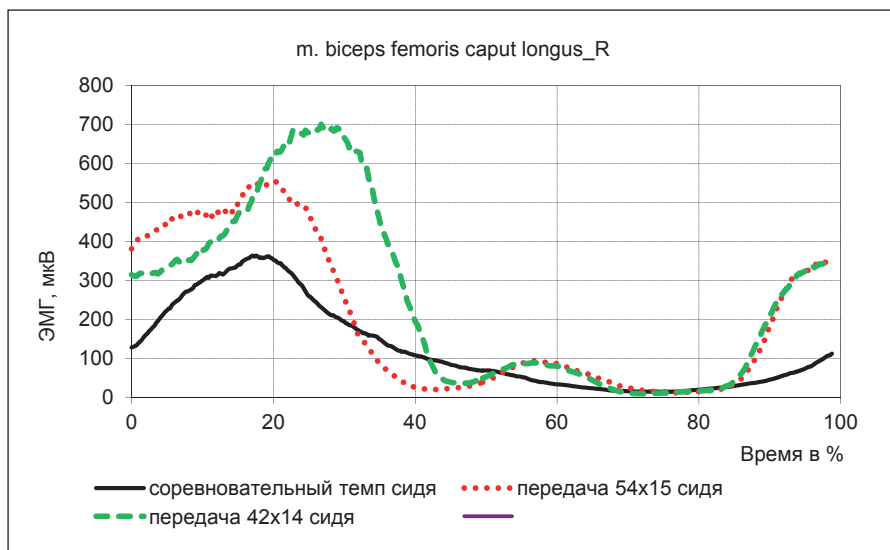


Рисунок 35. ЭМГ профили *m. biceps femoris caput longus_R* на подъемах трассы МТБ и шоссе

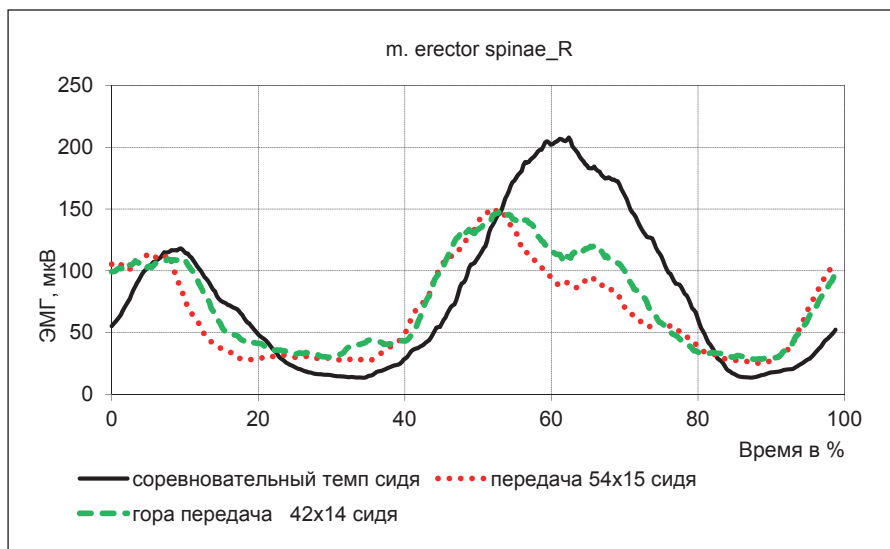


Рисунок 36. ЭМГ профили *m. erector spinae_R* на подъемах трассы МТБ и шоссе

Анализ полученных результатов показал, что при движении по асфальту в подъемы с разным уклоном наиболее эффективными для развития специальных силовых качеств являются передаточные соотношения, позволяющие поддерживать темп педалирования, характерный для преодоления подъемов на трассе МТБ с соревновательной скоростью (мощностью).

Упражнения, выполняемые с меньшим или большим темпом педалирования ($\pm 10\%$ и более), независимо от передаточного соотношения и величины развиваемых усилий, имели значительные отклонения в синхронизации амплитудных и временных параметров электрической активности исследуемых мышечных групп.

Таким образом, для развития специальных силовых качеств велосипедистов МТБ на шоссейных велосипедах при движении по асфальтовому покрытию необходим индивидуальный подбор передаточных соотношений шестеренок, позволяющий в процессе педалирования приблизиться к силовым и темповым характеристикам, соответствующим соревновательным параметрам педалирования на трассе для маунтинбайка.

РАЗДЕЛ 3. МЕТОДИКА СПЕЦИАЛЬНОЙ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ВЕЛОСИПЕДИСТОВ МТБ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

В настоящее время известно, что эффективность соревновательной деятельности в циклических видах спорта на выносливость определяется главным образом уровнем аэробной производительности и показателями экономичности двигательных действий спортсмена на дистанции [11].

В специальной литературе появляются экспериментальные данные, свидетельствующие о положительном влиянии силовой тренировки на уровень специальной физической подготовленности велосипедистов МТБ высокой квалификации. Авторы отмечают повышение эффективности педалирования, увеличение площади поперечного сечения мышц бедра без увеличения массы тела спортсмена, максимальной изометрической силы и пиковой мощности в тесте Wingate, выходной мощности при концентрации La 2–4 ммоль/л и др. [12, 13, 14, 15]. Вместе с тем также подчеркивается, что при параллельном развитии силы и выносливости могут наблюдаться негативные тенденции в развитии показателей мощности работы, аэробной производительности, гипертрофии и функциональной специализации определенных мышечных групп и др. [16, 17, 18, 19].

Экспериментальные результаты, изложенные в разд. 2 методического пособия, позволяют сформулировать ряд требований к эффективным средствам специальной силовой подготовки велосипедистов МТБ высокой квалификации:

- локализация воздействия на основные мышечные группы, обеспечивающие увеличение скорости (мощности) в процессе гонки на МТБ-трассе;
- биодинамическое соответствие режима работы нервно-мышечного аппарата при выполнении специальных силовых упражнений параметрам кинематической структуры движений соревновательного упражнения;
- субмаксимальная интенсивность, обеспечивающая согласованную работу мышечных групп для достижения высокой выходной мощности в короткие периоды времени при выполнении специальных упражнений на велосипеде.

Этим требованиям удовлетворяют упражнения из второй и третьей групп исследованных средств силовой подготовки велосипедистов МТБ (разд. 2.3).

Для велосипедистов МТБ основным механизмом развития силовых качеств с применением свободных отягощений и тренажерных устройств является повышение нейрорегуляторных возможностей мышц спортсменов к рекрутированию двигательных единиц. Развитию этого механизма способствует использование различных средств силовой подготовки со значительными отягощениями. Наиболее предпочтительными являются отягощения в диапазоне 4–6 ПМ как стимулирующие максимальную активность разных двигательных единиц.

Механизм развития силовых качеств за счет гипертрофии мышц и, следовательно, возможного увеличения массы тела менее предпочтителен, так как со спортивной результативностью велосипедистов МТБ коррелируют только показатели специальной работоспособности и аэробной производительности, соотнесенные с массой тела спортсменов.

3.1. Классификация тренировочных нагрузок, направленных на развитие специальных силовых качеств велосипедистов МТБ

Результаты исследования, представленные в разд. 1 и 2 методического пособия, позволили разработать классификацию специальных тренировочных нагрузок силовой направленности для велосипедистов МТБ высокой квалификации (табл. 3).

Таблица 3. Классификация специальных тренировочных нагрузок силовой направленности велосипедистов МТБ высокой квалификации

№ п/п	Направленность нагрузки	Величина сопротивления в % от максимума	Метод	Интенсивность, %	Количество повторений	Восстановление	Условия
1	Максимальная сила	85–90	Концентрический (максимальных усилий)	100	4–6 ПМ	Полное	Тренажерный зал
	Силовая выносливость	70–80	Концентрический (динамических усилий)	100	8–15 ПМ	Неполное	Тренажерный зал
2	Специальная силовая выносливость	Мощность (скорость) и темп педалирования	Повторный, интервальный	Время работы	Количество повторений в серии	Количество серий	Пауза Между повторениями/сериями
	Максимальная (анаэробная выносливость)	90–100	Повторный	40–60 с	6–10	2–4	1–5 мин / 10–20 мин
Зоны мощности (интенсивности)	Максимальная (аэробная мощность)	$\geq$ сравновательной на 5–10%	Повторный, интервальный	4–6 мин	5–8	1–3	
	Субмаксимальная (критическая мощность)	$<$ сравновательной на 5–10%	Повторный, интервальный	8–12 мин	4–6	1–3	4–8 мин / 15–20 мин

В соответствии с данными табл. 3 тренировочные нагрузки силовой направленности по условиям, в которых выполняются упражнения, можно разделить на две группы: нагрузки в тренажерном зале и нагрузки в условиях МТБ-трассы или шоссе.

В первом случае нагрузки направлены на развитие максимальной силы мышечных групп, обеспечивающих увеличение мощности педалирования в процессе соревновательной деятельности, во втором – связаны с ростом силовой выносливости и адаптацией нервно-мышечного аппарата велосипедистов МТБ к специальной работе на уровне рекордных показателей мощности (скорости) преодоления подъемов на соревновательной дистанции.

В основе методики совершенствования способности к реализации специальных силовых качеств в тренировочной и соревновательной деятельности лежит принцип сопряженности воздействия, а именно применение таких упражнений, которые интегрируют элементы специальной силовой, технической и функциональной подготовленности в единый комплекс, определяющий эффективность соревновательной деятельности и рост спортивного мастерства велосипедистов МТБ.

Если принцип сопряженности воздействия выдерживается, то возрастающий уровень силовой подготовленности тесно увязывается с функциональными возможностями и уровнем технико-тактического мастерства велосипедистов МТБ, образуя достаточно слаженную систему реализации их двигательного потенциала в соревновательной деятельности.

Нарушение этого принципа вследствие неправильного выбора величины отягощения при выполнении силовых упражнений, интенсивности и передаточных соотношений для упражнений в условиях МТБ-трассы и шоссе приводит к формированию неэффективных координационных взаимоотношений межсистемной регуляции двигательной и вегетативных функций.

3.2. Методика применения средств специальной силовой подготовки велосипедистов МТБ

Начало целенаправленного применения тренировочных средств силовой направленности можно обозначить как этап предварительной силовой подготовки. Как правило, он совпадает с окончанием общеподготовительного этапа подготовительного периода тренировки. Перед тем как перейти к выполнению силовых нагрузок высокой интенсивности, необходимо увеличить объем упражнений, направленных на укрепление связок и сухожилий, активацию пластических процессов и подготовку основных мышечных групп спортсменов к работе с высоким напряжением.

В табл. 4 и 5 представлены средства силовой подготовки и методика их применения в начале этапа предварительной силовой подготовки.

Таблица 4. Средства силовой подготовки велосипедистов МТБ на этапе предварительной силовой подготовки

	Группы мышц	
	Нижних конечностей	Верхних конечностей и туловища
Упражнения	Бедро: <i>m. vastus lateralis</i> , <i>m. rectus femoris</i> , <i>m. gastrocnemius medialis</i> . Голень: <i>m. tibialis anterior</i> , <i>m. gastrocnemius</i> , <i>m. soleus</i>	Плечо, предплечье: <i>m. flexor carpi radialis</i> , <i>m. flexor carpi ulnaris</i> , <i>m. brachioradialis</i> , <i>m. deltoideus</i> . Спина, живот: <i>m. erector spinae</i> , <i>m. trapezius</i> , <i>m. rectus abdominis</i>
С собственным весом и умеренным отягощением	Приседания на одной ноге, приседания на двух ногах, полуприседы и приседы со штангой, выпады со штангой, жим одной и двумя ногами	Висы на высокой и низкой перекладинах, «планка», «боковая планка», сгибания туловища лежа, повороты туловища сидя, скручивание с поднятыми ногами, «складка», тяги сидя и в наклоне, сгибание и разгибание кистей на кистевом тренажере

Упражнения с собственным весом применяются в качестве разминки и общеукрепляющих средств перед основной частью тренировки.

Таблица 5. Методика применения упражнений силовой направленности на этапе предварительной силовой подготовки велосипедистов МТБ

Содержание	Рекомендации по применению силовых тренировочных упражнений
Интенсивность упражнений	70–80% (1ПМ)
Количество повторений в подходе	8–15
Количество серий выполнения одного упражнения (подходов)	3–4
Паузы между подходами/сериями	1–2 мин / 3–5 мин
Количество силовых упражнений в тренировке	4–5
Продолжительность основной части тренировки	20–30 мин
Количество тренировок в неделю	2
Инвентарь	Штанги, гири или гантели, силовые тренажеры, вспомогательное оборудование

Методика выполнения этих упражнений определяется следующими положениями: количество повторений в подходе – 10–15, упражнений в серии – 3–6, пауза между подходами – 2–3 мин. Упражнения делаются в медленном темпе, применяются дополнительные отягощения (разгибание туловища, вращение и скручивания с отягощением, «планки» и др.).

В основной части силовой тренировки выполняется по 5–6 упражнений в 4–5 подходах по 8–12 повторений. Сопротивление – 70–80% от максимума, темп выполнения естественный, равномерный, без рывков.

Упражнения в каждом подходе (кроме первого) делаются до выраженного утомления – «до отказа»; последовательно: спортсмен должен выполнить одно упражнение – 4–5 подходов подряд по

8–15 повторений, только после этого переходить к следующему. Отдых между подходами одного упражнения – 2–3 мин. Упражнения на мышцы туловища и верхних конечностей могут чередоваться с упражнениями на нижние конечности.

Продолжительность этапа предварительной силовой подготовки составляет 2–3 недели в зависимости от условий организации тренировочного процесса, его периодизации, уровня силовой подготовленности велосипедистов.

На специально-подготовительном этапе и в соревновательном периоде силовые тренировки должны быть посвящены сопряженному развитию максимальной силы мышечных групп, обеспечивающих увеличение мощности педалирования, и достижению необходимого уровня специальной силовой выносливости для эффективной соревновательной деятельности. В табл. 6–8 представлены средства силовой подготовки и методика их применения на специально-подготовительном этапе и в соревновательном периоде годичного цикла тренировки велосипедистов МТБ.

На каждой тренировке, направленной на развитие максимальной силы, желательно выполнять по 2–4 основных упражнения в 2–4 подходах по 4–6 повторений. Сопротивление – 85–90% от 1ПМ. Продолжительность движения в концентрической фазе (преодолевающий режим – движение снаряда вверх) – 0,8–0,9 с при активном выдохе с фиксацией в конечной точке траектории, в эксцентрической фазе (уступающий режим – движение снаряда вниз) – 2–3 с. Упражнения в каждом подходе (кроме первого) должны выполняться до выраженного утомления – «до отказа».

Таблица 6. Средства силовой подготовки на специально-подготовительном этапе и в соревновательном периоде тренировки велосипедистов МТБ

Упражнения	Группы мышц	
	Нижних конечностей	Верхних конечностей и туловища
	Бедро: <i>m. vastus lateralis</i> , <i>m. rectus femoris</i> , <i>m. gastrocnemius medialis</i> . Голень: <i>m. tibialis anterior</i> , <i>m. gastrocnemius</i> , <i>m. soleus</i>	Плечо, предплечье: <i>m. flexor carpi radialis</i> , <i>m. flexor carpi ulnaris</i> , <i>m. brachioradialis</i> , <i>m. deltoideus</i> . Спина, живот: <i>m. erector spinae</i> , <i>m. trapezius</i> , <i>m. rectus abdominis</i>
С собственным весом и умеренным отягощением	Полуприседы, приседы и глубокие приседы со штангой, жим одной и двумя ногами (угол в коленных суставах от 90° до полного разгибания)	Висы на высокой и низкой перекладинах, «планка», тяги сидя и в наклоне, сгибание и разгибание кистей на кистевом тренажере
На МТБ-трассе и шоссе	Способность удерживать целевые показатели мощности (скорости) и темпа при движении по сильно пересеченной местности (на разных отрезках дистанции)	

Упражнения выполняются последовательно: спортсмен сначала делает одно упражнение – 2–4 подхода подряд по 4–6 повторений, только после этого переходит к следующему. Отдых между подходами одного упражнения около 3–5 мин, до хорошего субъективного самочувствия.

При выполнении специальных силовых упражнений на МТБ-трассе и шоссе выбор передаточного соотношения должен обеспечить целевую мощность и темп педалирования в течение всего времени выполнения упражнения.

Таблица 7. Методика применения упражнений силовой направленности на специально-подготовительном этапе и в соревновательном периоде тренировки велосипедистов МТБ

Содержание	Рекомендации по применению силовых тренировочных упражнений
Интенсивность упражнений	85–90% (1ПМ)
Количество повторений в подходе	4–6
Количество серий выполнения одного упражнения (подходов)	2–4 (в зависимости от календаря соревнований)
Паузы между подходами, сериями	3–5 мин
Количество силовых упражнений в тренировке	2–4
Характер движения	Равномерный
Количество тренировок в неделю	1–2 (в зависимости от календаря соревнований)
Инвентарь	Штанги, силовые тренажеры, вспомогательное оборудование

Индивидуальное нормирование веса отягощения при выполнении силовых упражнений

Для нормирования силовых нагрузок при использовании штанги в циклических видах применяют аппаратно-программные комплексы типа MuscleLab (Норвегия) или «СпортЛаб» (Россия), оснащенные датчиками линейных перемещений, АЦП и специальным программным обеспечением. Общий вид методики представлен на рис. 37.

По линейным перемещениям программой рассчитываются скорости и ускорения. Тест «Мощность – сила – скорость» определяет мощность, силу и скорость при выполнении упражнения «приседания со штангой на плечах».

Таблица 8. Методика применения упражнений силовой направленности на МТБ-трассе и шоссе на специально-подготовительном этапе и в соревновательном периоде тренировки велосипедистов МТБ

Содержание	Рекомендации по применению силовых тренировочных упражнений
Интенсивность упражнений	90–110% от соревновательной скорости (мощности). В зависимости от направленности: – анаэробная выносливость; – аэробная мощность; – критическая мощность (специальная силовая выносливость)
Продолжительность однократного выполнения нагрузки	В зависимости от направленности: – анаэробная выносливость: 40–60 с; – аэробная мощность: 4–6 мин; – критическая мощность (специальная силовая выносливость): 8–12 мин
Паузы между повторениями/сериями	В зависимости от направленности: – анаэробная выносливость: 1–5 мин / 10–20 мин; – аэробная мощность: 4–5 мин / 15–20 мин; – критическая мощность (специальная силовая выносливость): 4–8 мин / 15–20 мин
Количество тренировок в неделю	2–3 (в зависимости от календаря соревнований)
Дополнительное оборудование	Power-метры

Спортсмен выполняет несколько приседаний (обычно 5–6), контролируется их глубина. Для каждой попытки в зависимости от выбранного режима на экране монитора отображаются номер попытки, внешняя нагрузка, средняя мощность, средняя сила, средняя скорость, перемещение, максимальная скорость, время достижения максимальной скорости, время выполнения преодолевающей фазы и время выполнения уступающей фазы.

Для построения зависимости «мощность – сила – скорость» необходимо выполнять упражнения с 3–5 различными весами. По результатам тестирования строится зависимость «сила – скорость – мощность» (рис. 38).

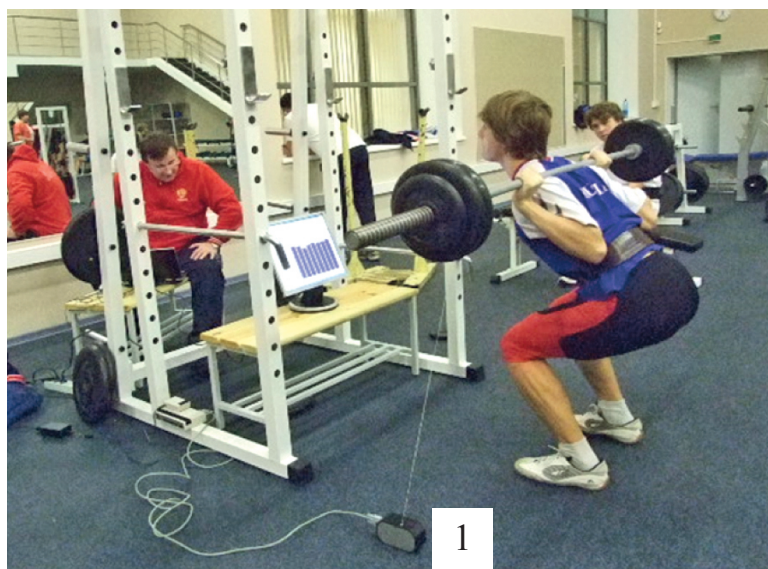


Рисунок 37. Выявление рационального веса отягощения в упражнении «приседания со штангой на плечах» для тренировки силовых качеств спортсменов с помощью системы MuscleLab
1 – регистратор линейных перемещений

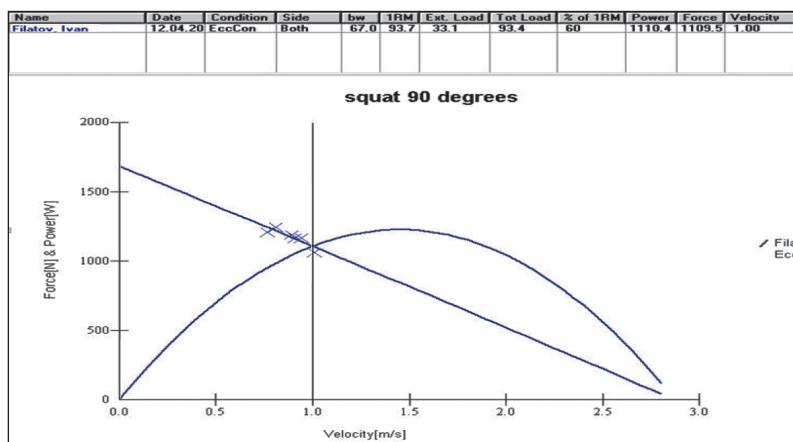


Рисунок 38. Анализ зависимости «сила – скорость» в упражнении «приседания со штангой на плечах» позволяет определить наиболее эффективный вес снаряда для развития мощности сокращения мышц нижних конечностей

Главное при тренировке со штангой – поддержание скорости разгибания нижних конечностей, которая должна соответствовать соревновательной. Для велосипедистов скорость разгибания нижних конечностей составляет около 0,8–0,9 м/с.

3.3. Экспериментальное обоснование эффективности специальной силовой подготовки на специально-подготовительном этапе годичного цикла тренировки велосипедистов МТБ высокой квалификации

С целью научного обоснования разработанной методики специальной силовой подготовки велосипедистов МТБ высокой квалификации был выполнен констатирующий педагогический эксперимент, в котором принимали участие четыре велосипедиста МТБ молодежной сборной команды России квалификации КМС и МС. Он проводился в условиях естественного тренировочного процесса на учебно-тренировочном сборе.

Длительность эксперимента составила 10 недель (специально-подготовительный этап годичного цикла тренировки). Совершенствованию специальных силовых качеств посвящалось 1–3 учебно-тренировочных занятия в неделю. Всего спортсмены провели 19 учебно-тренировочных занятий, направленных на сопряженное развитие максимальной силы и силовой выносливости, применяя в процессе подготовки методические рекомендации, разработанные на основании выполненных экспериментальных исследований.

Эффективность методики специальной силовой подготовки оценивалась по результатам функционального тестирования, которое осуществлялось в лабораторных условиях и было направлено на определение уровня специальной работоспособности (мощности нагрузки) и функционального состояния велосипедистов МТБ. В тестировании применялся стандартный ступенчатый тест (incremental test). Нагрузка задавалась автоматически с помощью велостанка ELITE (модель REAL-TURBO-MUIN, Италия), укомплектованного стандартным программным обеспечением. Для выполнения тестирующей нагрузки спортсмены использовали собственные велосипеды.

Продолжительность ступени составляла 2 мин, начальная мощность – 140 Вт, темп педалирования (постоянный) – 85–95 об./мин. Тест выполнялся «до отказа», т.е. критерием прекращения работы служило снижение мощности тестирующей нагрузки и субъективное ощущение некомпенсированного утомления.

Показатели внешнего дыхания и газообмена регистрировались с помощью системы кардиореспираторного нагрузочного тестирования MetaLyzer 3B (Cortex, Лейпциг, Германия); воздушный поток измеряли с использованием турбинного преобразователя (Triple V). Перед тестированием проводилась двухточечная калибровка газа (первый газ – 15% O₂, 5% CO₂; второй газ – окружающий воздух). Перед каждым испытанием осуществляли калибровку газа по одной точке с помощью окружающего воздуха, а также калибровку датчика потока с использованием шприца объемом 3 л (Hans Rudolph, Kansas City, USA).

В процессе обследования определялись следующие показатели внешнего дыхания и газообмена:

VE (л/мин) – минутный объем дыхания (BTPS);

VO₂ (л/мин) – скорость потребления кислорода;

VO_{2max} (л/мин) – максимальная скорость потребления кислорода (МПК);

VO_{2max}/кг (мл/кг/мин) – относительное потребление кислорода;

RER – дыхательный коэффициент (VCO₂/VO₂);

VEO₂ – вентиляционный эквивалент по кислороду – рассчитывается как отношение легочной вентиляции к скорости потребления кислорода (VE/VO₂);

VO_{2пано} (л/мин) – скорость потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена;

VO_{2пано} % VO_{2max} (%) – скорость потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена относительно уровня МПК;

O₂пульс (мл/уд.) – кислородный пульс – рассчитывается как отношение максимальной скорости потребления кислорода к частоте сердечных сокращений (VO_{2max}/ЧСС).

Критериями локализации ПАНО служили изменение линейного характера роста вентиляции легких, снижение процентного содержания CO₂ (LV2) в выдыхаемом воздухе (порог респираторной компенсации).

На третьей и восьмой минутах восстановительного периода после тестирующей нагрузки определялась концентрация лактата в капиллярной крови. Анализ проводился экспресс-методом с помощью портативного автоматического фотометрического прибора Accusport (Германия).

Оценка специальной работоспособности и функционального состояния велосипедистов была сделана на основании анализа эргометрических (мощностных) показателей работоспособности, показателей максимальной аэробной производительности и поглощения кислорода на уровне ПАНО относительно VO_2max . Также анализировались особенности адаптации кардиореспираторной системы к тестирующей нагрузке, произошедшие за экспериментальный период наблюдений.

В табл. 9 представлена динамика показателей специальной работоспособности и функционального состояния велосипедистов МТБ за экспериментальный период наблюдений. Установлено, что за исследованный период у велосипедистов МТБ достоверно увеличились показатели максимальной мощности тестирующей нагрузки и мощности на уровне ПАНО, соотнесенные с массой тела спортсменов. Также наблюдалась тенденция увеличения максимальной аэробной производительности (6,5%). Однако достоверных различий между результатами первого и второго тестирования не выявлено, по-видимому, из-за малого объема выборки испытуемых.

Таблица 9. Динамика специальной работоспособности и функционального состояния велосипедистов МТБ за экспериментальный период наблюдений

№ п/п	Показатели	Тестирование I	Тестирование II	Р
		$\bar{X} \pm \sigma$ n = 4	$\bar{X} \pm \sigma$ n = 4	
1	Рост, см	179,5 ± 2,7	179,8 ± 3,1	> 0,05
2	Масса тела, кг	70,2 ± 4,6	70,0 ± 3,5	> 0,05
3	ЧССпокой, уд./мин	68,5 ± 9,7	62,0 ± 6,1	> 0,05
4	ММ, %	52,7 ± 1,8	53,6 ± 1,1	> 0,05
5	ЖМ, %	10,5 ± 3,9	9,3 ± 3,2	> 0,05
6	Powermax, Вт/кг	6,21 ± 0,60	6,97 ± 0,14	< 0,05
7	VE, л/мин	151,0 ± 29,2	159,9 ± 20,1	> 0,05
8	VO ₂ , мл/мин/кг	63,0 ± 9,7	67,1 ± 3,1	> 0,05
9	ЧССтах, уд./мин	198,0 ± 4,4	190,0 ± 4,8	< 0,01
10	O ₂ пульс, мл/уд.	21,7 ± 1,8	24,7 ± 0,6	< 0,02
11	La 3 мин, ммоль/л	11,1 ± 3,2	11,4 ± 1,5	> 0,05
12	La 8 мин, ммоль/л	7,9 ± 2,2	9,1 ± 2,3	> 0,05
13	Powerпано, Вт/кг	4,68 ± 0,48	5,58 ± 0,21	< 0,03
14	ЧССпано, уд./мин	172,8 ± 7,3	166,3 ± 2,6	> 0,05
15	VO ₂ пано % VO ₂ max	82,6 ± 6,4	84,7 ± 4,5	> 0,05

В конце экспериментального периода наблюдалось достоверное снижение показателя ЧССтах и увеличение O₂пульса по сравнению с исходными показателями. Можно утверждать, что за исследуемый период существенно увеличилась эффективность функционирования кислородтранспортной системы велосипедистов МТБ.

Несмотря на возросший уровень специальной работоспособности велосипедистов МТБ за экспериментальный период наблюдений, показатели лактата крови после выполнения тестирующей нагрузки практически остались без изменений. Этот факт свидетельствует

об увеличении вклада аэробного механизма в общий баланс энергообеспечения при выполнении тестирующей нагрузки.

Таким образом, результаты эксперимента убедительно доказали, что увеличение объема тренировочных нагрузок силовой направленности на специально-подготовительном этапе способствовало повышению специальной работоспособности, эффективности адаптации кардиореспираторной системы и аэробного механизма энергообеспечения велосипедистов МТБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе соревновательной деятельности велосипедисты МТБ высокой квалификации около 40% времени работают на мощности, превышающей порог анаэробного обмена. Фактором, определяющим результативность спортсменов, является высокий уровень специальной силовой подготовленности и устойчивости работоспособности в зонах субмаксимальной (критической) и максимальной (надкритической) мощности при полной реализации возможностей аэробного и лактатного механизмов энергообеспечения.

Впервые изучена электрическая активность нервно-мышечного аппарата велосипедистов МТБ высокой квалификации при моделировании соревновательной деятельности в естественных условиях МТБ-трассы.

Основными мышечными группами, влияющими на увеличение мощности педалирования в соревновательных условиях у спортсменов, являются латеральная (боковая) головка четырехглавой мышцы бедра – *m. vastus lateralis*; передняя головка четырехглавой мышцы бедра – *m. rectus femoris*; двуглавая мышца бедра – *m. biceps femoris caput longus*; голень – икроножная мышца – *m. gastrocnemius medialis*. Общая тенденция при движении в подъем – возрастание амплитуды миограммы с увеличением темпа педалирования (скорости).

Выявлены существенные отличия в работе нервно-мышечного аппарата велосипедистов при преодолении подъемов в высоком темпе сидя в седле и стоя:

- в положении стоя увеличение амплитуды ЭМГ наблюдается у латеральной головки четырехглавой мышцы бедра (*m. vastus lateralis*) и двуглавой мышцы бедра (*m. biceps femoris caput longus*). При этом у передней головки четырехглавой мышцы бедра (*m. rectus femoris*) и икроножной мышцы (*m. gastrocnemius medialis*) электрическая активность в разных положениях педалирования значительных отличий не имеет;

- педалирование стоя увеличивает максимальную амплитуду ЭМГ дельтовидной и трехглавой мышц плеча (*m. deltoideus* и *m. triceps brachii*), а также прямой мышцы спины (*m. erector spinae*) на 50–100% по сравнению с педалированием сидя;

- педалирование стоя значительно увеличивает энерготраты велосипедистов по сравнению с педалированием сидя и, по-видимому,

не является рациональным в связи с незначительным увеличением скорости прохождения контрольных отрезков.

Высокий синергический эффект локомоторного аппарата нижних конечностей велосипедистов МТБ проявляется при достижении мощности педалирования около 85–90% max, что свидетельствует о повышении не только внутримышечной координации путем включения в работу дополнительных двигательных единиц разных типов, но и межмышечной координации за счет увеличения согласования работы разных мышечных групп для реализации их силового потенциала.

Показано, что тренировочные упражнения, выполняемые в режиме субмаксимальной (критической) мощности, будут наиболее эффективными для развития специальных силовых качеств (силовой выносливости) спортсменов.

Выявлена высокая степень индивидуальности при исследовании ЭМГ основных мышечных групп, обеспечивающих увеличение скорости велосипедистов МТБ в процессе преодоления подъемов. У высококвалифицированных спортсменов формируется индивидуальный стиль преодоления подъемов на основе реализации индивидуальных технических характеристик педалирования, которые в каждом конкретном случае будут зависеть от функциональных возможностей биомеханической системы управления движениями и реализации силового потенциала мышечных групп, несущих основную нагрузку.

При спусках велосипедисты испытывают значительную вибрацию на руле, связанную с микрорельефом МТБ-трассы. Установлено, что при увеличении частоты вибрации с 6 до 12 Гц сила сгибателей кисти может достигать величины 37–42% и более от максимальной силы, что приводит к окклюзии кровеносных сосудов и, как следствие, снижению скорости кровотока в мышцах предплечья и мышцах-синергистах. Нарушение локального кровообращения является причиной развития гипоксии, усиления лактатного метаболизма, что существенно ускоряет наступление утомления.

Анализ биодинамической структуры мышечного сокращения при выполнении упражнений силовой и скоростно-силовой направленности показал, что такие упражнения, как быстрая ходьба и бег в гору, многоскоки и прыжки на двух ногах в гору и вверх, относятся к средствам общей физической подготовки и могут успешно применяться на начальных этапах тренировочного процесса велосипедистов МТБ.

Упражнения «жим ногами лежа» и «приседания со свободными весами» будут приближаться к характеристикам педалирования, а тренировочный эффект возрастет, если индивидуально регулировать вес отягощения и скорость (темп) выполняемых движений. Упражнения на шоссейном велосипеде при движении по асфальту в подъемы с разным уклоном станут эффективными для развития специальных силовых качеств спортсменов, если силовые (мощность) и темповые (cadence) характеристики будут соответствовать соревновательным параметрам педалирования на трассе для маунтинбайка.

Разработана классификация специальных тренировочных нагрузок силовой направленности для велосипедистов МТБ высокой квалификации. В соответствии с данной классификацией тренировочные нагрузки разделены на две группы: выполняемые в тренажерном зале и в условиях МТБ-трассы или шоссе. В первом случае нагрузки направлены на развитие максимальной силы мышечных групп, обеспечивающих увеличение мощности педалирования в процессе соревновательной деятельности, во втором – связаны с развитием силовой выносливости и адаптацией нервно-мышечного аппарата спортсменов к специальной работе на уровне рекордных показателей мощности (скорости) преодоления подъемов на соревновательной дистанции.

Разработана методика специальной силовой подготовки велосипедистов МТБ высокой квалификации. В ее основе лежит принцип сопряженного воздействия, а именно применение таких упражнений, которые интегрируют элементы специальной силовой подготовки, технической и функциональной подготовленности спортсменов в единый комплекс, определяющий эффективность их соревновательной деятельности и рост спортивного мастерства. Методика предусматривает объем, интенсивность и последовательность использования специальных средств силовой направленности на специально-подготовительном этапе годичного цикла тренировки велосипедистов высокой квалификации.

Целенаправленное применение специальных тренировочных нагрузок силовой направленности оказало выраженное воздействие на увеличение работоспособности и повышение эффективности адаптации кардиореспираторной системы и аэробного механизма энергообеспечения велосипедистов МТБ в период эксперимента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Impellizzeri F, Sassi A, Rodriguez-Alonso M, Mognoni P, Marcora S (2002). Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Med Sci Sports Exerc* 34:1808-13.
2. Stapelfeldt B, Schwirtz A, Schumacher YO, Hillebrecht M (2004). Workload demands in mountain bike racing. *Int J Sports Med* 25:294-00.
3. McCole SD, Claney K, Conte JC, Anderson R, Hagberg JM (1990). Energy expenditure during bicycling. *J Appl Physiol* 68:748-53.
4. Prins L, Terblanche E, Myburgh KH (2007). Field and laboratory correlates of performance in competitive cross-country mountain bikers. *J Sports Sci* 25:927-35.
5. Gregory J, Johns DP, Walls JT (2007). Relative vs. absolute physiological measures as predictors of mountain bike cross-country race performance. *J Strength Cond Res* 21:17-22.
6. Impellizzeri FM, Marcora SM, Rampinini E, Mognoni P, Sassi A (2005). Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *Br J Sports Med* 39:747-51.
7. Machado CEP, Caputo F, de Lucas RD, Denadai BS (2002). Fatores fisiológicos e antropométricos associados com a performance em subida no ciclismo off road. *Rev Bras Cien Mov* 10:35-40.
8. Vanhatalo A, Poole DC, DiMenna FJ, Bailey SJ, Jones AM (2011). Muscle fiber recruitment and the slow component of O₂ uptake: constant work rate vs. all-out sprint exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 300, R700–R707.
9. Vanhatalo A, Black MI, DiMenna FJ, Blackwellet JR et al. (2016). The mechanistic bases of the power-time relationship: muscle metabolic responses and relationships to muscle fibre type. *Journal of Physiology*, pp. 1–17.
10. Krstrup P, Soderlund K, Mohr M, Bangsbo J (2004). The slow component of oxygen uptake during intense, sub-maximal exercise in man is associated with additional fibre recruitment. *Eur J Physiol* 447:855-866.
11. Joyner MJ, Coyle EF (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol* 586:35-44.
12. Bastiaans JJ, van Diemen AB, Veneberg T, Jeukendrup AE (2001). The effects of replacing a portion of endurance training by explosive strength training on performance in trained cyclists. *Eur J Appl Physiol* 86:79-84.

13. Botella J, Sarabia JM, Guillen S, Lopez-Gruero R, Häkkinen K, Sabido R (2017). Maximal-strength and its maintenance versus endurance-strength and its cessation in well-trained off-road cyclists. *J Sports Med Phys Fitness* 57(4):504-505.
14. Rønnestad BR, Hansen EA, Raastad T. (2010). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 108, 965–975.
15. Hansen EA., Rønnestad BR, Vegge G, Raastad T (2012). Cyclists Improvement of Pedaling Efficacy and Performance After Heavy Strength Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7, 313–321.
16. Häkkinen K, Alen M, Kraemer WJ, Gorostiaga E, Izquierdo M, Rusko H, Mikkola J, Häkkinen A, Valkeinen H, Kaarakainen E, Romu S, Erola V, Ahtiainen J, Paavolainen L (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol* 89:42-52.
17. Putman CT, Xu X, Gillies E, MacLean IM, Bell GJ (2004). Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fibre-type distribution in humans. *Eur J Appl Physiol* 92:376-384.
18. Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, Harman EA, Deschenes MR, Reynolds K, Newton RU, Triplett NT, Dziados JE (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol* 78:976-989.
19. Krstrup P, Secher NH, Relu MU, Hellsten Y, Söderlund K, Bangsbo J (2008). Neuromuscular blockade of slow twitch muscle fibres elevates muscle oxygen uptake and energy turnover during submaximal exercise in humans. *J Physiol* 586:6037-6048.

Для заметок

МЕТОДИКА СПЕЦИАЛЬНОЙ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ВЕЛОСИПЕДИСТОВ (МАУНТИНБАЙК)

Учебно-методическое пособие

Редактор:
Т.А. Гетьманова

Заказ № 03912-22. Тираж 300 экз.
Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»,
142100, Московская область, г. Подольск,
Революционный проспект, д. 80/42.
Тел.: 8 (4967) 69-97-22, 8 (4967) 69-97-29.
E-mail: zakaz@pfop.ru