

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**МЕТОДИКА СПЕЦИАЛЬНОЙ
СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ
СПОРТСМЕНОВ-СКАЛОЛАЗОВ**

Учебно-методическое пособие

Москва
2020

УДК 796.526

ББК 75.8

В754

Рецензент А. В. Ваваев, начальник Управления научно-методического сопровождения ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, руководитель комплексной научной группы сборной Российской Федерации по скалолазанию, кандидат биологических наук.

Методика специальной силовой подготовки спортсменов-скалолазов: учебно-методическое пособие / А. В. Воронов, П. В. Квашук, А. А. Воронова [и др.]; ФГБУ ФНЦ ВНИИФК. – М., 2020. – 76 с.

ISBN 978-5-907217-88-1

Учебно-методическое пособие разработано по результатам научно-исследовательской работы «Разработка методики специальной силовой подготовки на основе биомеханического анализа соревновательной деятельности спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта с высоким проявлением силовых качеств», выполненной на основании приказа Минспорта России от 14 декабря 2018 г. № 1034 «Об утверждении тематического плана проведения прикладных научных исследований в области физической культуры и спорта в целях формирования государственного задания для подведомственных Министерству спорта Российской Федерации научных организаций и образовательных организаций высшего образования на 2019–2021 годы».

В пособии рассматриваются вопросы силовой подготовки скалолазов-скоростников.

Учебно-методическое пособие может представлять интерес для тренеров, спортсменов и специалистов, слушателей факультетов повышения квалификации, аспирантов.

Авторы выражают благодарность И. В. Баговой, А. В. Ваваеву и Г. В. Жеже за участие и помощь в организации и проведении исследований.

УДК 796.526

ББК 75.8

ISBN 978-5-907217-88-1

© ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, 2020

Авторы

А. В. Воронов – ведущий научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, доктор биологических наук.

П. В. Квашук – ведущий научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, доктор педагогических наук, профессор.

А. А. Воронова – научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК.

Е. А. Ширковец – главный научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, доктор педагогических наук, профессор.

Г. Н. Семаева – старший научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, кандидат биологических наук.

Р. В. Малкин – научный сотрудник лаборатории проблем спортивной подготовки ФГБУ ФНЦ ВНИИФК.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Перечень сокращений и обозначений	5
Введение.....	6
1. Направленность и специфичность силовой тренировки.....	7
2. Тестирование зависимости «сила – скорость» в упражнении «приседания со штангой на плечах».....	11
3. Оценка силы верхних конечностей скалолазов	16
4. Электромиографические особенности функционирования двигательного аппарата скалолазов в забегах на скорость.....	19
5. Оценка последовательности включения и уровня развиваемых усилий при выполнении скалолазами технических элементов	28
5.1. Оценка последовательности включения и уровня развиваемых усилий технического элемента «асимметричный старт».....	28
5.2. Оценка последовательности включения и уровня развиваемых усилий технического элемента «первый перехват»	35
6. Оценка скоростно-силовых показателей мышц, обеспечивающих прирост мощности при забегах на скорость...	43
7. Силовая тренировка скалолазов-скоростников.....	50
Выводы	70
Рекомендуемая литература.....	72

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

R^2	– коэффициент детерминации
δ	– стандартное отклонение
r	– коэффициент корреляции
\bar{X}	– среднее значение признака
$_{L}, _{R}$	– означает левую/правую конечность
W ПАНО	– мощность на уровне порога анаэробного обмена
W макс	– максимальная мощность
W крит.	– мощность при переходе от нагрузки аэробного к анаэробному обеспечению
ДД	– двигательное действие
ДЕ	– двигательные единицы
мМоль/л	– концентрация вещества на 1 литр
ОФП и СФП	– общая и специальная физическая подготовка
Скалолазы-скоростники	– скалолазы, занимающиеся дисциплиной «Лазание на скорость»
Скалолазы-сложники	– скалолазы, занимающиеся дисциплинами «Булдеринг» и «Лазание на трудность»
ПАК	– программно-аппаратный комплекс
ПМ	– повторный максимум
Флашинг	– способ силовой тренировки, применяемый в атлетизме
ЭМГ	– электромиограмма мышц, зарегистрированная методом биполярной накожной миографии

ВВЕДЕНИЕ

Результаты научно-исследовательской работы «Разработка методики специальной силовой подготовки на основе биомеханического анализа соревновательной деятельности спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта с высоким проявлением силовых качеств» позволили выявить основные мышечные группы, влияющие на результат в скоростном скалолазании, определить последовательность их включения при выполнении соревновательного упражнения и уровень развиваемых усилий.

Последовательность включения и величину развиваемых усилий мышц при скалолазании оценивали при выполнении технических элементов «асимметричный старт» и первый перехват» на стенде Finger board. Максимальное усилие рук при асимметричном старте составило 1,2 веса тела спортсмена. При выполнении технического элемента «первый перехват» максимальная сила рук – в 1,5 раза выше веса тела. Впервые выявлено, что работа мышц при выполнении этих технических элементов скалолазами осуществляется в баллистическом режиме. Установлено, что для улучшения результатов в лазании на скорость важное значение имеет уровень развития специальной силы мышц нижних конечностей.

На основе биомеханического анализа двигательных действий скоростников-скалолазов были определены основные двигательные действия при забегах на скорость: отталкивание с двух ног, отталкивание с одной ноги, подтягивание на руках, удержание веса тела на зацепках. Были подобраны специальные упражнения, направленные на развитие скоростно-силовых характеристик мышц верхних и нижних конечностей. Методика их применения предусматривала сочетание баллистических движений нижних конечностей со статическим удержанием тела верхними конечностями. При выполнении изометрических упражнений разработаны критерии собственно силового воздействия на мышцы предплечья и кисти для оптимизации их тренировочного эффекта и минимизации побочных эффектов, связанных с развитием силовой выносливости.

1. НАПРАВЛЕННОСТЬ И СПЕЦИФИЧНОСТЬ СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКИ

Физиологи распределяют упражнения по времени работы и характеру энергообеспечения. Классификатором является мощность выполнения упражнений: максимальная, субмаксимальная, большая и умеренная или вклад основных механизмов образования энергии: фосфатного, лактатного, аэробного в обеспечение работоспособности. За много лет подходы к классификации нагрузок существенно не изменились. В обобщенном виде данные специальной литературы представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Относительная интенсивность тренировочных нагрузок различной направленности

Направленность тренировочного воздействия	Критерии нагрузки			
	Мощность упражнения	ЧСС уд/мин	Содержание молочной кислоты в крови, мМоль/л	pH
Нагрузки преимущественно аэробного воздействия	$\leq W_{\text{пано}}$	130–150	4–5	$\geq 7,35$
Нагрузки смешанного аэробно-анаэробного воздействия:				
субкритические	$\leq W_{\text{крит.}}$	150–180	6–8	7,35–7,15
надкритические	$\geq W_{\text{крит.}}$	≥ 180	8–11	7,15–7,00
Нагрузки анаэробного гликолитического воздействия	$\sim W_{\text{макс.}}$	> 180	$> 12–15$	$< 7,00$
Нагрузки анаэробного алактатного воздействия	$W_{\text{макс.}}$	–	< 8	$\geq 7,35$

Вместе с тем существует представительная группа олимпийских видов спорта, которым по характеру ведущего двигательного качества присущи черты, характерные для видов спорта, относящихся к разным группам. К таким видам спорта прежде всего относятся виды спорта с циклической структурой движений и высоким уровнем проявления силовых качеств в процессе преодоления соревновательной дистанции. Это спринтерские и гитовые (гит – отдельная дисциплина) дисциплины велосипедного спорта (дисциплина трек), бег с барьерами в легкой атлетике, гребля на байдарках и каноэ, академическая гребля, спринтерские дисциплины конькобежного спорта и лыжных гонок, велосипедный спорт ВМХ (гонки и фристайл) и маунтинбайк, олимпийские дисциплины скалолазания.

В этих видах спорта общим фактором, лимитирующим достижение высокого спортивного результата, является уровень специальной силовой подготовленности спортсмена, а специальная работоспособность определяется интеграцией свойств нервно-мышечного аппарата, генерирующего проявление силы, мощности, скорости при выполнении основного соревновательного упражнения.

Эффективность силовых тренировок определяется режимом применяемых тренировочных нагрузок, направленных на развитие силы, мощности, силовой выносливости или мышечной гипертрофии. Вместе с тем само по себе применение в тренировке силовых упражнений не может гарантировать необходимого прироста мышечной силы и спортивного результата. Решающим условием успеха является рациональная тренировочная программа. Необходимо точно представлять себе, какие физиологические механизмы обеспечивают тренировочный эффект при выполнении тех или иных упражнений, уметь правильно подобрать тренировочную программу, учитывая структуру тренировочных средств, виды силовых упражнений, их интенсивность, частоту тренировок, длительность отдыха, объем тренировочных

нагрузок разной направленности, скорость выполнения упражнений и темпы прироста нагрузок на разных временных отрезках.

Известно, что структура органа определяется его функцией, поэтому мышечная гипертрофия является адаптивным ответом на нервно-мышечную стимуляцию определенной интенсивности.

В условиях возбуждения мотонейронного пула решающую роль в регуляции мышечного сокращения играет дифференциация мотонейронов по порогам возбуждения, которые зависят от величины мышечных клеток. Величина порогов мотонейронов коррелирует с силой и скоростью сокращения мышечной части двигательной единицы (ДЕ). Механизм порогов возбуждения обеспечивает не только градуацию мышечного сокращения, но и рациональный выбор двигательных единиц: при слабой активации – рекрутируются маленькие медленные ДЕ, при сильной активации – происходит включение больших быстрых ДЕ.

Таким образом, прирост силы не обязательно будет сопровождаться гипертрофией мышц, но обязательно повлечет за собой изменение их нервной регуляции.

Существуют некоторые общие рекомендации для составления тренировочных программ, направленных на развитие силового потенциала спортсменов.

Специалисты рекомендуют следующую последовательность выполнения упражнений на развитие силы и мощности:

- вначале должны выполняться упражнения, направленные на развитие силы крупных мышечных групп, затем более мелких (в любой тренировочной программе);
- вначале должны выполняться многосуставные упражнения, затем односуставные (в любой тренировочной программе);
- вначале должны выполняться более сложные упражнения, затем более простые (в любой тренировочной программе);
- необходимо чередовать упражнения на работу мышц верхней и нижней части тела (в программе комплексной работы мышц);

- необходимо чередовать работу групп мышц-антагонистов, например, сначала толчковые упражнения, затем тяговые, сначала на работу бицепсов, потом трицепсов (в программах комплексной работы мышц или поочередной работы мышц верхней или нижней части тела);

- вначале должны выполняться высокоинтенсивные, потом низкоинтенсивные нагрузки.

Такой порядок позволяет спортсмену работать с наибольшим напряжением, добиваться максимального прироста силы за счет объединения разных упражнений в серии и выполнять наиболее сложные многосуставные упражнения в оптимальном состоянии. Целевой принцип спортивной тренировки до настоящего времени остается определяющим ее эффективность. Для спортсмена непосредственной целью тренировочного процесса является соревновательная деятельность. Поэтому программа силовых тренировок всегда должна отражать специфику вида спорта, в котором специализируется спортсмен, и готовить его организм к выполнению конкретных соревновательных движений.

Таким образом, без должного изучения соревновательной деятельности невозможно разработать рациональную программу силовой тренировки, так как необходимо иметь информацию по характеристикам производительности нервно-мышечного аппарата спортсмена в соревновательном упражнении, таким как модель движения, скорость и сила сокращения мышц, включение мышечных волокон, характер метаболизма и др. Для получения информации о кинематических и динамических параметрах соревновательного упражнения необходимо соответствующее оборудование.

2. ТЕСТИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ «СИЛА – СКОРОСТЬ» В УПРАЖНЕНИИ «ПРИСЕДАНИЯ СО ШТАНГОЙ НА ПЛЕЧАХ»

Развитие силы с использованием свободных весов, а именно приседания со штангой, позволяет увеличивать различные компоненты скоростно-силовой подготовленности: силу, мощность, гипертрофию мышечных волокон и внутри- и межмышечную координацию. В самом обобщенном виде характер силовых нагрузок разной направленности представлен в табл. 2. Эта таблица относится к динамическим, а не изометрическим режимам тренировки. Установлено, что проявление силы – это не столько функция размера мышц, сколько функция мощного сокращения вследствие эффективной нервной стимуляции мышечных волокон.

Таблица 2 – Направленность тренировки силовых возможностей

№	Показатель	Сила	Мощность	Гипертрофия	Выносливость
1	Усилие (% от 1 ПМ)	80–100	70–100	60–80	40–60
2	Количество повторений в подходе	1–5	1–5	8–15	25–60
3	Количество упражнений	4–7	3–5	4–8	2–4
4	Отдых между подходами, мин	2–6	2–6	2–5	1–2
5	Продолжительность (с. в подходе)	5–10	4–8	20–60	80–120
6	Скорость (% от max)	60–100	90–100	60–90	10–80
7	Количество тренировок в неделю	3–6	3–6	5–7	8–14

С целью достижения максимальной нервной стимуляции был предложен метод развития силы мышц нижних конечностей в зоне максимальной мощности. Зона максимальной мощности достигается за счет методики силовой тренировки, сочетающей в себе оптимальный вес штанги и скорость сокращения мышц. Общий вид методики представлен на рис. 1. Регистратор линейных перемещений может быть установлен на грифе штанги или сегменте тела. Возвратный механизм контролирует длину ленты и силу ее натяжения. Линейные координаты передаются через порт USB в память персонального компьютера и записываются на твердый носитель. По линейным перемещениям программно рассчитываются скорости и ускорения. Тест «мощность – сила – скорость» определяет мощность, силу и скорость при выполнении упражнения «приседания со штангой на плечах». Прежде чем выполнять тест, следует проанализировать предыдущие тесты. Это необходимо для того, чтобы подобрать начальный вес штанги, сходный с предыдущим тестированием.

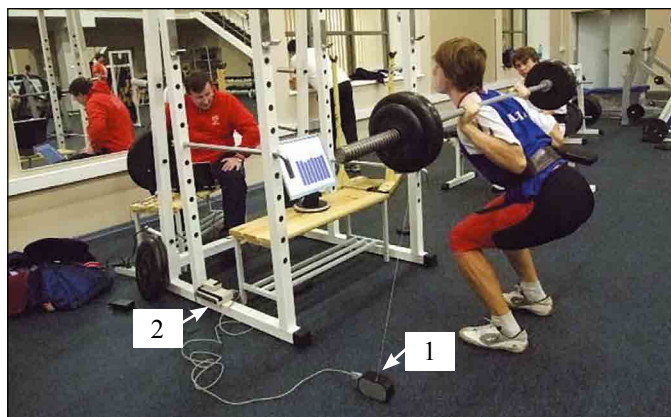


Рисунок 1 – Тестирование скоростно-силовых проявлений мышц в упражнении «приседания со штангой на плечах» с помощью системы MuscleLab

1 – регистратор линейных перемещений; 2 – блок сопряжения персонального компьютера с регистратором линейных перемещений

Программное обеспечение позволяет устанавливать:

- шаг по весу отягощения, например 5 кг;
- минимальное перемещение. Эта позиция необходима для того, чтобы не регистрировались случайные движения;
- граничные положения, например при приседаниях со штангой.

Остановимся на этом пункте подробнее. Одним из недостатков педагогического тестирования является произвольность при выполнении, т. е. спортсмен может выполнять приседания с переменной амплитудой. Если спортсмен не достигает граничных положений, то раздается звуковой сигнал, таким способом контролируется глубина приседаний.

Модель расчета мощности в упражнении «приседания со штангой на плечах». Тело человека заменяют моделью в виде материальной точки с известной массой, движение которой контролируется датчиком линейных перемещений. Сила рассчитывается с учетом веса штанги, веса тела спортсмена и ускорения в системе «штанга – спортсмен». При приседаниях со штангой голени и стопы почти не перемещаются, поэтому в модель сосредоточенной массы включается только $0,9 * \text{вес тела}$ (удвоенная масса голени и стоп составляет $\approx 10\%$ от массы тела). Модель расчета мощности (P) при перемещении сосредоточенной массы следующая:

$$P = (M_T * 0,9 + M_{\text{шт}}) * \ddot{A} * \dot{A}, \quad (1)$$

где

P – мощность упражнения, Вт;

$M_T, M_{\text{шт}}$ – массы тела и штанги соответственно, кг;

\dot{A} – линейная скорость штанги, измеренная датчиком линейных перемещений, м/с (рис. 1);

\ddot{A} – линейное ускорение штанги, измеренное датчиком линейных перемещений, м/с²

Эта модель имеет хорошее совпадение с реакцией опоры, зарегистрированной с помощью силовой платформы, что представлено на рис. 2. Спортсмен выполняет несколько приседаний,

обычно 5–6 (рис. 1). Контролируется глубина приседаний. 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 выполнить упражнения с 3–5 различными весами. По результатам тестирования строится зависимость «сила – скорость», которая представлена на рис. 3. Проводя регулярно такие тестирования, можно получить динамику скоростно-силовой подготовленности спортсмена.

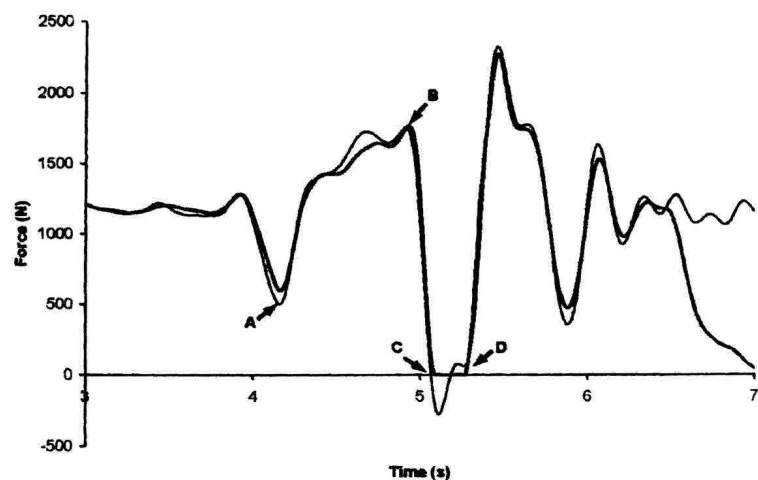


Рисунок 2 – Вертикальная составляющая реакции опоры, зарегистрированная на тензоплатформе (жирная линия) и с помощью датчика линейных перемещений (тонкая линия) при прыжке вверх

A – начало преодолевающей фазы; B – максимум реакции опоры;
C – отрыв от опоры; D – приземление

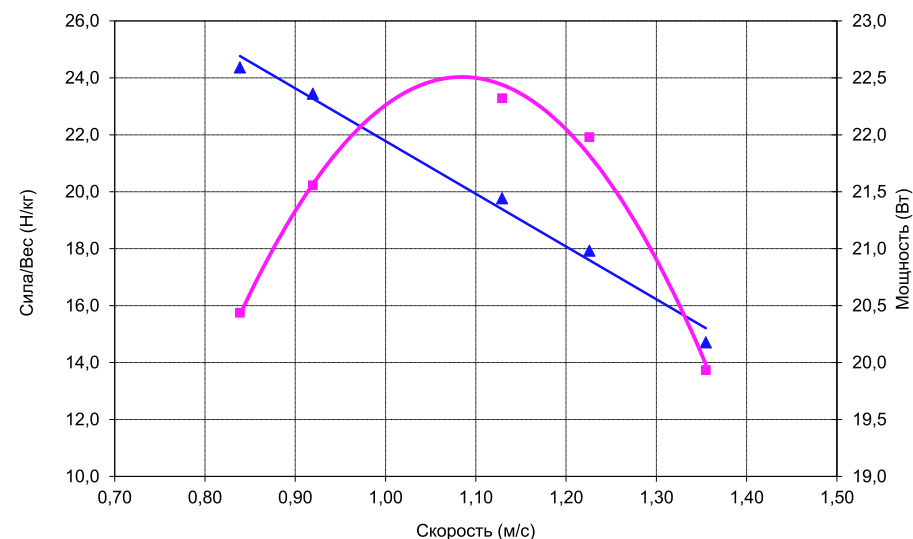


Рисунок 3 – Результаты тестирования в упражнении «приседания со штангой на плечах». Распечатка с экрана дисплея

3. ОЦЕНКА СИЛЫ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ СКАЛОЛАЗОВ

Для оценки силы верхних конечностей скалолазов применяются тензометрированные планки (рис. 4). Тестирование проводят в динамическом и статическом вариантах. В статическом варианте оценивают силу верхних конечностей в зависимости от формы хвата: захват дистальными фалангами пальцев, полухват и полный хват. Испытуемый стоит лицом к силоизмерительному стенду. Испытуемого просили развить максимальную силу в течение 3–4 с. в зависимости от способа хвата и толщины рейки (применяли 4 толщины рейки с шагом 1 см: 1, 2, 3 и 4 см). Форма развития усилия в переднезаднем и вертикальном направлениях представлена на рис. 5.

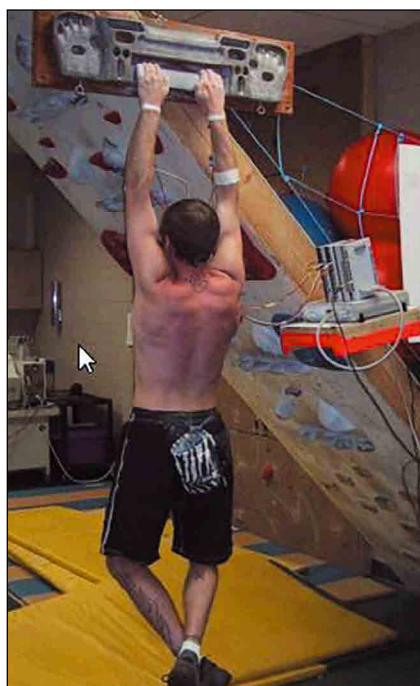


Рисунок 4 – Силовизмерительный стенд, применяемый для тестирования силы верхних конечностей скалолазов

При полухвате 24% удерживающей силы приходится на указательный палец, 32% – на средний, 27% – на 4 палец и 17% – на мизинец. Сила верхних конечностей изменяется в зависимости от формы хвата и толщины опорной рейки (рис. 6). Наименьшая сила развивается при толщине планки в 1 см и форме захвата дистальными фалангами пальцев – 350 ± 56 Н. Максимальная сила зарегистрирована при такой же форме захвата, но при толщине планки 4 см – 576 ± 54 Н.

Уровень лазания на трудность хорошо коррелирует с результатами измерений относительной силы хватов (рис. 7).

Результаты тестирования скалолазов на специализированном стенде, представленные на рис. 4, показали, что результаты в боулдеринге и максимальная сила хвата, зарегистрированная на стенде, связаны линейно ($r = 0,97$).

Кроме силоизмерительных стендов с наличием планок или зацепов различной формы для оценки силы мышц кисти и предплечья применяют кистевую динамометрию. При кистевой динамометрии скалолазы проявляют силу, равную весу тела, однако статистически значимой зависимости с результатом не выявлено.

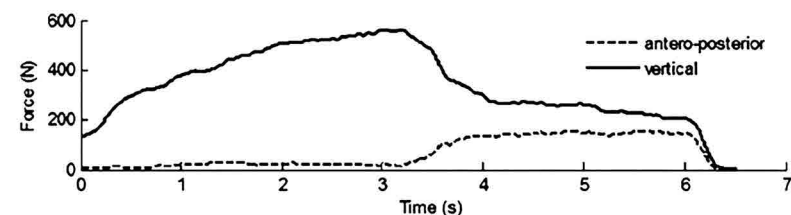


Рисунок 5 – Реакция на планке при оценке максимальной силы рук

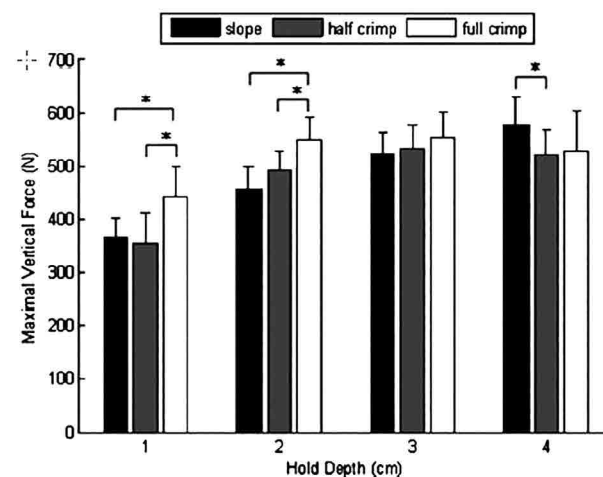


Рисунок 6 – Сила верхних конечностей в зависимости от формы хвата и толщины опорной планки

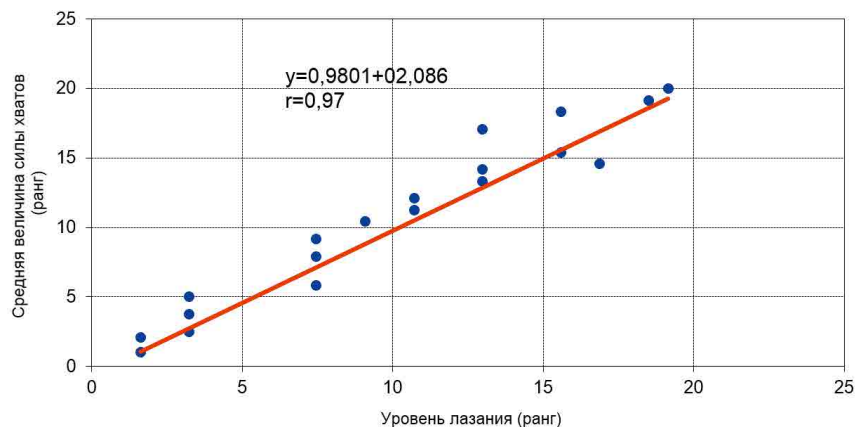


Рисунок 7 – Корреляционное поле между коэффициентами относительной силы хватов и уровня лазания

4. ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА СКАЛОЛАЗОВ В ЗАБЕГАХ НА СКОРОСТЬ

Большая часть работ, изучающих мышечную моторику скалолазов, связана с изучением статической силы и электрической активности мышц плеча и предплечья при различных способах хвата в зависимости от формы зацепов. Изометрическая сила мышц кисти и предплечья достоверно связана с результатами в различных дисциплинах скалолазания (трудность и боулдеринг). Скоростное скалолазание в отличие от боулдеринга осуществляется по трассе со стандартным положением и формой зацепов. Забеги скалолазов на скорость являются квадроцикловой локомоцией, при которой активны мышцы верхних, нижних конечностей и туловища. Комплексная оценка активности мышц при скалолазании с различной скоростью позволяет оценить ведущие мышечные группы, определяющие результат пробегания трассы.

Особенности проведения исследования. Для определения электромиограммы мышц при скоростном скалолазании использовали ПАК «СпортЛаб» (производства России), состоящий из 8-канальной телеметрической электромиографии, видеокамеры, устройства синхронизации. Регистрацию времени прохождения дистанции осуществляли с помощью видеокамеры Canon-ХМ2 (частота кадров 25 Гц). Для повышения точности определения времени дистанции полный кадр раскладывали в два полукадра. Таким образом, частоту регистрации увеличили до 50 Гц, что позволило определить начало и конец дистанции с точностью до 20 мс. За начало отсчета (старт) принимали начало первого движения, финиш – касание контрольной точки в конце дистанции. Испытуемые выполняли не менее двух удачных (без срыва) попыток на разных скоростях. Отдых между забегами составлял 8–10 мин. Регистрировали поверхностную

электромиографическую активность мышц с правой половины тела: *m. gastrocnemius medialis*; *m. vastus lateralis*; *m. trapezius*; *m. biceps brahii* (рис. 8).

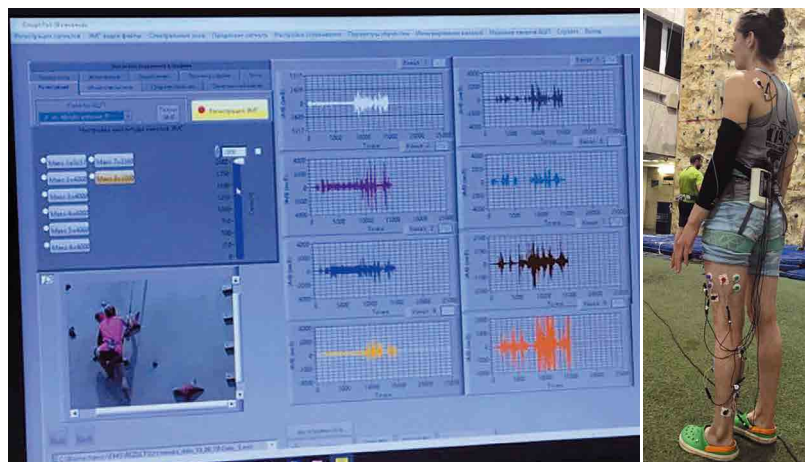


Рисунок 8 – Слева – пример записи ЭМГ мышц при забегах скалолазов (распечатка с экрана), справа – положение электродов на спортсмене

Контингент испытуемых. В эксперименте приняли участие 12 спортсменов-скалолазов (квалификации МС – 1 разряд): 7 юношей и 5 девушек. Спортсмены пробегали дистанцию медленно, в среднем темпе и максимально быстро. В связи с различным уровнем подготовленности испытуемых скорость прохождения дистанции подбирали индивидуально. У мужчин диапазон времени прохождения дистанции был от 14 с. (медленно) до 6,3 с. (быстро), у женщин – от 18 с. (медленно) до 13,5 с. (быстро).

Обработка результатов исследования. Амплитуда миограммы зависит от силы, функционального состояния мышцы, толщины жирового слоя, характеристик оборудования, методов обработки. Электромиограмму инвертировали и сглаживали методом скользящего среднего (окно усреднения 50 мс). Оценивали миоэлектрическую работу каждой мышцы и нормировали

на время попытки, таким образом, получали среднюю амплитуду ЭМГ (СрЭМГ) каждой мышцы в забеге. За исходный уровень (100%) принимали величину СрЭМГ₀ при самой низкой скорости. Рассматривали не абсолютные значения миограммы, а анализировали изменения амплитуды ЭМГ по отношению к самой медленной попытке. В последующих попытках СрЭМГ_i для каждой мышцы нормировали на СрЭМГ₀

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

где

СрЭМГ_{Δi} – изменение средней амплитуды ЭМГ в i-м забеге (может быть как положительной, так и отрицательной);

i – номер попытки. Аналогично рассчитывали изменение времени забега по отношению к забегу с самой низкой скоростью (T₀).

Чем выше скорость, тем меньше время прохождения дистанции, поэтому рассматривали модуль изменения времени забега (ΔT_i):

$$\Delta T_i = \frac{\text{ABS}(T_i - T_0)}{T_0} * 100, \quad (3)$$

где

T_i – время забега.

Изменение средней амплитуды ЭМГ в зависимости от скорости забега представлено на рис. 9–12. По отношению к исходному уровню T₀ время лучших (наиболее скоростных) попыток было меньше на 35–40%. Увеличение скорости забега приводило к возрастанию средней амплитуды ЭМГ в забеге. Такую тенденцию наблюдали по всем исследованным мышцам, корреляционные поля представлены на рис. 9–12. Следует отметить, что вклад силы тяги исследуемых мышц в результат различный (косвенно оценивается через амплитуду ЭМГ). Так, для *m. gastrocnemius medialis* и *m. biceps brahii* коэффициенты корреляции составили r = 0,73 и r = 0,78 соответственно (табл. 3), т.е. наблюдали высокую статистическую связь СрЭМГ_i с результатом (рис. 9, 12).

Для *m. vastus lateralis* и *m. trapezius* статистическая связь СрЭМГ_i с результатами забегов существует в виде тенденции ($r = 0,66$ и $r = 0,41$ соответственно) (рис. 10, 11).

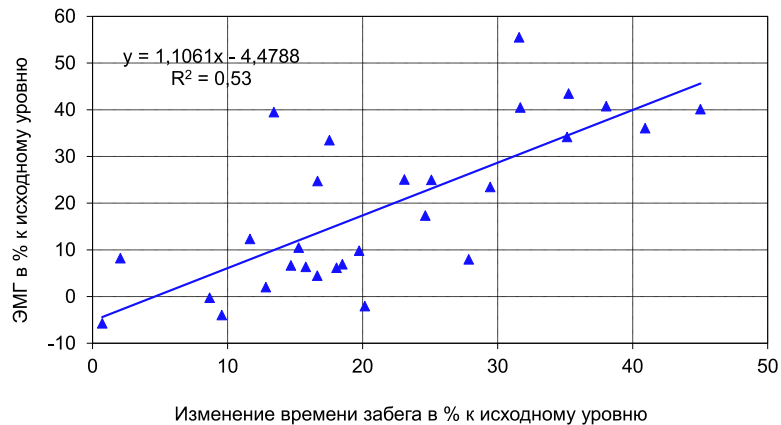


Рисунок 9 – Изменение ЭМГ *m. gastrocnemius medialis* при скалолазании на скорость

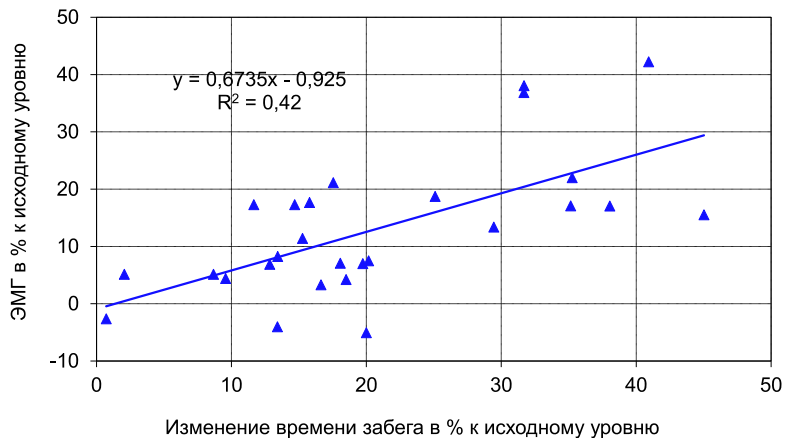


Рисунок 10 – Изменение ЭМГ *m. vastus lateralis* при скалолазании на скорость

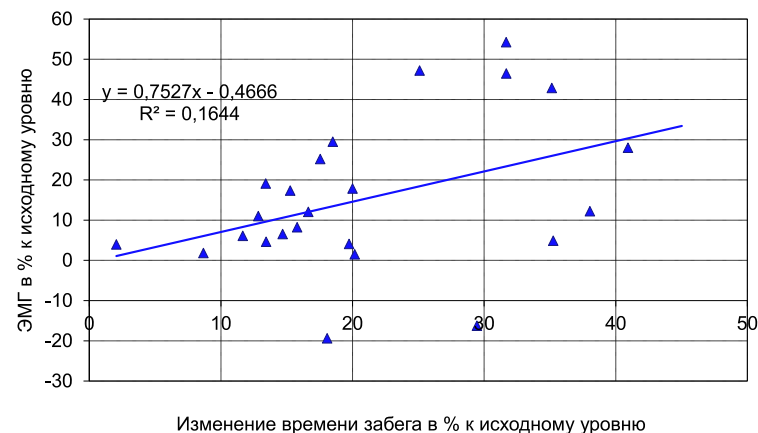


Рисунок 11 – Изменение ЭМГ *m. trapezius* при скалолазании на скорость

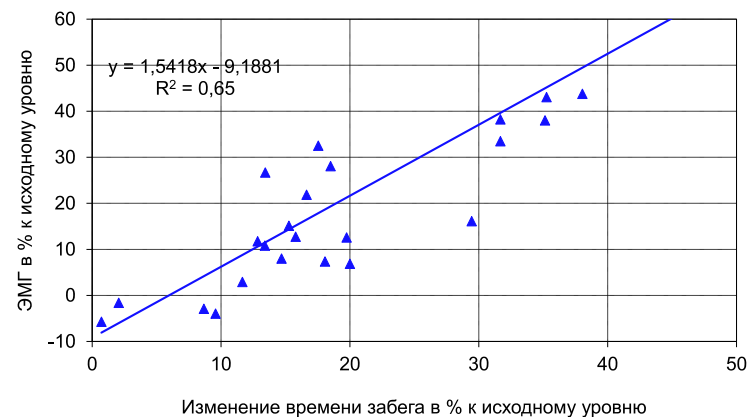


Рисунок 12 – Изменение ЭМГ *m. biceps brahii* при скалолазании на скорость

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции между временем забегов и средней амплитудой миограммы

Показатель	Время забега	<i>m. gastrocnemius medialis</i>	<i>m. vastus lateralis</i>	<i>m. trapezius</i>	<i>m. biceps brahii</i>
Время забега	1	0,73	0,66	0,41	0,78
<i>m. gastrocnemius medialis</i>	–	1	0,60	0,52	0,65
<i>m. vastus lateralis</i>	–	–	1	0,50	0,65
<i>m. trapezius</i>	–	–	–	1	0,61
<i>m. biceps brahii</i>	–	–	–	–	1

При анализе электрической активности мышц скалолазов были объединены результаты забегов высококвалифицированных спортсменов (МС и КМС) и спортсменов массовых разрядов. Сила вклада признака в результат может быть оценена по уравнению регрессии. Чем меньше разброс некоторого признака относительно линии регрессии, тем больше его вклад в результат (коэффициенты детерминации R^2 представлены на рис. 9–12). Подобный статистический подход к анализу биомеханических результатов позволяет оценить направление силовой тренировки. Как следует из эксперимента, для прогресса в скоростном скалолазании спортсменам массовых разрядов необходимо иметь высокие скоростно-силовые показатели мышц – разгибателей стопы и сгибателей предплечья (рис. 9, 12).

Приведенный статистический анализ позволяет выявить ведущие мышечные группы, обеспечивающие прирост результатов в лазании на скорость. Такими мышцами являются *m. gastrocnemius medialis* ($r = 0,73$), *m. vastus lateralis* ($r = 0,66$), *m. biceps brahii* ($r = 0,78$).

На уровне высшего спортивного мастерства необходима индивидуальная оценка моторики соревновательного упражнения. На рис. 13–16 представлены изменения СрЭМГ мастера спорта. За начальные показатели были приняты значения ЭМГ при времени пробегания дистанции за $T_0 = 9,25$ с. (медленная скорость). Время дистанции в самом быстром забеге по сравнению с медленным забегом снизилось на 31,2%, при этом амплитуда *m. gastrocnemius medialis* выросла на 55,5% – на 30% больше, чем у спортсменов низкой квалификации (рис. 13). У скалолаза МС и спортсменов массовых разрядов при максимальной скорости пробегания дистанции ($\approx -35\%$ времени дистанции по отношению к T_0 , как показано на рис. 14) увеличение СрЭМГ *m. vastus lateralis* и *m. biceps brahii* составило менее 37%. Эти результаты представлены на рис. 14, 15 соответственно. Значительное увеличение СрЭМГ у высококвалифицированного спортсмена наблюдается для *m. trapezius* +54% (рис. 16). У спортсменов массовых разрядов увеличение скорости пробегания дистанции может сопровождаться как возрастанием СрЭМГ *m. trapezius*, так и ее снижением (рис. 11).

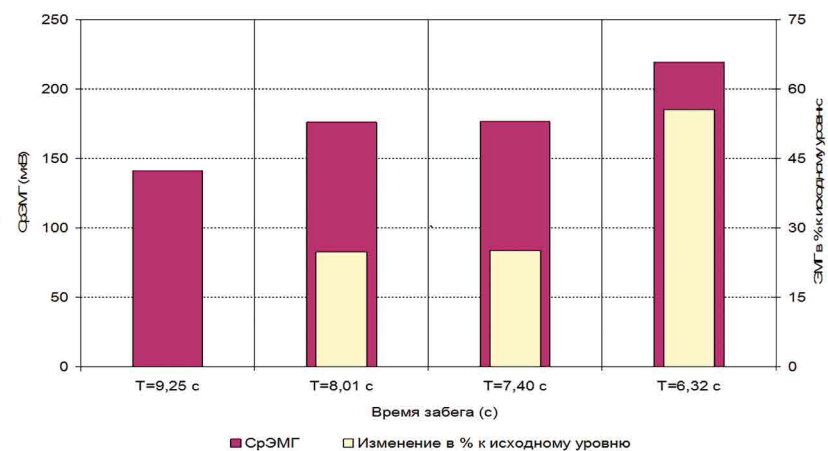


Рисунок 13 – ЭМГ *m. gastrocnemius medialis* в зависимости от скорости забега (испытуемый Ш-в, квалификация МС)

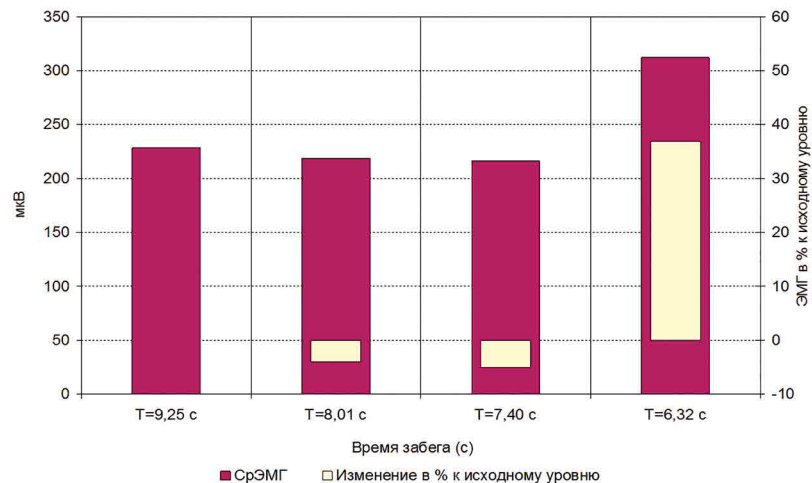


Рисунок 14 – ЭМГ *m. vastus lateralis* в зависимости от скорости забега (испытуемый Ш-в, квалификация МС)

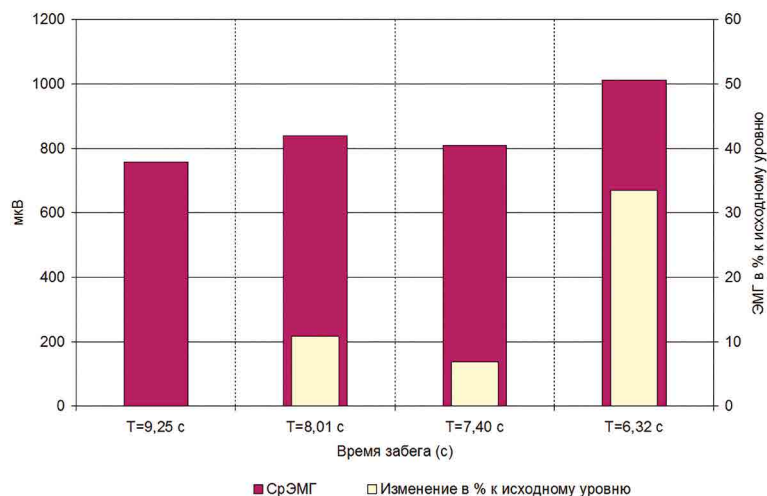


Рисунок 15 – ЭМГ *m. biceps brahii* в зависимости от скорости забега (испытуемый Ш-в, квалификация МС)

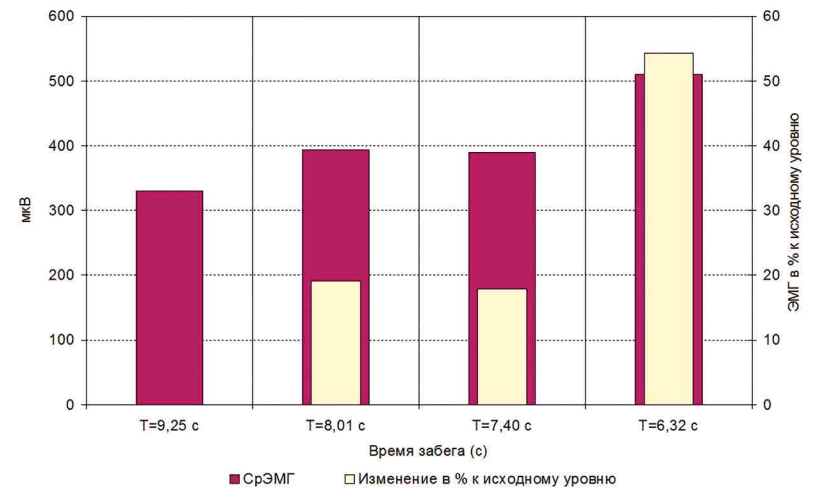


Рисунок 16 – ЭМГ *m. trapezius* в зависимости от скорости забега (испытуемый Ш-в, квалификация МС)

Наличие достоверной статистической связи $r \geq 0,6$ (табл. 3) между СрЭМГ мышц нижних конечностей (*m. gastrocnemius medialis*, *m. vastus lateralis*), туловища (*m. trapezius*) и верхних конечностей (*m. biceps brahii*) свидетельствует о том, что у скалолазов-скоростников складывается определенный двигательный стереотип, при котором сопряженное межмышечное взаимодействие осуществляется между разгибателями и сгибателями суставов.

Независимо от спортивной квалификации на результат в скоростном скалолазании влияют две мышечные группы: *m. gastrocnemius medialis* и *m. biceps brahii* (рис. 9, 12).

С ростом спортивного результата происходит перераспределение мышечной активности. Достоверное увеличение средней амплитуды ЭМГ мышц позволяет сделать вывод о том, что *m. gastrocnemius medialis* и *m. trapezius* являются «ведущими» при увеличении дистанционной скорости.

При достижении рекордных скоростей спортсмены низкой квалификации увеличивают ЭМГ-активность верхних конечностей (*m. biceps brahii*) (рис. 12), спортсмены высокой квалификации – ЭМГ мышц ног (*m. gastrocnemius medialis*, *m. vastus lateralis*) и туловища (*m. trapezius*) (рис. 13, 14 и 16 соответственно).

5. ОЦЕНКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ И УРОВНЯ РАЗВИВАЕМЫХ УСИЛИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СКАЛОЛАЗАМИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

5.1. Оценка последовательности включения и уровня развиваемых усилий технического элемента «асимметричный старт»

Оценку последовательности включения и уровня развиваемых усилий при выполнении технического элемента «асимметричный старт» проводили на тренажерном стенде Finger board. Регистрацию кинематических и электромиографических параметров старта проводили с помощью ПАК «Видеоанализ-3D» и «СпортЛаб».

При асимметричном старте спортсмен имитирует начало забега только за счет работы мышц рук и туловища (ноги опоры не касаются). Исходное положение на старте: правая рука находится сверху на зацепке, левая ниже (рис. 17).

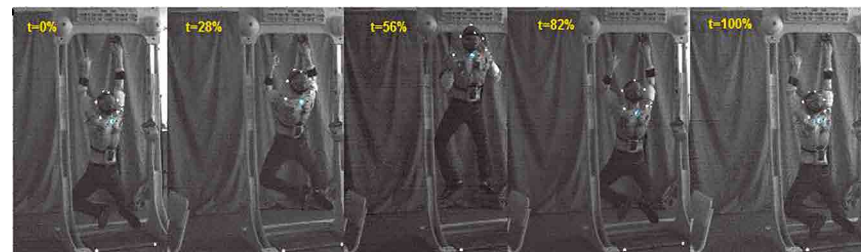
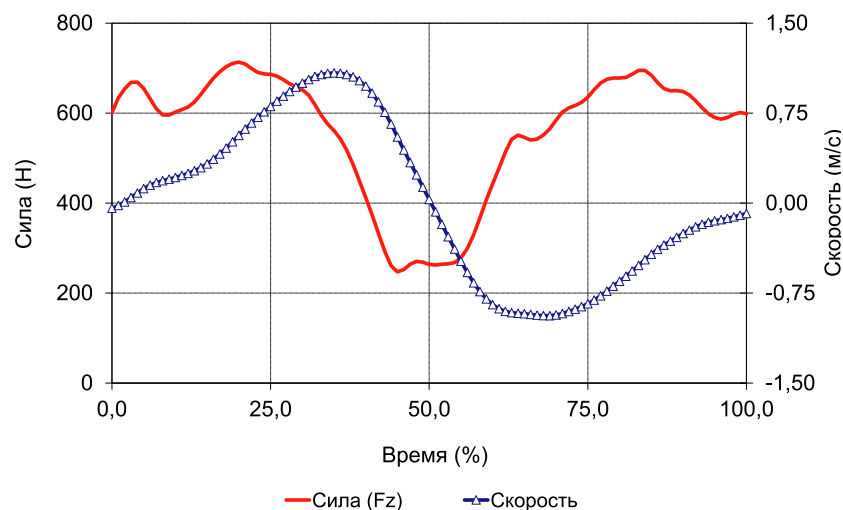


Рисунок 17 – Вертикальная сила (F_z) и вертикальная скорость при выполнении технического элемента «асимметричный старт». Вес спортсмена – 57 кг

Электромиограмму *m. biceps brahii*, *m. brachioradialis*, *m. deltoideus*, *m. pectoralis major* и *m. trapezius* регистрировали телеметрически с частотой 1000 Гц (подробно о методике регистрации представлено в разд. 4). Светоотражающие маркеры были поставлены на правый и левый акромиальные отростки и седьмой шейный позвонок, на голову испытуемого был надет шлем с маркерами. Частота записи видеосигнала – 50 Гц.

При анализе силовых показателей скалолазов применяют тензодатчики (рис. 4). На тензодатчики крепят деревянную планку, которая имитирует зацепки. В отличие от методики, представленной на рис. 4, на стенде Finger board использовали зацепки, применяемые на дистанции.

Зная трехмерную кинематику метки на 7-м шейном позвонке (оценивали с помощью видеоанализа), рассчитывали вертикальные скорости и силу, возникающую при выполнении технического элемента «асимметричный старт», по уравнению (4):

$$M\ddot{Z} = F_z - Mg + R_z \quad (4)$$

где

M – масса тела спортсмена;

\ddot{Z} – вертикальное ускорение;

F_z – вертикальная сила на зацепках (верхняя опора);

$g = -9,81$ м/с²;

R_z – вертикальная составляющая реакции опоры.

При асимметричном старте спортсмен находится в положении виса, следовательно, $R_z = 0$. Полученные кинематические параметры по нескольким попыткам (не менее 10) усредняли и рассчитывали среднюю силу по уравнению (4). При весе 57 кг спортсмен развивает силу рук при «асимметричном старте», в 1,2 превышающую его вес, что совпадает с результатами, представленными на рис. 5, 6. Максимальная положительная вертикальная скорость, усредненная по 10 попыткам, – около 1 м/с. Отрицательная скорость при возврате в исходное положение –0,9 м/с. Последовательность включения мышц правой и левой верхних конечностей и туловища представлена на рис. 18.

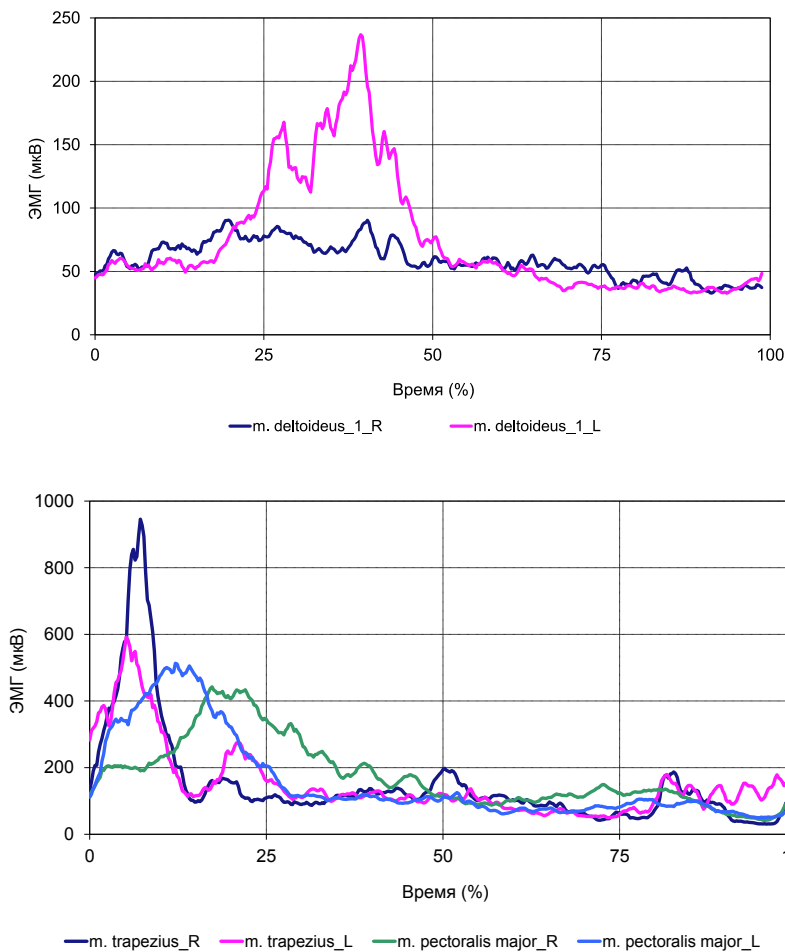
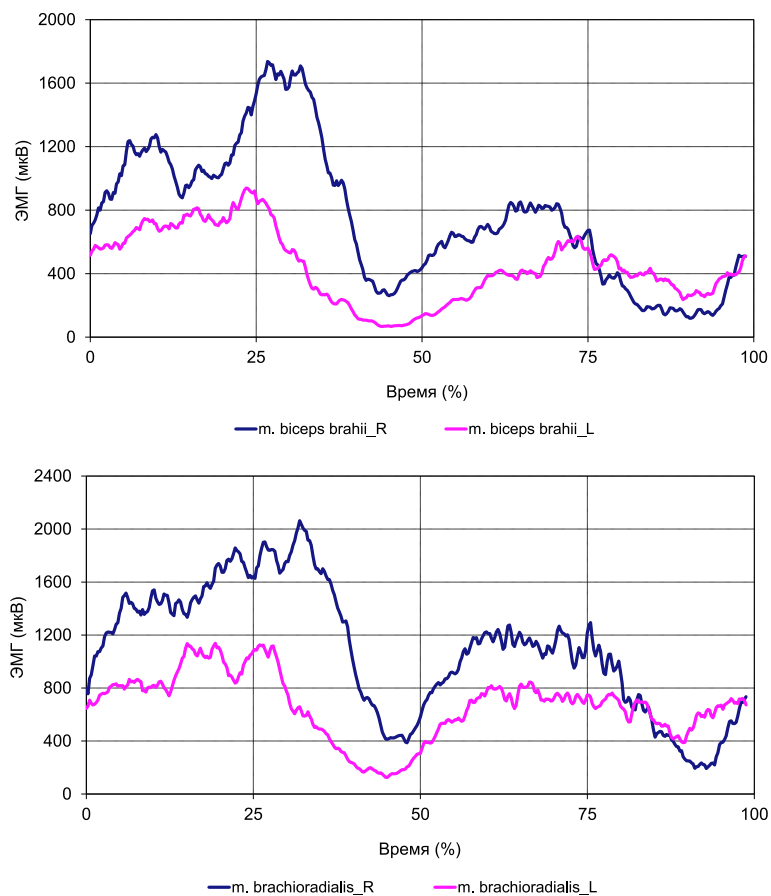


Рисунок 18 – Электрическая активность правой и левой *m. biceps brahii*, *m. brachioradialis*, *m. deltoideus*, *m. trapezius* и *m. pectoralis major* при асимметричном старте. Техника выполнения старта представлена на рис. 17

В начале подтягивания (преодолевающая фаза $t < 50\%$) активны *m. biceps brahii*, *m. brachioradialis* правой руки (обозначена индексом «_R», рис. 18). *M. deltoideus* левой руки (обозначена индексом «_L», рис. 18) активна короткий промежуток времени ≈ 500 мс мышцы ($25 < t < 50\%$) и противодействует вращательному движению туловища продольной оси. *M. trapezius* активна в самом начале ($t < 15\%$) старта. Правая и левая *m. pectoralis major* проявляют активность до окончания подтягивания ($0 < t < 40\%$). В уступающей фазе $50 < t < 100\%$ продолжают сохранять активность *m. biceps brahii*, *m. brachioradialis* как мышцы, обеспечивающие контакт кисти на зацепе. Построили зависимости между максимальной скоростью по вертикали на старте и средней амплитудой сигнала мышц по уравнению:

$$A_{\text{ЭМГ}}^{\text{СРД}} = \frac{\int_0^T A_i^{\text{ЭМГ}} dt}{T}, \quad (5)$$

где

$A_{\text{ЭМГ}}^{\text{СРД}}$ – средняя амплитуда ЭМГ за цикл;

$A_i^{\text{ЭМГ}}$ – мгновенная амплитуда сигнала;

T – время цикла.

На рис. 19 представлены графики $A_{\text{ЭМГ}}^{\text{СРД}}$ относительно максимальной вертикальной скорости. Положительная статистическая связь ($r = 0,76$) обнаружена для правой и левой *m. trapezius* (рис. 19, левый верхний). Для правой *m. biceps brahii* ($r = -0,69$), *m. deltoideus* ($r = -0,51$), *m. brachioradialis* ($r = -0,51$) и *m. pectoralis major* ($r = -0,50$) статистическая связь между максимальной скоростью и средней активностью при асимметричном старте отрицательная.

Для мышц левой руки: *m. biceps brahii*, *m. brachioradialis*, *m. deltoideus* и *m. pectoralis major* статистическая связь между максимальной скоростью и средней активностью при асимметричном старте отсутствует, так как $A_{\text{ЭМГ}}^{\text{СРД}}$ почти не меняется в зависимости от скорости.

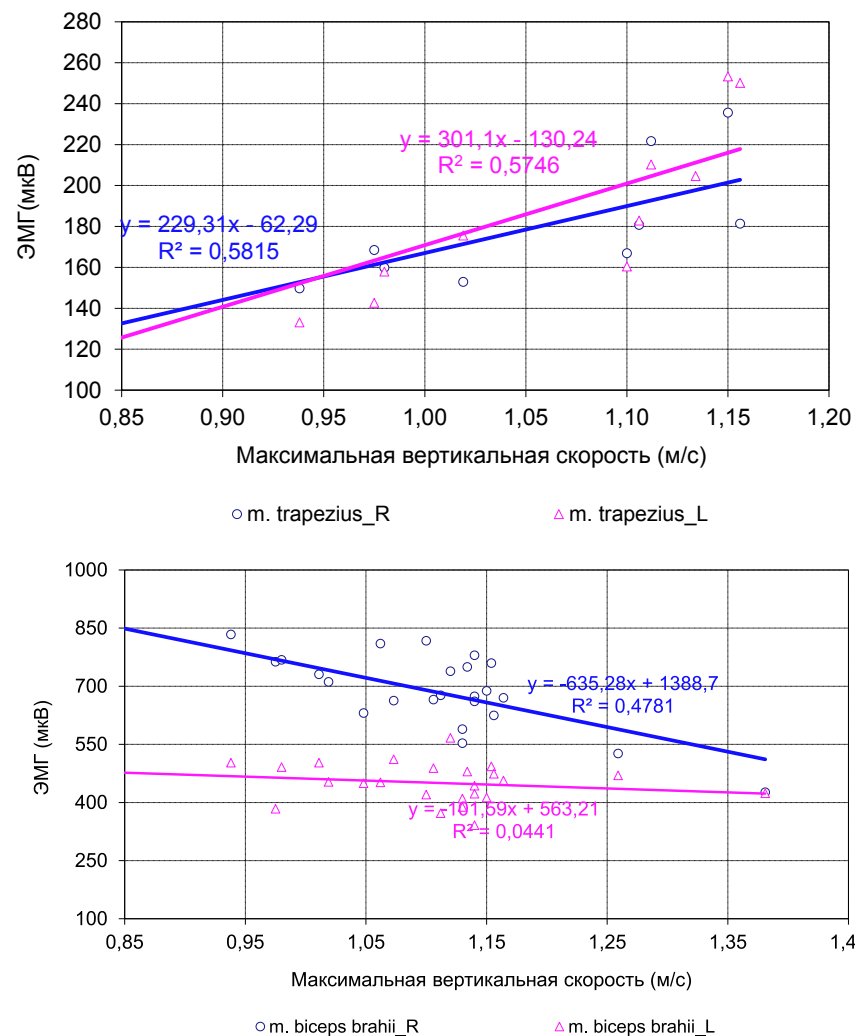


Рисунок 19 – Средняя электрическая активность правой и левой *m. biceps brahii*, *m. brachioradialis*, *m. deltoideus*, *m. trapezius* при асимметричном старте.

Техника выполнения старта представлена на рис. 17

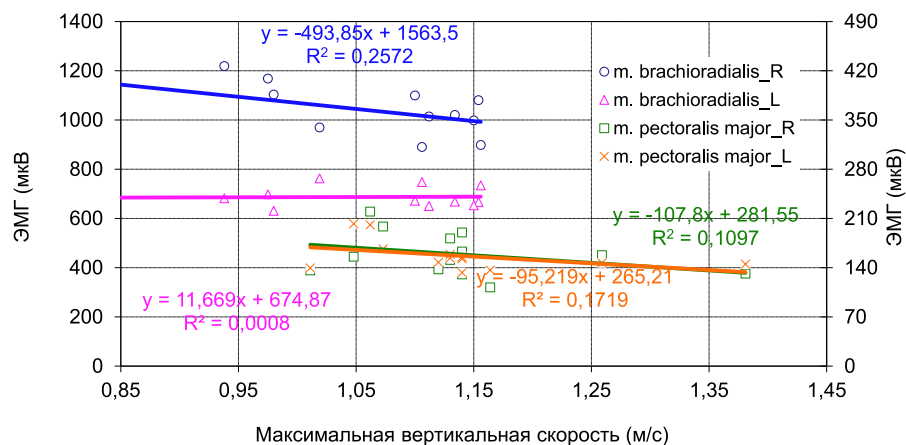
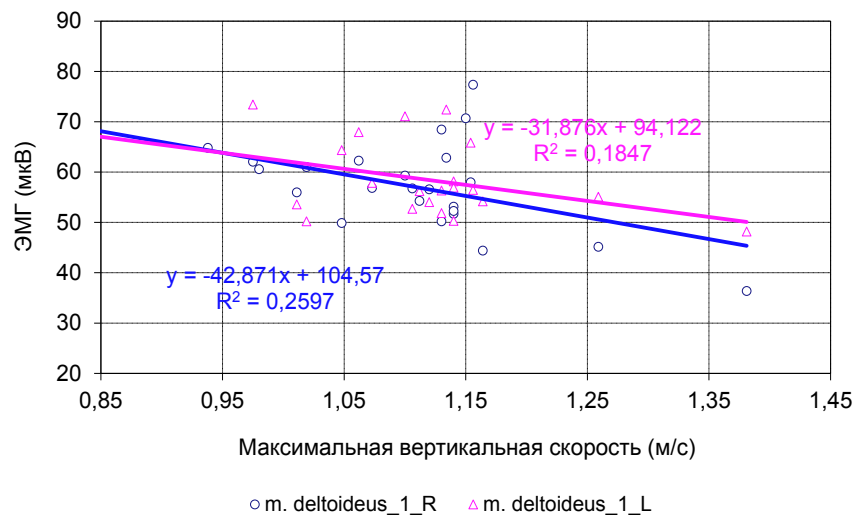


Рисунок 19 – Средняя электрическая активность правой и левой *m. biceps brahii*, *m. brachioradialis*, *m. deltoideus*, *m. trapezius* при асимметричном старте.

Техника выполнения старта представлена на рис. 17

Отрицательная статистическая связь между максимальной скоростью и амплитудой ЭМГ-сигнала мышц правой половины тела (*m. biceps brahii*, *m. brachioradialis*, *m. deltoideus*, *m. pectoralis major*) означает, что асимметричный старт осуществляется «баллистическим» способом.

Это свидетельствует о том, что проявляется значительная активность мышц в начале ($0 < t < 35\%$), как представлено на рис. 18. Оставшаяся часть двигательного цикла сопровождается минимальной ЭМГ-активностью мышц.

Можно сделать вывод, что вертикальная скорость на старте зависит от скоростно-силовых свойств *m. trapezius* ($r = 0,76$, рис. 19).

5.2. Оценка последовательности включения и уровня развиваемых усилий технического элемента «первый перехват»

Оценку последовательности включения и уровня развиваемых усилий при выполнении технического элемента «первый перехват» проводили на тренажерном стенде Finger board. Регистрацию кинематических и электромиографических параметров старта проводили с помощью ПАК «Видеоанализ-3D» и «СпортЛаб». В отличие от «асимметричного старта» спортсмен опирается одной ногой на опору – левая нога находится на силовой платформе. Он выполняет одновременно отталкивание левой ногой, подтягивание на левой руке и осуществляет захват зацепки правой рукой (рис. 20).

Регистрировали электромиограмму *m. biceps brahii*, *m. deltoideus*, *m. pectoralis major* и *m. trapezius* на правой и левой верхних конечностях и туловища. Зная трехмерную кинематику метки на 7-м шейном позвонке и реакции опоры на силовой платформе, рассчитывали вертикальные скорости и силу, возникающую при выполнении технического элемента «первый перехват», по уравнению (4).

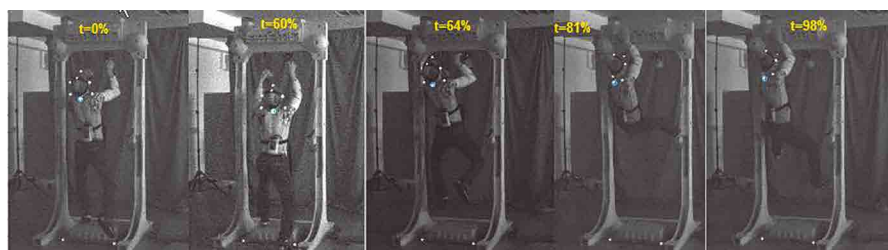
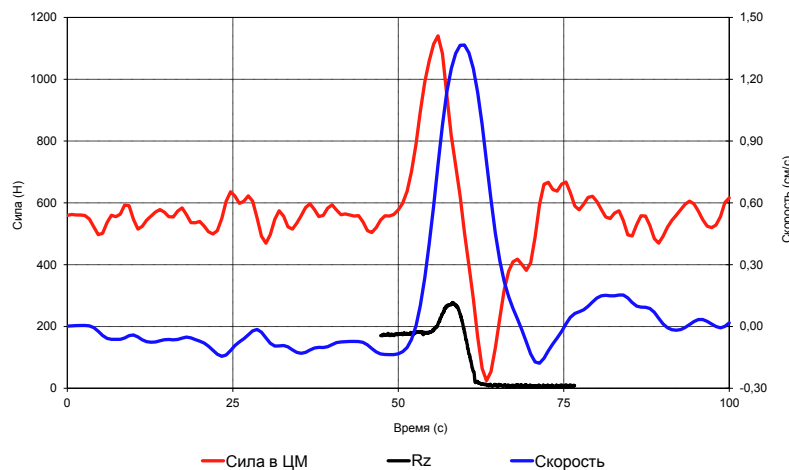


Рисунок 20 – Вертикальная сила (F_z), реакция опоры и вертикальная скорость при выполнении технического элемента «первый перехват». Вес спортсмена – 57 кг

При выполнении технического элемента «первый перехват», спортсмен опирается снизу ногой на опору, сверху на зацепы, поэтому R_z на левой ноге меньше веса и ее максимум не превышает 250 Н. Максимальная сила рук F_z достигает 900 Н, т.е. в 1,5 раза выше веса тела.

Максимальная положительная вертикальная скорость, усредненная по 5 попыткам, достигает 1,4 м/с. Последовательность включения мышц правой и левой верхних конечностей и туловища представлена на рис. 21. В начале подтягивания

в преодолевающей фазе ($t < 20\%$) активна правая *m. biceps brahii*. Как только тело спортсмена в результате отталкивания достигает максимальной скорости, выполняется перехват.

Спортсмен удерживает вес тела на левой руке – активность левой *m. biceps brahii_L* возрастает до 1100 мкВ и удерживается на высоком уровне до окончания перехвата ($10 < t < 60\%$).

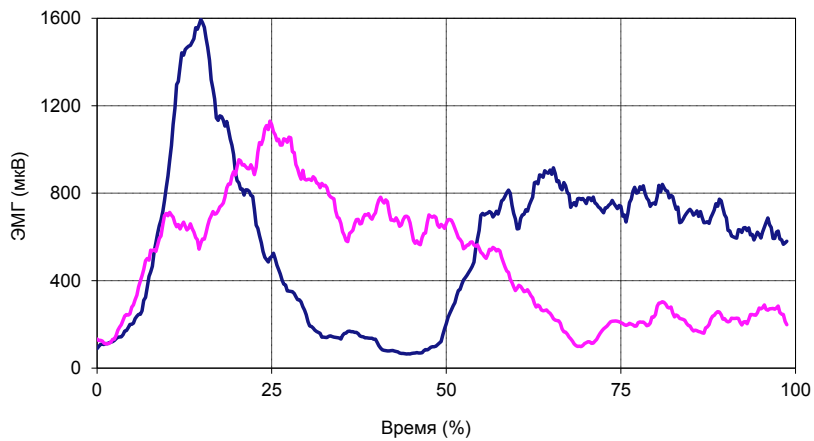
Как показано на рис. 21, при выполнении перехвата правой рукой спортсмен сдвигается влево – электрическая активность левой *m. deltoideus_1_L* увеличивается до 1100 мкВ и снижается, как только правая рука касается зацепки ($15 < t < 65\%$). *M. trapezius_L* включается только в начале подтягивания ($10 < t < 25\%$), *m. trapezius* правой руки активна при выполнении перехвата ($25 < t < 100\%$), что показано на рис. 21.

Как только спортсмен касается правой рукой зацепки, амплитуда ЭМГ *m. pectoralis major_R* быстро увеличивается и достигает максимума при переносе веса тела на правую руку ($45 < t < 100\%$), как показано на рис. 21.

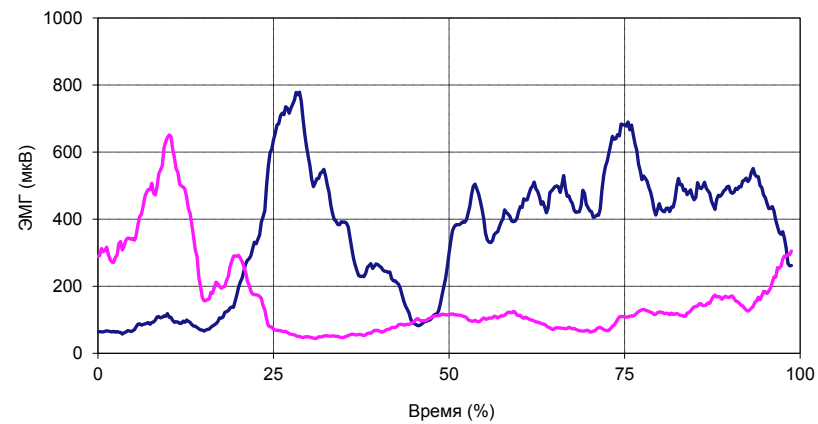
На рис. 22 представлены графики $A_{ЭМГ}^{срд}$, рассчитанные по уравнению (5), относительно максимальной вертикальной скорости. Положительная статистическая связь между максимальной скоростью и электрической активностью мышц, представленная на рис. 22, обнаружена у двух мышц: левой *m. trapezius* ($r = 0,52$) и правой *m. pectoralis major* ($r = 0,71$). Для левой и правой *m. biceps brahii* с увеличением скорости амплитуда ЭМГ снижается ($-0,64 < r < 0,71$).

Для правой *m. deltoideus* также наблюдали тенденции к снижению электрической активности при увеличении вертикальной скорости ($r = -0,77$).

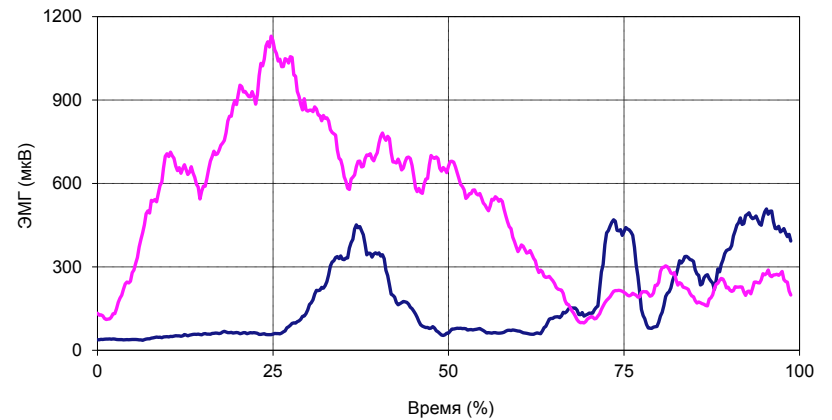
Для мышц левой руки *m. deltoideus* и *m. pectoralis major* статистическую связь между максимальной скоростью и средней ЭМГ-активностью при выполнении технического элемента «первый перехват» не наблюдали, так как $A_{ЭМГ}^{срд}$ почти не меняется в зависимости от скорости.



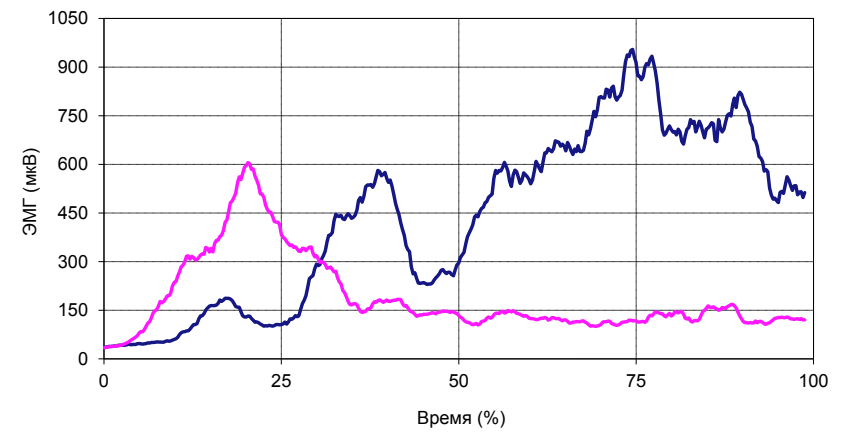
— m. biceps brahii_R — m. biceps brahii_L



— m. trapezius_R — m. trapezius_L



— m. deltoideus_1_R — m. deltoideus_1_L



— m. pectoralis major_R — m. pectoralis major_L

Рисунок 21 – ЭМГ правой и левой *m. biceps brahii*, *m. deltoideus*, *m. trapezius* и *m. pectoralis major* при выполнении технического элемента «первый перехват». Техника выполнения первого перехвата представлена на рис. 20

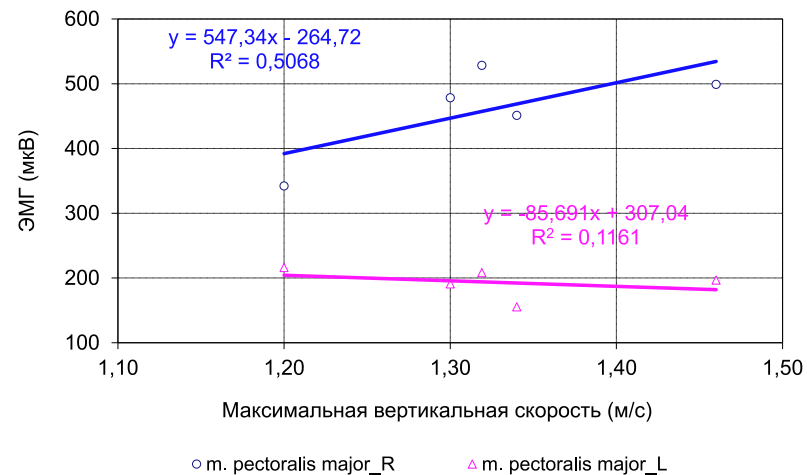
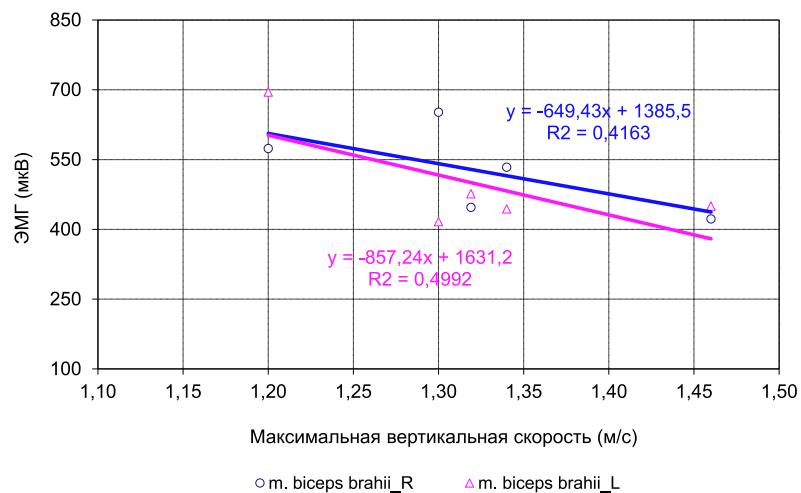
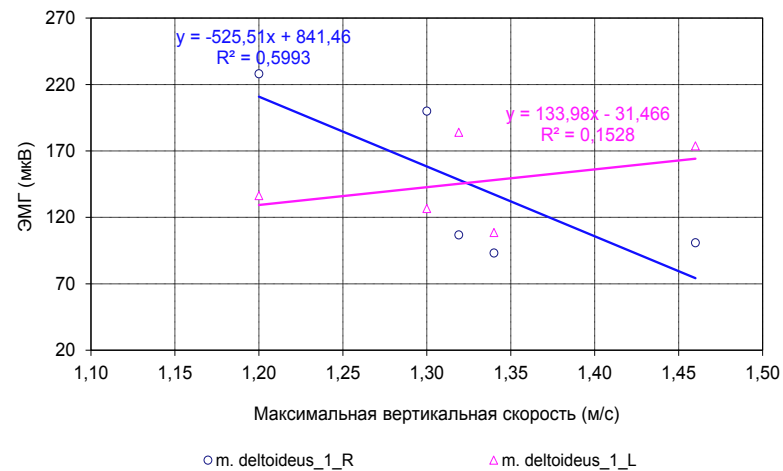
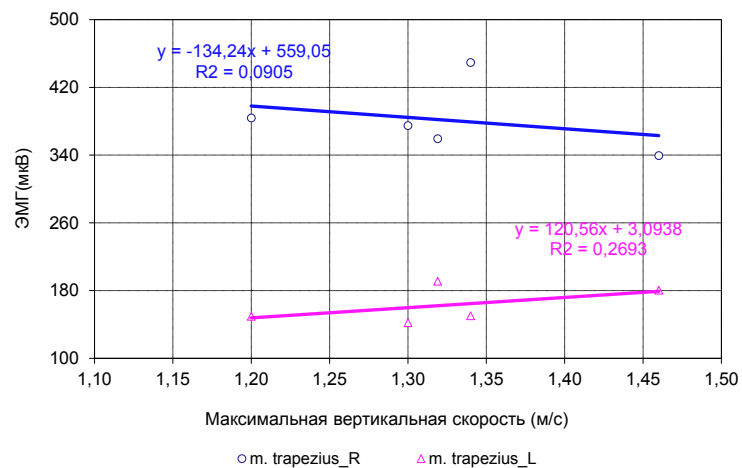


Рисунок 22 – ЭМГ правой и левой *m. biceps brahii*, *m. brachioradialis*, *m. deltoideus*, *m. trapezius* при выполнении технического элемента «первый перехват».
Техника выполнения первого перехвата представлена на рис. 20

Отрицательная статистическая связь между максимальной скоростью и амплитудой ЭМГ-сигнала мышц *m. biceps brahii_R*, *m. deltoideus_R*, *m. pectoralis major_L* означает, что «первый перехват», так же как и «асимметричный старт», осуществляется «баллистическим» способом. Это означает, что проявляется значительная активность мышц в начале ($0 < t < 35\%$) и оставшаяся часть двигательного цикла сопровождается минимальной ЭМГ-активностью (рис. 21). Можно сделать вывод, что вертикальная скорость на старте будет зависеть от скоростно-силовых свойств левой *m. trapezius_L* и правой *m. pectoralis major_R*.

6. ОЦЕНКА СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЫШЦ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРИРОСТ МОЩНОСТИ ПРИ ЗАБЕГАХ НА СКОРОСТЬ

Забег на скорость скалолазов относится к квадропедальной локомоции, т.е. когда задействованы верхние и нижние конечности. Методами статистического анализа оценили вклад верхних и нижних конечностей в спортивный результат. Провели подсчет количества перехватов и отталкиваний ногами при забегах. Анализ выступления на международных соревнованиях показал, что количество отталкиваний ногами является основным значимым показателем, который позволяет найти различия между спортсменами-скалолазами высокой квалификации. Этот признак имеет достаточно высокую вариативность относительно других показателей $\approx 13\%$. Анализ результатов международных соревнований, видеоматериалов и антропометрических измерений с помощью метода главных компонент позволил выделить 3 группы спортсменов скалолазов-скоростников высокого класса, схожих по технико-тактической схеме прохождения 15-метровой трассы относительно показателя «количество отталкиваний ногами» (табл. 4). В первую группу входят спортсмены с длиной тела до 170 см. Они выполняют 14–15 перехватов руками и 19 отталкиваний ногами – средний результат 6,14 с. Ко второй группе относятся спортсмены с длиной тела 170–180 см. Количество перехватов руками – 14, а отталкиваний ногами – 18, средний результат – 6,4 с. К третьей группе относятся спортсмены-скалолазы с длиной тела больше 180 см. Число ДД руками и ногами 13 и 14 соответственно. Средний результат в третьей группе составил 5,96 с. Спортсмены-скалолазы массовых разрядов выполняют 16–19 отталкиваний ногами и 11–14 перехватов руками при прохождении трассы, т.е. почти столько же, как элитарные спортсмены (табл. 4).

Таблица 4 – Кинематические и антропометрические показатели скоростников-скалолазов

Скалолазы-скоростники квалификация/пол	Количество перехватов руками	Количество отталкиваний ногами	Результат прохождения трассы, с	Длина тела, см
Участники международных соревнований (мужчины), n = 10	14 ± 1	17 ± 2	6,2 ± 0,23 с	175,3 ± 9,6
Юноши, n = 7	11 ± 1	16 ± 1	8,5 ± 1,5 с	176,5 ± 8,2
Девушки, n = 5	14 ± 2	19 ± 3	13,7 ± 1 с	166,0 ± 6,7

Однако результаты юношей и девушек значительно хуже. Следовательно, сила отталкивания ногами скалолазов-юниоров является лимитирующим фактором в достижении спортивного результата.

Произвольная сила мышц зависит от состояния, функционирования центрального и периферического звеньев двигательного аппарата человека. Поступающие из двигательной зоны коры головного мозга в мотонейроны нервные импульсы, эфферентные и афферентные импульсы, двигательные рефлексы влияют на межмышечную и внутримышечную координацию, определяя вклад центрального звена в произвольную мышечную силу. Периферическое влияние на мышечную силу связано с числом, диаметром и типом волокон. Занятия спортом вызывают гипертрофию мышц – разгибателей коленного сустава. Организация силовой тренировки при отсутствии ограничений на вес тела, точнее на размеры мышц, позволяет использовать различные методы, как традиционные, когда нагрузка задается в процентах от максимума, статодинамические нагрузки, упражнения в уступающем режиме, тренировку на вибростендах, пневмотренажерах.

Гипертрофия мышц скалолазов, как следствие силовой тренировки, вызывающая увеличение веса, отрицательно влияет на способность удерживать вес тела на зацепках (что важно при лазании на трудность), так как мышцы кисти, предплечья имеют небольшой физиологический поперечник и силовой потенциал их ограничен в отличие от мышц плеча, туловища или нижних конечностей.

Поэтому силовая тренировка скалолазов должна быть направлена на увеличение градиента силы, т.е. на способность развить усилие быстро при минимальной мышечной гипертрофии.

На рис. 23 представлены периметры трех обхватных признаков на бедре. Провели однофакторный дисперсионный анализ с целью оценки влияния фактора занятий спортом на обхватные признаки бедра. За градации факторов принимали стаж занятий спортом. Сборные России по конькобежному спорту и ВМХ – максимальный стаж; молодежный состав скалолазов – средний стаж; неспортсмены – отсутствие стажа систематических занятий спортом. Обхватные признаки бедра скалолазов достоверно меньше, чем у конькобежцев и велосипедистов, и почти не отличаются от неспортсменов (рис. 23).

Физиологические поперечники мышц – разгибателей коленного сустава представлены на рис. 24. Анатомической составляющей силы мышцы является ее физиологический поперечник, который зависит от объема мышцы, длины волокна и угла перистости. Объемы *m. vastus u m. rectus femoris* рассчитывали по регрессионным уравнениям. Входными параметрами уравнений были анатомические признаки: длина бедра, максимальный ягодичный обхват, обхват бедра проксимальный, обхват бедра посередине, обхват бедра дистальный. При расчете обхватных признаков учитывали толщину кожно-жировых складок на бедре.

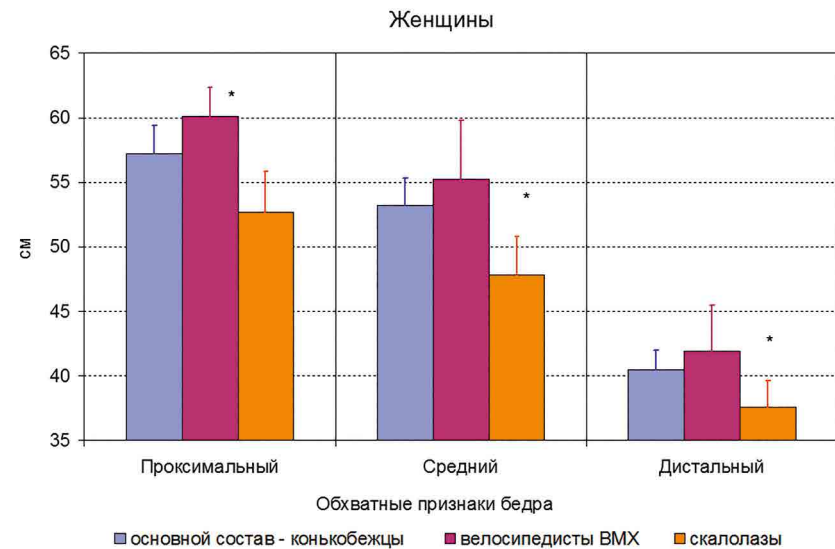
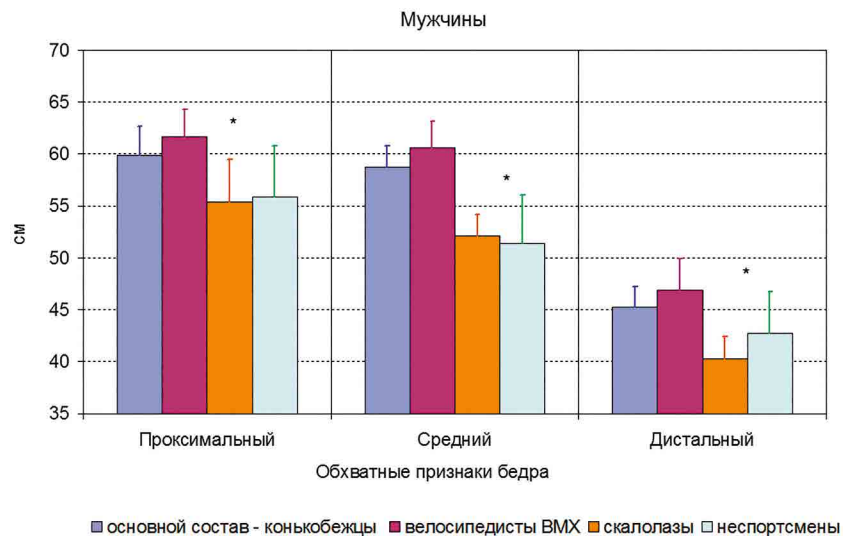


Рисунок 23 – Обхватные признаки бедра

Обхват бедра проксимальный – сзади лента проходит по подъягодичной складке; обхват бедра посередине – измеряется посередине расстояния между подъягодичной складкой и верхним краем коленной чашечки; обхват бедра дистальный – измеряется над коленом в наиболее выступающей части внутренней головки широкой мышцы бедра; значком «*» обозначены достоверные различия ($P = 0,05$)

Значком «*» обозначены достоверные различия ($P = 0,05$)

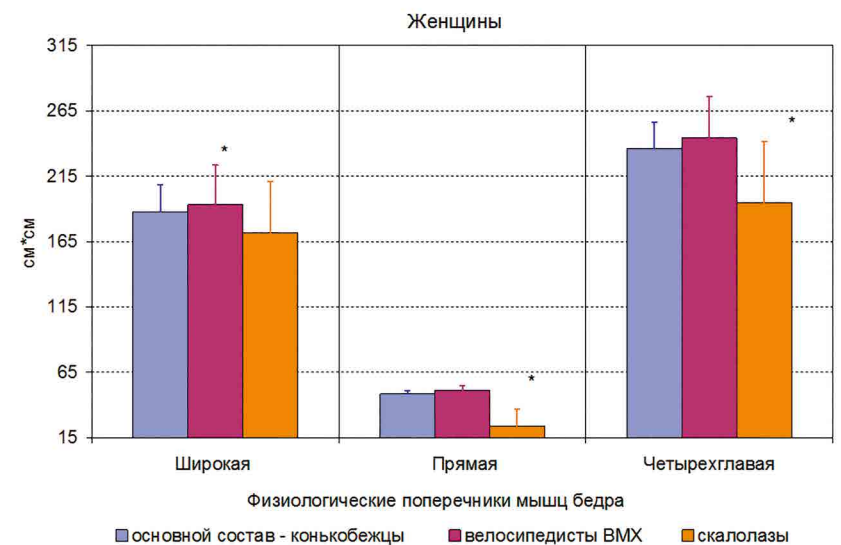
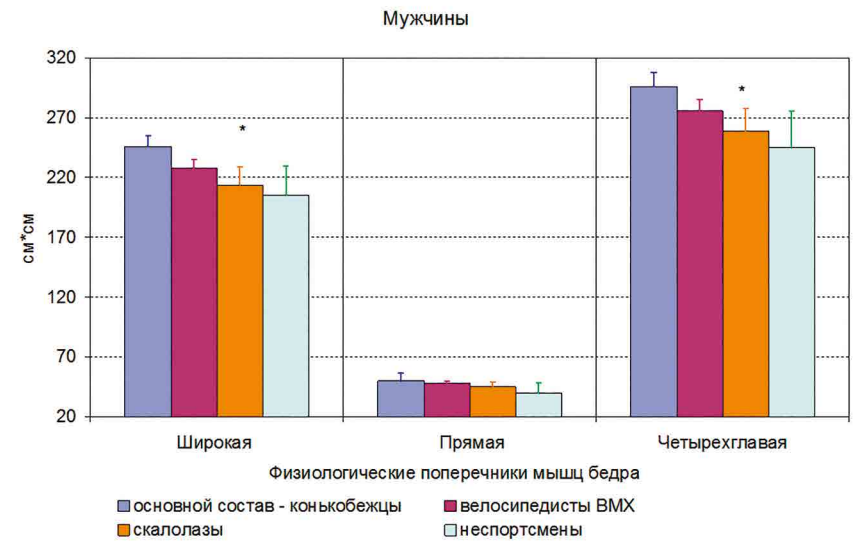


Рисунок 24 – Физиологические поперечники мышц – разгибателей коленного сустава

Значком «*» обозначены достоверные различия ($P = 0,05$)

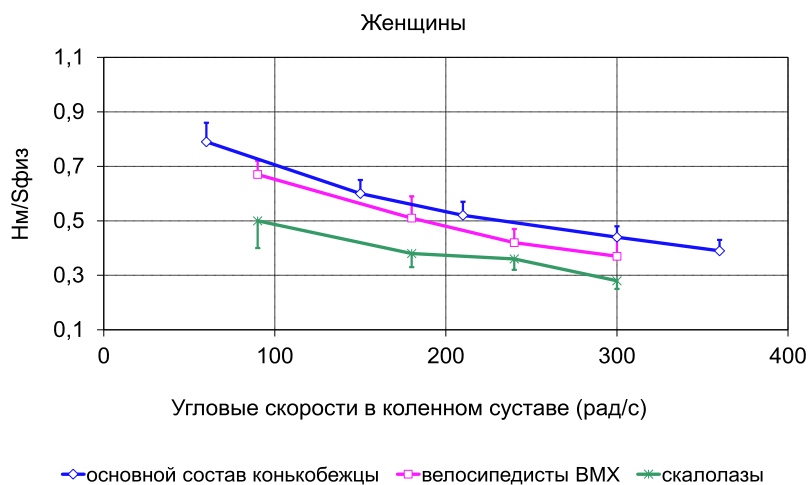
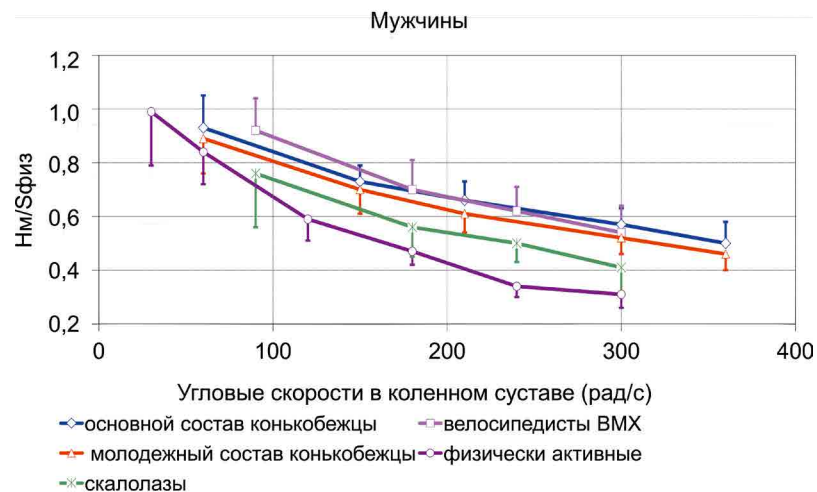


Рисунок 25 – Скоростно-силовые проявления мышц – разгибателей коленного сустава при тестировании на изокINETическом динамометре. Момент в коленном суставе нормировали на физиологический поперечник *m. quadriceps*

Длину волокон рассчитывали по уравнениям регрессии. Причина увеличения физиологических поперечников мышц у спортсменов в сравнении с неспортсменами (при незначительных различиях в обхватах) связана с толщиной кожно-жировых складок. У спортсменов средняя толщина подкожного жира на бедре составляет:

- конькобежцы ($10,5 \pm 2,5$ мм у мужчин, $13,1 \pm 3$ мм у женщин);
- велосипедисты ($3,3 \pm 1$ мм у мужчин, $3,7 \pm 2$ мм у женщин);
- скалолазы ($8,8 \pm 3$ мм у мужчин, $15,7 \pm 5$ мм у женщин);
- неспортсмены ($15,1 \pm 6,6$ мм у мужчин).

Сила разгибателей коленного сустава. Вид спорта определяет режим и тип сокращения мышц. В большинстве видов встречается смешанный режим (плиометрический), т.е. когда после уступающего режима работы мышц следует преодолевающий. Преодолевающий режим осуществляется по нескольким типам: баллистическому, изокINETическому и изотоническому.

Как было показано в разд. 5, при спортивном скалолазании отталкивание осуществляется по баллистическому типу движения. Этот режим осуществляется на высоких угловых скоростях при мышечных силах, не превышающих вес тела больше чем на 50%. Поэтому скалолазы-скоростники проигрывают по силе конькобежцам и велосипедистам, но достоверно превосходят показатели неспортсменов, что показано на рис. 25. Это еще раз подтверждает вывод о совершенствовании центральных механизмов управления силой при организации баллистических движений. При почти одинаковых размерах физиологических поперечников мышц нижних конечностей у неспортсменов и скалолазов скалолазы значительно превосходят неспортсменов по силам.

7. СИЛОВАЯ ТРЕНИРОВКА СКАЛОЛАЗОВ-СКОРОСТНИКОВ

Морфологические и скоростно-силовые показатели скалолазов-скоростников. Специфика структуры соревновательной деятельности в любом виде спорта обусловлена правилами соревнований и техническими условиями, определяющими состав действий спортсмена. Так, например, в лазании на скорость основной задачей является прохождение скоростной трассы за наименьшее время.

Проведение соревнований на однотипных трассах позволяет оценить вклад морфологических параметров в результат. Спортсмены с длиной тела более 180 см выполняют меньшее число ДД руками и ногами – 13 и 14 соответственно. При длине тела до 170 см количество ДД руками и ногами – 14 и 19 соответственно. Следовательно, длина тела при пробегании 15-метровой трассы влияет на количество ДД, выполняемых ногами: у высоких спортсменов – в среднем на 5 отталкиваний меньше, чем у спортсменов с длиной тела до 170 см, т. е. невысокая длина тела компенсируется за счет частоты ДД.

При сравнении скалолазов различных специализаций (сложность и скорость) длина тела достоверно выше у представителей скоростного лазания ($179,14 \pm 7,95$ см) по сравнению с представителями лазания на сложность ($174,8 \pm 3,67$ см). Обхват бедра проксимальный наибольший также у представителей скоростного лазания ($55,0 \pm 3,1$ см), что достоверно выше по сравнению с представителями лазания на сложность ($48,0 \pm 2,7$ см). Показатели скоростно-силовой подготовленности, регистрируемые по величине прыжка вверх, наиболее высокие у представителей скоростного лазания ($53,0 \pm 3$ см), что достоверно выше по сравнению с представителями лазания на сложность ($48,0 \pm 2$ см) и альпинистами ($39,7 \pm 2$ см). Тесты «подъем ног к груди в висе 20 раз», «подтягивания

15 раз на время» скалолазы-скоростники выполняют быстрее представителей других специализаций.

Результаты тестирования в сочетании с достоверно более высокими показателями обхвата бедра у скалолазов-скоростников свидетельствуют о том, что скоростное лазание предъявляет наиболее высокие требования к развитию градиента силы. Был обоснован комплекс тестов, отражающих общую и специальную подготовленность скалолазов. Сравнение соревновательного рейтинга спортсменов с результатами ОФП и СФП показало, что для скалолазов, специализирующихся в лазании на скорость, показатели ОФП и СФП имеют меньшее влияние на соревновательный ранг ($r = 0,54-0,66$). В лазании на трудность показатели обоих видов физической подготовленности имеют высокие связи с соревновательным рангом ($r = 0,81-0,85$).

В табл. 5 (упражнения № 1–20) представлены основные упражнения скалолазов, рекомендуемые для ОФП и СФП. Основной вид силовой тренировки – круговая тренировка в течение 45 мин 3 раза в неделю с чередованием упражнений № 1–10 (табл. 5).

Особенности силовой тренировки скалолазов. В большинстве видов спорта цель силовой тренировки – увеличение силы для противодействия сопернику (борьба) или преодоление инерции/веса спортивных снарядов (метания, штанга) или инерции/веса своего тела (гимнастика, прыжки).

Основным сопротивлением при скалолазании является вес тела, поэтому силовая тренировка скалолазов должна быть направлена на увеличение относительной, а не абсолютной силы. По мнению ведущего специалиста Э. Херста, цель силовой подготовки альпинистов состоит в том, чтобы руки и туловище были как у гимнастов, а мышцы нижних конечностей – как у легкоатлетов-средневикиков. По мнению Э. Херста, силовая направленность упражнений (табл. 5) – развитие максимальной силы мышц.

Однако рекомендации по продолжительности, числу повторений и количеству серий соответствуют правилам силовой тренировки, направленной на одновременное развитие силы мышц и их гипертрофии.

Длительность выполнения статических упражнений и число повторений, например удержание собственного веса на одной руке, упражнение № 20 (табл. 5), при угле в локтевом суставе 90 градусов в течение 5 с., с числом повторений 5–6 выполняется в течение 1 мин (с учетом опускания вниз).

Такой метод с минимальным по времени расслаблением мышцы применяется в тренировке атлетизма с целью придания рельефности мускулатуре верхних конечностей (эффект «флашинга»).





В статических упражнениях для тренировки силы рук предлагается выполнять упражнения № 12, 13 и 20, представленные в табл. 5, длительностью 30–40 с.

При статическом удержании развивается утомление, которое изменяет медианную характеристику спектра сигнала, что отражает процесс переключения с «утомленных» ДЕ на новые, неутомленные ДЕ. Длительное удержание статического положения меняет направленность тренировки с силовой на силовую выносливость. Предложенные в табл. 5 упражнения относятся к ОФП скалолазов и не отражают специфику соревновательной деятельности при забегах на время.



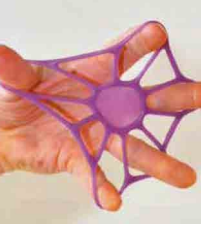

Таблица 5 – Силовые упражнения скалолазов



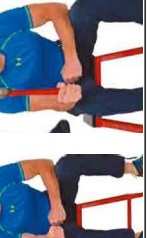

№	Упражнение	Количество движений (раз) / длительность (с.)	Количество серий	Отдых между сериями (мин)	Фото упражнения
1	Подтягивания на двух руках на Fineg board в темпе 60 раз в мин	До утомления	3–5	5	
2	Подтягивания на двух руках на перекладине с помощью партнера, затем медленное опускание в течение 2 с.	10 раз	2	4–5	
3	Отжимания от пола на руках в позиции с выпрямленными руками, 2 с. фиксация положения и на 5 с. опускание вниз	5–10	3	5	

Продолжение таблицы 5

№	Упражнение	Количество движений (раз) / длительность (с.)	Количество серий	Отдых между сериями (мин)	Фото упражнения
4	Отталкивания руками от пола	До утомления	1–2	3–5	
5	Отжимания от скамейки	До утомления	1–2	3–5	
6	Приседания на одной ноге	1–30	2	3–5	
7	Разгибания в тазобедренном суставе с опорой на плечи	10–20	2	3	

Продолжение таблицы 5

№	Упражнение	Количество движений (раз) / длительность (с.)	Количество серий	Отдых между сериями (мин)	Фото упражнения
8	Планка с опорой на предплечья	30–60 с.	3	1	
9	Тренировка мышц туловища	До утомления	30–75	5	
Упражнения, обеспечивающие стабильность хвата					
10	Тренировка разгибателей пальцев	15–20	3	2–3	
11	Тренировка сгибателей-разгибателей кисти. В зависимости от уровня подготовленности от 2–15 кг	20–25	2 серии на кисть	3	

№	Упражнение	Количество движений (раз) / длительность (с.)	Количество серий	Отдых между сериями (мин)	Фото упражнения
12	Статическое удержание гантели	45–60 с.	2 серии на кисть	2	
13	Удержание гантели пальцами	30 с.	3–5	2	
14	Тренировка мышц предплечья (пронаторы/супинаторы) 2–3 кг	20–25 раз	2	3	
Тренировка со штангой					
15	Тренировка бицепсов и пронаторов предплечья со штангой. Вес штанги подбирается индивидуально	15–20	3	5	

№	Упражнение	Количество движений (раз) / длительность (с.)	Количество серий	Отдых между сериями (мин)	Фото упражнения
16	Подъем штанги до пояса	70–90% от максимального веса, 2–5	5–6	3–5	
17	Приседания со штангой на плечах	5–6 ПМ	3	3	
Специальные упражнения скалолазов					
18	Удержание собственного веса двумя пальцами	10 с.	5	5	
19	Удержание собственного веса полухватом	Удержание 7 с., отдых 53 с.	5	53 с	
20	Удержание собственного веса на одной руке (угол в локтевом суставе 90 градусов)	Удержание 3–8 с., затем опускание вниз 5–10 с.	5–6	2–3	

Специфика соревновательной деятельности в скоростном скалолазании. При забегах на скорость можно выделить три основных способа поддержания равновесия тела:

- нижний – с опорой на одну или две стопы;
- верхний – опора на верхние конечности с целью удержания веса тела на зацепках;
- смешанный – когда баланс тела осуществляется с опорой на верхние и нижние конечности.

Анализ видеоматериалов показал, что при скоростном скалолазании присутствуют следующие ДД: отталкивание с двух ног, отталкивание с одной ноги, подтягивания на руках, удержание веса тела на зацепках (рис. 26). В соответствии с предложенной классификацией ДД скалолазов- скоростников были подобраны специальные упражнения, направленные на развитие скоростно-силовых характеристик мышц с учетом специфики соревновательной деятельности. Предложена методика силовой тренировки, соответствующая характеру выполнения ДД, – сочетание баллистических движений со статическим удержанием тела верхними конечностями.

Такой путь развития силы предполагает увеличение силы за счет совершенствования нейрорегуляторных механизмов, т. е. за счет внутримышечной и межмышечной координации и повышения емкости, мощности алактатного механизма энергоснабжения мышечного сокращения. В табл. 6 представлено время выполнения основных ДД при забегах на скорость.

Таблица 6 – Время выполнения основных ДД при скоростном скалолазании

№	Вид ДД	Время выполнения, мс
1	Отталкивание одной ногой	580 ± 30
2	Отталкивание двумя ногами	555 ± 25
3	Удержание веса тела на одной руке	180 ± 35
4	Удержание веса тела на двух руках	320 ± 30

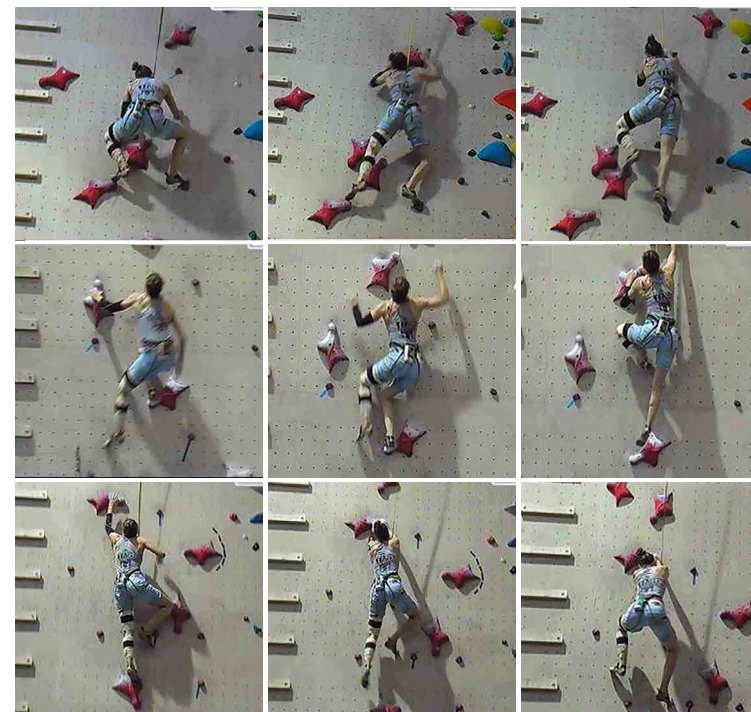


Рисунок 26 – Верхний – отталкивание с двух ног, средний – отталкивание с одной ноги, нижний – подтягивания на руках и удержание веса тела на зацепках

Тренировка скалолазов «отталкивание двумя ногами». На верхних фотографиях рис. 26 представлена кинематика отталкивания двумя ногами. Отталкивание начинается при углах в коленных суставах 90–95 градусов. Исходя из принципа двигательного соответствия специально-подготовительного и соревновательного упражнений, для тренировки силы при отталкивании двумя ногами применили упражнение «приседание со штангой на плечах». Для подбора соревновательному упражнению ввели кинематическое ограничение – «глубина приседания». Спортсменов просили выполнять это упражнение до угла в коленном суставе 90 (такая глубина приседания соответствует положению, при котором бедра параллельны полу). Темп упражнения – 60 приседаний в секунду – задавали метрономом. При таком темпе

одно приседание и вставание должны выполняться приблизительно за 500 мс, что соответствует времени выполнения движения за ≈ 1 с., таким способом поддерживается темп выполнения упражнения № 2 из табл. 6.

Подбирали вес штанги, при котором сохранялся заданный темп – 60 движений в мин. Спортсмены выполняли приседания с контролем времени и темпа, так как это показано на рис. 1. С учетом времени пробегания дистанции скалолазами (< 8 с.) количество повторений в одном подходе – 6 раз (алактатный режим). Методика определения оптимального веса представлена в разд. 1. Рассмотрим конкретный пример: оптимальный вес штанги, при котором наблюдается кинематическое соответствие соревновательному упражнению, – 35 кг. На рис. 27 представлены сглаженные ЭМГ *m. quadriceps*. Темп выполнения упражнения при оптимальном весе – 63 приседания в мин. Если вес штанги увеличивается до 65 кг, то темп падает до 54 приседаний в мин. Увеличение веса штанги в два раза «теоретически» должно приводить к увеличению амплитуды ЭМГ. Однако в форме профиля ЭМГ *m. quadriceps* наблюдали незначительное увеличение амплитуды, а в фазе отталкивания (50–75%) происходило даже снижение ЭМГ. Причина этого – влияние комплексов Гольджи на мотонейроны синергистов. Тренировка с оптимальным весом приводит к балансу эфферентно-афферентных импульсов, что способствует тренировке мышц нижних конечностей в режиме, близком к соревновательному.

Тренировка ДД скалолазов «отталкивание одной ногой». Для тренировки силы отталкивания одной ногой выполняли упражнение, представленное на рис. 28. Поскольку движение выполняется одной ногой, то упражнение выполняли с половиной оптимального веса. Наблюдали оптимальный баланс эфферентно-афферентных импульсов, поэтому увеличение веса штанги с 10 до 25 кг не вызывает изменения амплитуды ЭМГ. Вес 10 кг недостаточный для тренировки взрывной силы, отталкивание выполняется быстрее, чем при забегах на скорость 360 ± 30 мс. При увеличении веса штанги до 25 кг время выполнения отталкивания почти соответствует соревновательному – 530 ± 30 мс.

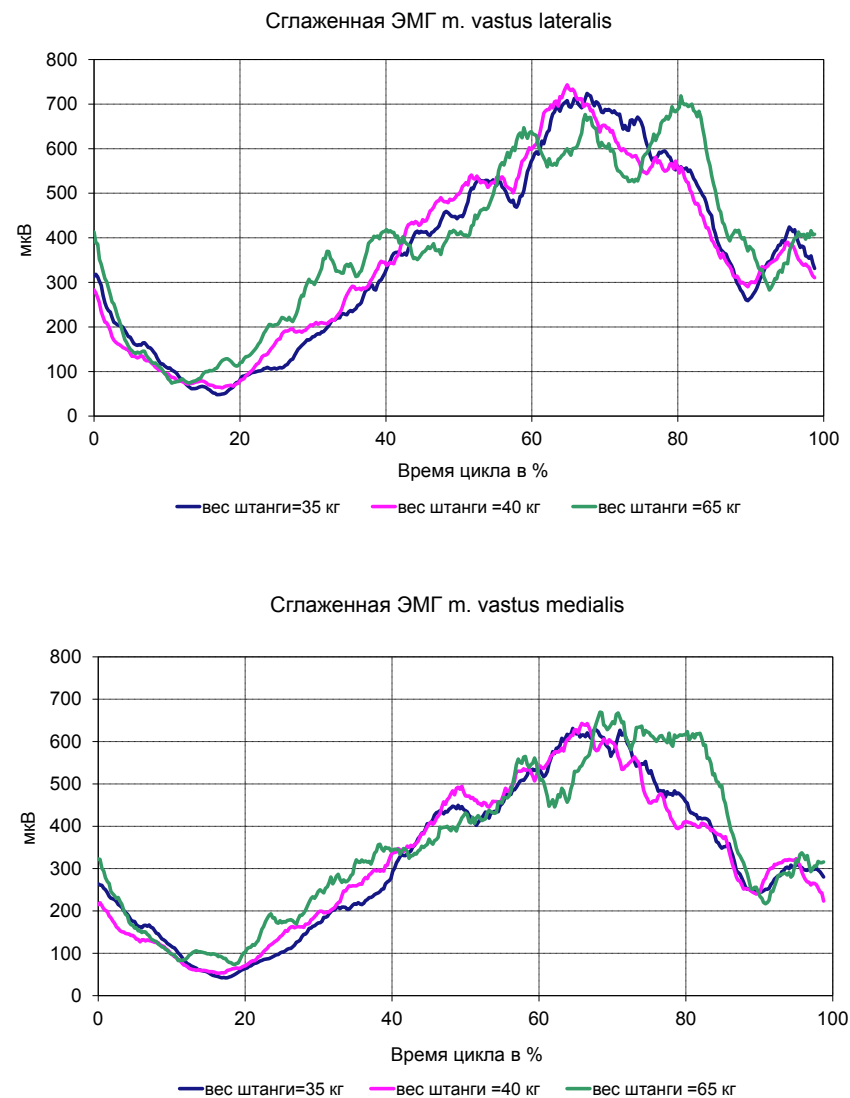
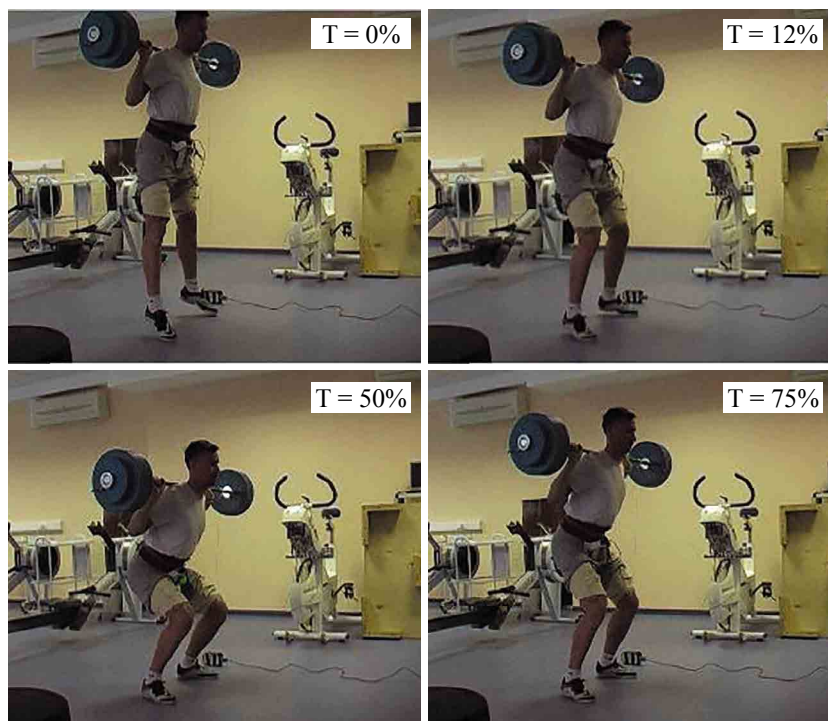
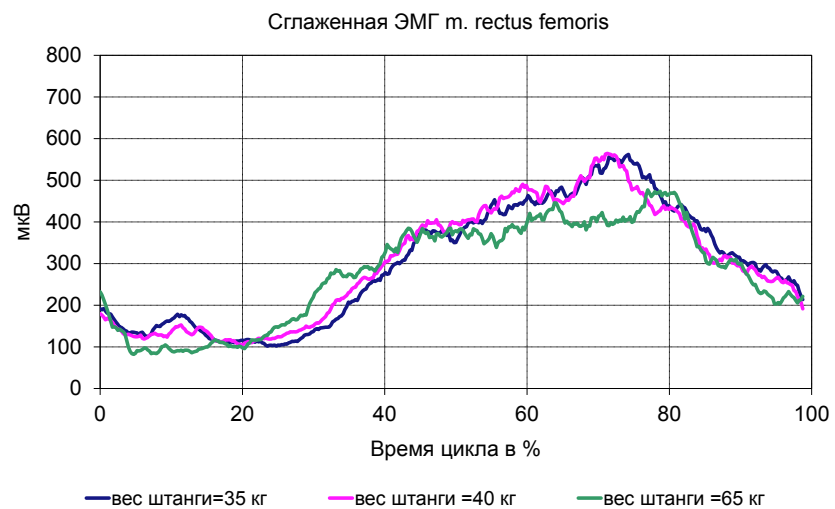
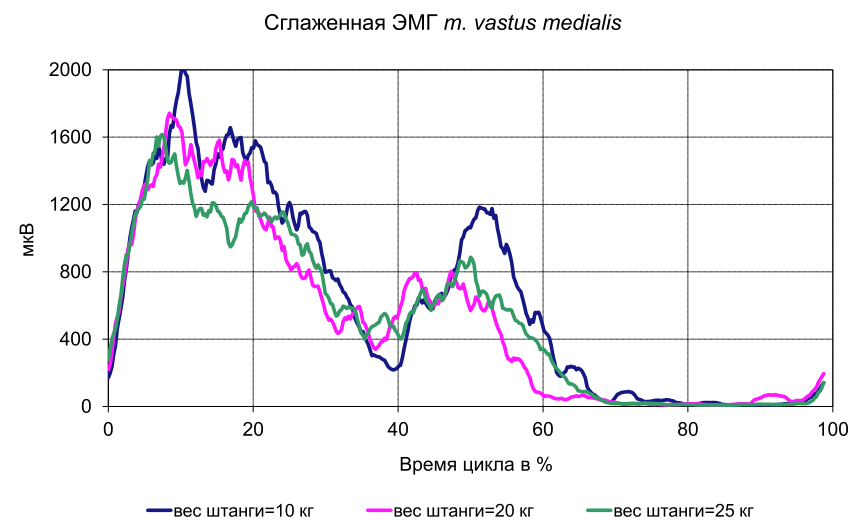
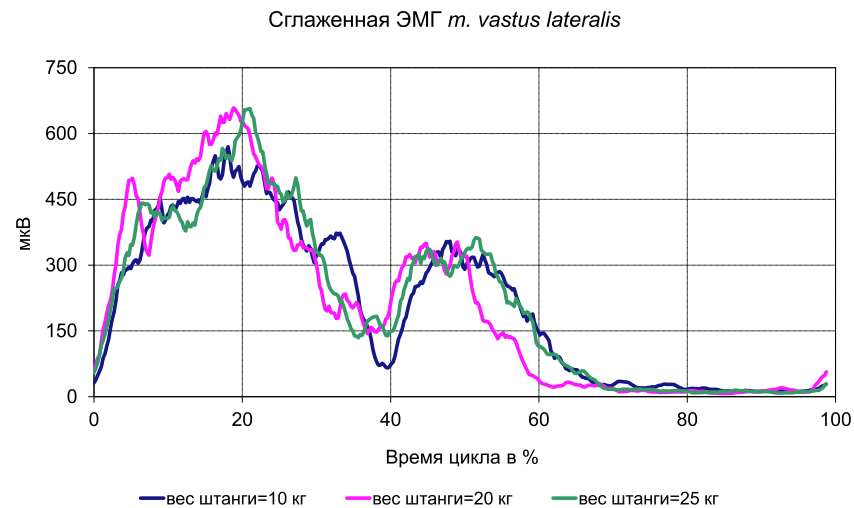


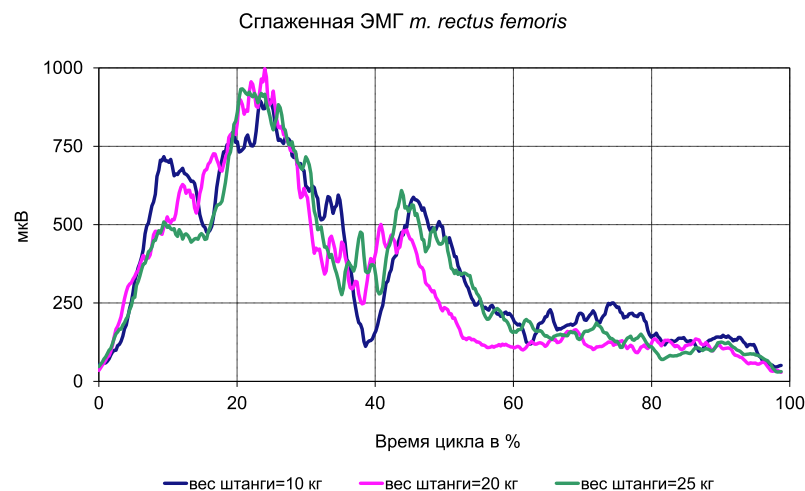
Рисунок 27 – ЭМГ разгибателей коленного сустава в зависимости от веса штанги



**Рисунок 27 – ЭМГ разгибателей коленного сустава
в зависимости от веса штанги**



**Рисунок 28 – ЭМГ разгибателей коленного сустава
в зависимости от веса штанги**



**Рисунок 28 – ЭМГ разгибателей коленного сустава
в зависимости от веса штанги**

Тренировка ДД скалолазов-скоростников «удержание веса тела на одной руке». В табл. 5 представлены рекомендации по времени выполнения изометрических упражнений от 10 до 30 с.

С целью определения оптимального времени выполнения статических упражнений провели следующий эксперимент. Испытуемых просили выполнить упражнение «удержание собственного веса полухватом» на тренажере Finger board одной рукой. Испытуемые выполняли упражнение до отказа.

Время удержания веса тела на одной руке было в пределах 15–20 с. Регистрировали ЭМГ следующих мышц: *m. trapezius_R*, *m. biceps brahii_R*, *m. deltoideus_1_R*, *m. brahii radialis_R*, *m. flexor digitorum superficialis_R*, *m. extensor carpy radialis longus_R*, *m. extensor carpy radialis longus_R*, *m. triceps_R*, *m. extensor digitorum communis_R*. Анализировали спектр мышц. Рассчитывали медианное значение спектра.

Уменьшение медианной характеристики спектра свидетельствует об утомлении ДЕ и переключении на неутомленные ДЕ. В каждой попытке рассчитывали спектр в первых и последних 5 с. Оценивали смещение медианы к началу спектра.

Увеличение длительности выполнения упражнения до отказа (15–20 с.) в зависимости от физической подготовленности испытуемого смещает медианное значение спектра (рис. 29). Чем сильнее утомление мышцы, тем больше медиана смещается к началу спектра.

Наибольшее утомление наступает в мышцах: *m. trapezius_R*, передних пучках дельтовидной мышцы (*m. deltoideus_1_R*), *m. flexor digitorum communis_R* и *m. extensor carpy radialis longus_R*. В тех мышцах, в которых наблюдали утомление, воздействие упражнения на мышцы из силовой тренировки перешло в тренировку силовой выносливости. Оптимальное время выполнения изометрических упражнений для скалолазов-скоростников составляет 8–10 с.

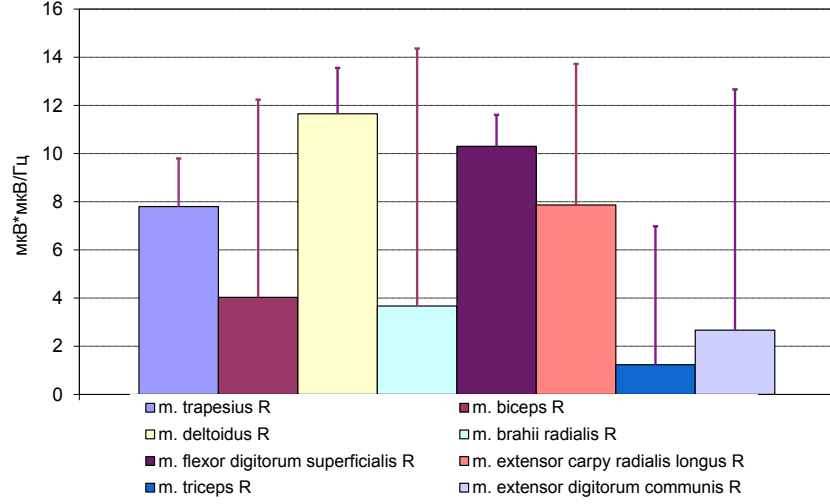


Рисунок 29 – Смещение медианных показателей спектра сигнала ЭМГ при выполнении упражнения «удержание собственного веса полухватом» на тренажере Finger board

Тренировка ДД скалолазов на тренажере «Ногоход».

При забегах на тренажере «Ногоход» регистрировали ЭМГ следующих мышц: *m. biceps brahii_R*, *m. trapezius_R*, *m. vastus lateralis_R*, *m. gastrocnemius medialis_R*, *m. biceps brahii_L*, *m. trapezius_L*, *m. vastus lateralis_L*, *m. gastrocnemius medialis_L*. Спортсмены выполняли забеги без отягощения и в жилете. Время забегов 8,4–7,7 с., вес жилета составлял 6, 7 и 8 кг.

Оценивали миоэлектрическую работу каждой мышцы и нормировали ее на время попытки, таким образом, получали среднюю ЭМГ в забеге (уравнение (5), рис. 30). При увеличении веса жилета от 7,5 до 10% от веса тела наблюдали снижение средней амплитуды миограммы по всем мышцам. Это означает, что отягощение величиной 10% от веса тела является сильным раздражителем и комплексы Гольджи оказывают тормозящее действие на мотонейроны синергистов, отсюда снижение средней амплитуды ЭМГ и, соответственно, скорости забега.

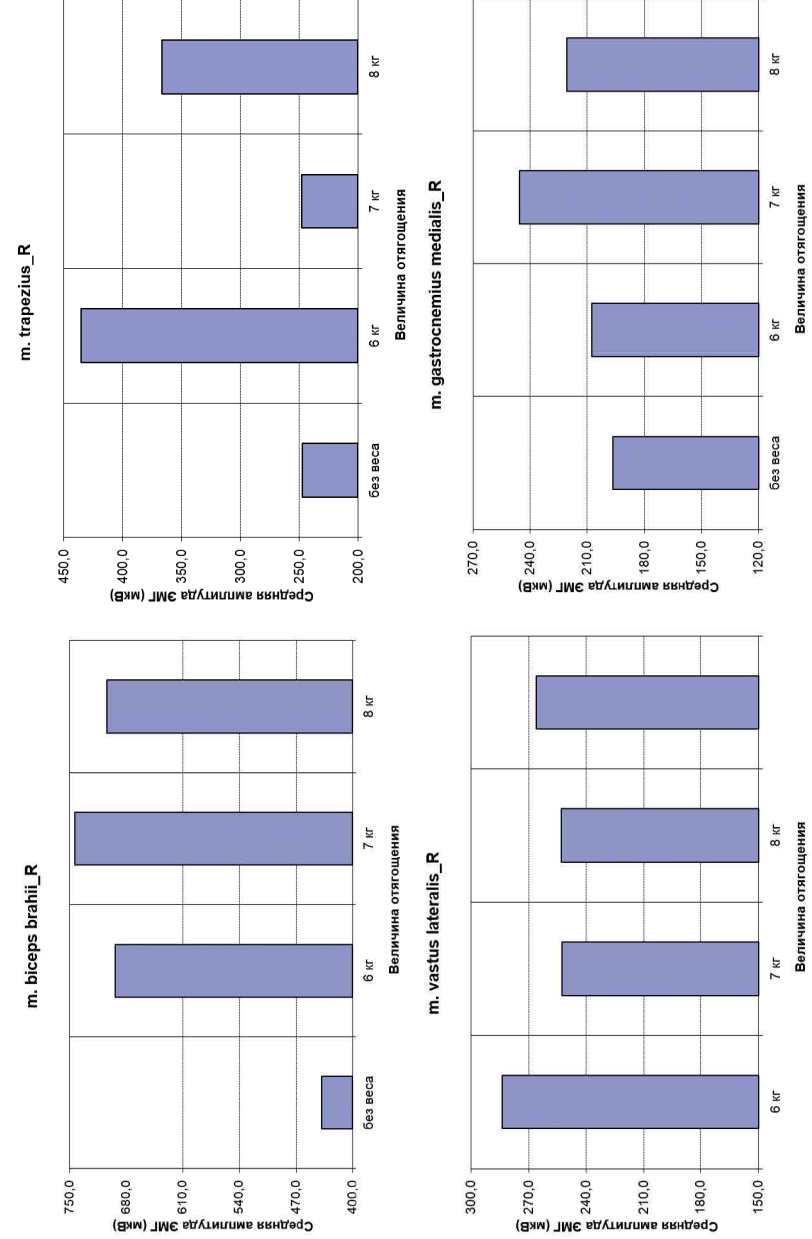
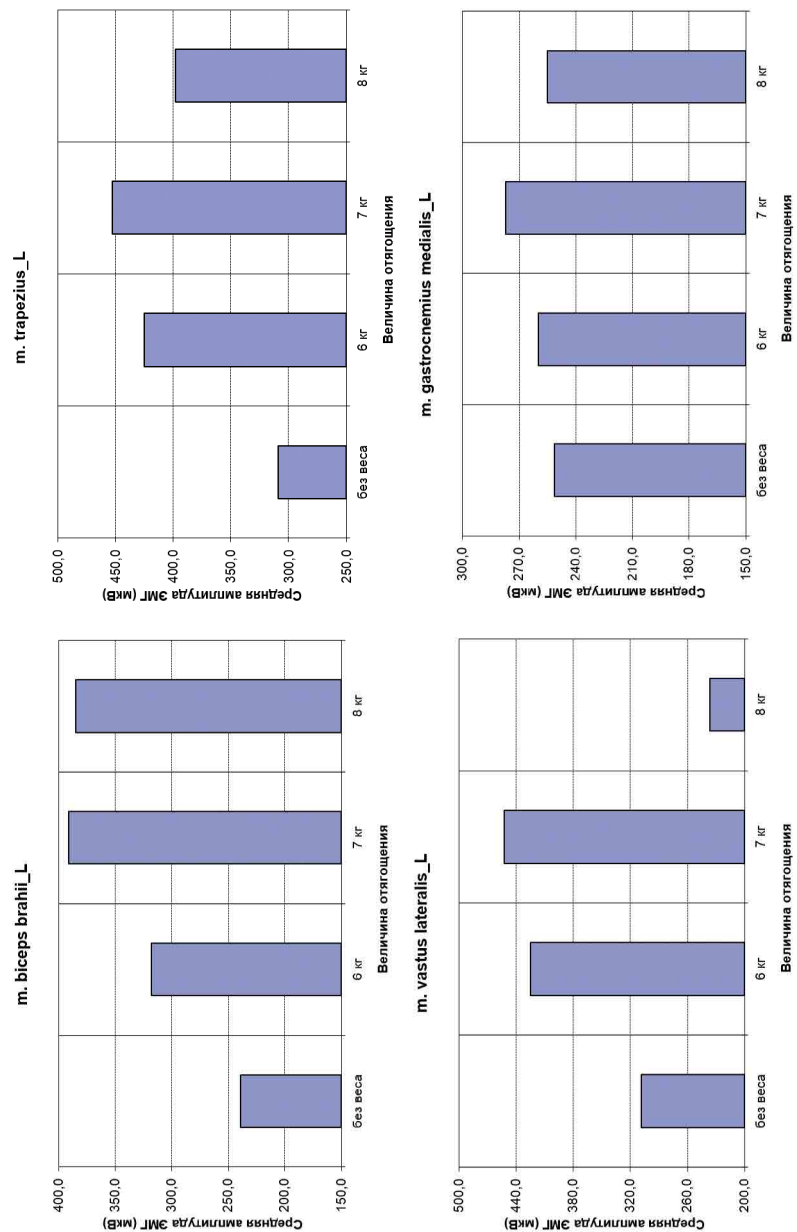


Рисунок 30 – Средняя ЭМГ мышц при забегах на тренажере «Ногоход» с различной величиной отягощения
Испытуемый С-В, вес – 79 кг, оптимальный вес жилета – 6 кг (7,6%) и 7 кг (8,8%)



Стимулирующим фактором для ЦНС является отягощение в 7,5–8,8% (6–7 кг), что способствует увеличению средней амплитуды ЭМГ, а следовательно, и силы мышц. Таким способом можно индивидуально подобрать величину отягощения, воздействующую на центральный механизм управления силой мышц в специально-подготовительном упражнении скалолазов.

Исходя из результатов проведенного исследования, была предложена специальная силовая тренировка скалолазов-скоростников, состоящая из двух вариантов.

Первая тренировка направлена на развитие мощности в соревновательном упражнении:

- разминка – 15–20 мин;
- пробные забеги на тренажере «Ногоход» с отдыхом 3–4 мин;
- забеги на тренажере «Ногоход» с отягощением 8% от веса тела, 5 повторений через 4–5 мин отдыха, две серии;
- силовая тренировка мышц предплечья и кисти, упражнение № 19 из табл. 5, продолжительность – 8 с., через 5–6 мин отдыха, 4 раза;
- заминка: бег, гимнастика – 15 мин.

Вторая тренировка направлена на развитие скорости соревновательного упражнения:

- для развития скорости в соревновательном упражнении необходимо двигательное соответствие силового упражнения соревновательному. С этой целью перед началом тренировки проводится тестирование с различным весом штанги, например 20%, 30% 40% от максимального веса. Контролируется время выполнения 6 приседаний. Вес штанги, при котором выполняются 6 приседаний за 6 с., принимается за оптимальный;

- с оптимальным весом выполняются приседания со штангой на плечах 6 раз в одном подходе, как показано на рис. 27. Таких подходов в серии 5–6 через 3 мин отдыха, серий может быть 2–3;

- с половиной оптимального веса выполняется упражнение «отталкивание одной ногой», как показано на рис. 28. Упражнение выполняется попеременно на правой и левой ногах с отдыхом 5 мин, 4–5 раз на каждую ногу. Высота степ-платформы подбирается такая, чтобы при постановке на нее стопы толчковой ноги угол в коленном суставе был около 110 градусов;

- заминка: бег, гимнастика – 15 мин.

ВЫВОДЫ

Показатели скоростно-силовой подготовленности скалолазов-скоростников, регистрируемые по различным педагогическим тестам «прыжок вверх», «подъем ног к груди в висе 20 раз», «подтягивания 15 раз на время», достоверно выше результатов скалолазов-сложников и альпинистов. Предлагаемые методы силовой тренировки носят общеподготовительную направленность и не отражают специфику соревновательной деятельности скалолазов-скоростников. Рекомендации по видам силовых упражнений, числу повторений заимствованы из атлетизма. Основной метод тренировки – круговая тренировка в течение 30–45 мин с чередованием силовых упражнений для верхних/нижних конечностей и туловища. Рекомендации по продолжительности, числу повторений и количеству серий в круговой тренировке соответствуют правилам тренировки, направленной на одновременное развитие силы мышц и их гипертрофии.

Упражнения, направленные на удержание веса тела различными формами кистевых хватов, предлагается выполнять до утомления, что необходимо при альпинизме или лазании на трудность.

Проблема силовой подготовки скалолазов-скоростников заключается в том, что необходимо проявлять усилия, не превышающие 1,5 веса тела за минимальное время, т.е. силовая тренировка должна быть направлена на развитие взрывной силы, а не на увеличение максимальной силы.

Анализ видеоматериалов показал, что при скоростном скалолазании можно выделить следующие двигательные действия: отталкивание с двух ног, отталкивание с одной ноги, подтягивания на руках, удержание веса тела на зацепках. В соответствии с предложенной классификацией двигательных действий скалолазов-скоростников были подобраны специальные упражнения, направленные на развитие скоростно-силовых характеристик мышц с учетом специфики соревновательной деятельности. Предложена методика силовой тренировки,

соответствующая характеру выполнения двигательных действий – сочетание баллистических движений со статическим удержанием веса тела верхними конечностями.

Исходя из принципа двигательного соответствия специально-подготовительного и соревновательного упражнений для тренировки силы, были предложены упражнения, соответствующие основным двигательным действиям, а именно «приседание со штангой на плечах», «отталкивание одной ногой». Индивидуально подбирали величину отягощения с целью воздействия на центральный механизм управления силой мышц, а не на размеры мышц.

Рассчитав медианную характеристику спектра ЭМГ мышц, определили оптимальное время выполнения изометрических упражнений с целью тренировки силового компонента мышц, а не силовой выносливости.

Индивидуально подбирали величину отягощения, воздействующую на центральный механизм управления силой в специально-подготовительном упражнении скалолазов типа «Ногоход». Оптимальный вес жилета составляет 7,5–8,5% от веса тела. При выполнении забегов на скорость на тренажере «Ногоход» с оптимальным весом оказывается стимулирующее воздействие на центральный механизм управления силой, что проявляется в увеличении средней амплитуды ЭМГ в забеге.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко, В.В. Целенаправленное развитие двигательных способностей человека / В.В. Бойко. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 144 с.
2. Власенко, П.С. Количественное определение специфической изометрической силы мышц сгибателей пальцев и ее взаимосвязь с проявлением силовых способностей при занятии скалолазанием / П.С. Власенко, Ю.В. Байковский // Теория и практика физической культуры. – 2013. – № 3 (28). – С. 46–49.
3. Воронов, А.В. Анатомическое строение и биомеханические характеристики мышц и суставов нижней конечности / А.В. Воронов. – М.: Физкультура, образование и наука, 2003. – 203 с.
4. Лакин, Ф. Биометрия / Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1972. – 343 с.
5. Ломовцев, Д.Ю. Модельные характеристики специальной физической подготовленности скалолазов / Д.Ю. Ломовцев, А.И. Кравчук // Омский научный вестник. – 2015. – № 3 (139). – С. 166–169.
6. Мякинченко, Е.Б. Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта / Е.Б. Мякинченко, В.Н. Селуянов. – Москва: ТВТ Дивизион, 2005. – 338 с.
7. Нетреба, А.И. Физиологические эффекты низкоинтенсивной силовой тренировки без расслабления / А.И. Нетреба, Д.В. Попов, Я.Р. Бравый [и др.] // Физиология человека. – 2009. – № 35. – С. 97–102.
8. Репко, Е.А. Морфологические особенности элитных спортсменов, специализирующихся в скоростном лазании, лазании на сложность и альпинизме / Е.А. Репко // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2013. – № 12. – С. 67–71.
9. Шульга, А. Модельные характеристики спортсменов-скалолазов, специализирующихся в лазании на скорость

(формат «Рекорд») / А. Шульга // Sport Science of Ukrain. – 2014. – № 1 (59). – С. 14–18.

10. Basmajian, J.V. Muscles alive. Their functions revealed by electromyography / J.V. Basmajian, C.J. De Luca. – Williams and Wilkins Waverly Press, Baltimore, 1985. – 675 p.
11. Carroll, T.J. Neural adaptations to resistance training: implications for movement control / T.J. Carroll, S. Riek, R.G. Carson // Sports Medicine. – 2001. – Vol. 31. – P. 829–840.
12. Esposito, F. Electrical and mechanical response of finger flexor muscles during voluntary isometric contractions in elite rock-climbers / F. Esposito, E. Limonts, M. Gobbo // European Journal Applied Physiology. – 2009. – Vol. 105. – P. 81–92.
13. Field, R.W. Rationale for the use of free weights for periodization / R.W. Field // NSCA Journal. – 1988. – Vol. 10. – P. 38–39.
14. Horst, E. The rock climbers Exercise guide / E. Horst. – FalconGuides, 2017. – 431 p.
15. Kraemer, W.J. Fundamental of resistance training: progression and exercise prescription / W.J. Kraemer, N.A. Ratamess // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2004. – Vol. 36. – P. 674–688.
16. Mendell, L.M. Terminals of single La fibers: location, density, and distribution within a pool of 300 homonymous motoneurons / L.M. Mendell, E. Henneman // J. Neurophysiol. – 1971. – Vol. 34. – P. 171–187.
17. Quaine, F. Finger flexors fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary subjects / F. Quaine, L. Vigouroux, L. Martin // International Journal of Sports Medicine. – 2003. – Vol. 24. – P. 424–427.
18. Schweiser, A. Correlation of forearm strength and sport climbing performance / A. Schweiser, M. Furrer // Isokinetic and Exercise Science. – 2007. – Vol. 15. – P. 211–216.
19. Solomonow, M. Electromyogram power spectra frequencies associated with motor unit recruitment strategies / M. Solomonow,

C. Baten, J. Smit // *Journal Applied Physiology*. – 1990. – Vol. 68. – P. 1177–1185.

20. Vigouroux, L. Estimation of finger muscle tendon tensions and pulley forces during specific sport-climbing grip techniques / L. Vigouroux, F. Quaine, A. Labarre-Vila, F. Moutet // *J. Biomech.* – 2006. – Vol. 39. – P. 2583–2592.

21. Watts, P.B. Wubbels changes in EMG and finger force with repeated hangs from the hands in rock climbers / P.B. Watts, Randall L. Jensen, Sara M. Agena [et al.] // *Int. J Exercise Science*. – 2008. – Vol. 1. – № 2. – P. 62–70.

МЕТОДИКА СПЕЦИАЛЬНОЙ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ-СКАЛОЛАЗОВ

Учебно-методическое пособие

Редактор: Т. А. Гетьманова
Верстка: О. А. Маркова

Подписано в печать 10.08.2020. Формат 84×108/32
Печать цифровая. Бумага офсетная. Объем 4,23 п.л.
Тираж 300 экз. Заказ № 00097
Отпечатано в типографии «Первый том»
105005, г. Москва, ул. Бакунинская, д. 14, стр. 13, ком. 1
Тел.: +7(495)134-54-99, www.1-tom.ru