

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА, ТУРИЗМА И МОЛОДЕЖНОЙ
ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТР СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ СБОРНЫХ КОМАНД РОССИИ»

Для ограниченного пользования

**МЕТОДИКА СОПРЯЖЕННОГО
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИКИ
СТАРТА И РАЗВИТИЯ СКОРОСТНО-
СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ КОНЬКОБЕЖЦЕВ**

Учебно-методическое пособие



ТВТ Дивизион
Москва 2010

Учебно-методическое пособие подготовлено
на основании материалов НИОКР, выполненной учреждением
ГНЦ РФ ИМБП РАН по заказу Минспорттуризма России
в рамках Государственного контракта ГК-335 от 23.09.2009

*Редакционная коллегия ФГУ «Центр спортивной
подготовки сборных команд России»:*

А.М. Кравцов (главный редактор), А.Г. Абалян,
С.П. Евсеев, Е.Б.Мякинченко, Т.Г. Фомиченко,
С.Л. Хоронюк, М.П. Шестаков (зам. главного редактора),
Ю.Н. Шилин (ответственный секретарь)

Методика сопряженного совершенствования техники старта
и развития скоростно-силовых качеств конькобежцев: Учебно-
методическое пособие – М.: ТВТ Дивизион, 2010. – 104 с.

ISBN 978-5-98724-080-9

Учебно-методическое пособие предназначено для тренеров и
специалистов, принимающих участие в подготовке кандидатов в
сборную команду страны по конькобежному спорту.

УДК 796.91

ISBN 978-5-98724-080-9

© Минспорттуризм России, 2010
© Оформление ТВТ Дивизион, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ	
MUSCLELAB 4000E И 4020E	9
1.1. Начало работы с MuscleLab 4000e и 4020e	11
1.2. Требования к тестированию высококвалифицированных спортсменов	22
1.3. Тест «Мощность и сила/скорость»	23
1.4. Тренировка и тестирование скоростно-силовых проявлений мышц с помощью прыжковых тестов	28
1.4.1. Прыжковые тесты как педагогический способ оценки физических качеств, строения двигательного аппарата и координации спортсменов	29
1.4.2. Оценка максимальной силы мышц нижних конечностей по высоте прыжка «из приседа».....	31
1.4.3. Определение взрывной силы по высоте прыжка из положения «приседа»	32
1.4.4. Прыжок с подседом с руками на поясе.....	35
1.4.5. Оценка взрывной силы мощности (прыжковый тест в комбинации с датчиком линейных перемещений)	37
1.4.6. Оценка жесткости мышечно-сухожильных комплексов примере прыжка в глубину	40
1.4.7. Оценка координационных способностей при прыжках вверх с руками	46
1.4.8. Влияние разминки и утомления на высоту прыжка.....	50

2. ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ВЕСОВ ШТАНГИ С УЧТЕМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ БЕГУ НА КОНЬКАХ.....	53
3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ОБРАТНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ ПРИ СКОРОСТНО-СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКЕ КОНЬКОБЕЖЦЕВ.....	63
3.1 Методика специальной скоростно-силовой тренировки конькобежцев в сборной команде России	72
4. ВЛИЯНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАЗЕМНЫХ ЛОКОМОЦИЙ	81
4.1. Влияние упругих свойств мышц нижних конечностей на механическую эффективность бега на коньках.....	89
5. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ КОНЬКОБЕЖЦЕВ.....	95

Системы MuscleLab 4000e и 4020e – разработаны фирмой Ergotest Technology и являются аппаратно-программным комплексом, позволяющим решать различные задачи физиологии и биомеханики. Эта телеметрическая система имеет модульный принцип, конфигурация которого меняется в зависимости от задач исследования. С помощью MuscleLab в режиме реального времени можно тестировать и тренировать различные физические качества спортсменов: силу, скоростно-силовую выносливость, взрывную силу. В системе предусмотрена возможность управления тренировочным процессом на основе обратной биологической связи через зрительный и слуховой анализаторы. Биологическая обратная связь осуществляется на основе мультипара-метрического двухмониторного представления биомеханической информации от различных датчиков. Аппаратно-программное обеспечение позволяет одновременно представлять на экране монитора: электрическую активность 8 мышц; гониограммы суставных углов (2 угла в модели 4000e и 8 углов в модели 4020e); акселерограмму (2 канала); линейную скорость различных снарядов (например, грифа штанги).

Инфракрасные датчики (маты) позволяют регистрировать контакты стопы с опорой. Это дает возможность рассчитывать время полета при прыжках (пересчитывать в высоту прыжка в см) и частоту шагов. В зависимости от целей тренировки можно выбирать различное программное обеспечение и набор датчиков с целью осуществления оперативного контроля за функционированием двигательного аппарата спортсмена. В учебно-методическом пособии рассматриваются вопросы организации скоростно-силовой тренировки и тестирования конькобежцев с элементами обратной связи.

Совместно с Пильшиковой Е.А. было проведено сравнительное исследование техники бега на коньках старой и новой кон-

струкции. Проанализированы кинетограммы бега спортсменов различной квалификации: начиная с массовых разрядов и до Олимпийских чемпионов. Результаты кинематического анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1. Максимальная угловая скорость разгибания толчковой ноги в суставах в беге на коньках различной конструкции на прямой со скоростью 11-12,50 м/с

Виды конструкции беговых коньков	Угловая скорость в суставах толчковой ноги (рад/с)		
	Тазобедренный ($\bar{X} \pm \delta$)	Коленный ($\bar{X} \pm \delta$)	Голеностопный ($\bar{X} \pm \delta$)
Прямая			
Старая конструкция (n = 4)	8,4 ± 2,0	8,7 ± 3,5	
Новая конструкция (n = 8)	7,1 ± 1,6	8,8 ± 0,9	5,4 ± 0,6
Поворот			
Старая конструкция (n = 4)	5,7 ± 0,4	9,1 ± 1,0	3,7 ± 2,0
Новая конструкция (n = 8)	6,0 ± 1,1	7,9 ± 1,4	6,2 ± 1,7

В результате биомеханического анализа было выявлено, что независимо от скорости бега максимальная угловая скорость в суставах толчковой ноги не превышает 9 рад/с. При средней скорости бега 11 м/с спортсмен покажет результат на 5000 м – 7 мин. 34,5 с. При средней скорости бега до 12,5 результат на 5000 м будет 6 мин. 40 с. Следовательно, кинематика в суставах толчковой ноги не является лимитирующим фактором скорости прохождения дистанции. Ведущую роль в отталкивании принадлежит мощности отталкивания. Возникла идея проводить скоростно-силовую тренировку конькобежцев в кинематических режимах, подобную основной соревновательной деятельности. За критерий соответствия был выбран параметр – максимальная угловая скорость в коленном суставе. Ю.А. Лебедевым был разработан тренажер, состоящий из механического гониометра и блока визу-

ализации максимальной скорости. В упражнении «приседание со штангой на плечах» подбирали такой вес штанги, чтобы у спортсмена максимальная угловая скорость разгибания коленного сустава была в диапазоне 8-10 рад/с. В подготовительном сезоне 2000 г. тренажерное устройство стали применять при скоростно-силовой тренировке конькобежцев. Тестирование скоростно-силовых проявлений мышц нижних конечностей проводили на изокINETическом динамометре Гречмана-Дрыганова в конце общеподготовительного периода тренировки (сентябрь). Результаты представлены в таблице 2. Все спортсмены значительно повысили мощность разгибания. Д. Ше-ль стал в сезоне 2000-2001 года Чемпионом Европы по классическому многоборью. Тренажер показал свою эффективность при скоростно-силовой тренировке, однако обладал существенными недостатками:

- для того, чтобы закрепить гониометр на коленном суставе требовалось время;

Таблица 2. Мощность Вт/кг при разгибании ноги со скоростью 2 м/с. ИЗОКИНЕТИЧЕСКИЙ ДИНАМОМЕТР ГРЕЧМАНА-ДРЫГАНОВА

Ф.И.	Сроки тестирования			
	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.
Ше-ль Д.	15,4	16,0	16,6	35,2
Де-ев А.	-	16,3	14,5	18,5
До-ев Д.	-	16,3	14,5	18,5
Лал-ов Е.	-	19,2	21,3	29,0

- крепежное устройство, выполненное в виде «наколенника», быстро пропитывалось потом, плотность прилегания к коленному суставу снижалась – в результате нарушалась соосность гониометра и коленного сустава.

В 1996 году в ГНЦ РФ ИМБП проводились работы по исследованию биомеханических характеристик тренажерных устройств,

применяемых для тренировки космонавтов. Исследования проводились с помощью системы MuscleLab.

В состав аппаратно-программного комплекса MuscleLab входит датчик линейных перемещений. Датчик линейных перемещений может быть установлен на любом спортивном снаряде или сегменте тела. Возвратный механизм контролирует длину ленты и силу ее натяжения. Линейные координаты передаются через порт USB в память персонального компьютера и записываются. По линейным перемещениям программно рассчитываются скорости и ускорения. При применении датчика линейных перемещений нет необходимости крепить измерительное устройство на коленном суставе. В начале тренировки датчик крепится на спортивном тренажере/снаряде, в конце тренировки или тестирования — снимается.

1. ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ MUSCLELAB 4000E И 4020E

Требования к компьютеру. Для работы программного обеспечения MuscleLab 4000e и 4020e необходимо 100Мб свободного дискового пространства, 128 Мб оперативной памяти, 1 МГц процессор и один свободный порт USB. Интерфейс программы разработан для экрана разрешения 1024x768 при 16 бит цвета. Для проверки разрешения экрана необходимо выбрать с меню «Свойства» опцию «Разрешение экрана» и нажать и цвет экрана. Требования к программному обеспечению. Программное обеспечение MuscleLab 4000e может работать в оболочках: Windows 95/98/2000/2000NT и XP. Для установки программного обеспечения необходимо иметь:

- CD MuscleLab;
- Компьютер с установленной операционной системой, соответствующий выше изложенным аппаратным требованиям;
- Один комплект MuscleLab 4000e (рис. 1);
- Зарядное устройство к MuscleLab 4000e;
- USB-кабель для соединения MuscleLab 4000e с компьютером.

Инсталляция программного обеспечения:

- Вставьте CD в дисковод компьютера. Выберите устройство CD и на нем программу MuscleLab.exe;
- Следуйте инструкции в процессе установки.

Когда программа будет установлена, на экране Вашего компьютера появится иконка значок MuscleLab с номером версии программного обеспечения. В директории Program files будет создана папка MUSCV7. В этой папке содержатся основные папки:

- Data — папка, в которой хранятся экспериментальные файлы. Рекомендуется периодически копировать ее на внешний носитель;
- Mascii — папка, в которую записываются результаты экспериментов в текстовом и Excel форматах.

Подключение питания. На задней панели MuscleLab 4000e находится гнездо для подсоединения питания от сети и от аккумулятора. Одновременно можно заряжать аккумулятор и работать от сети. При работе от сети используйте только зарядное устройство MW₁₆₀, специально разработанное для MuscleLab 4000e. Подключение MuscleLab 4000e/4020e к компьютеру. На задней панели прибора находится гнездо для подсоединения кабеля USB. Подсоедините кабель USB к прибору и свободному порту USB компьютера.

Включение прибора. После подсоединения питания и кабеля USB к компьютеру включите MuscleLab 4000e. Для этого необхо-

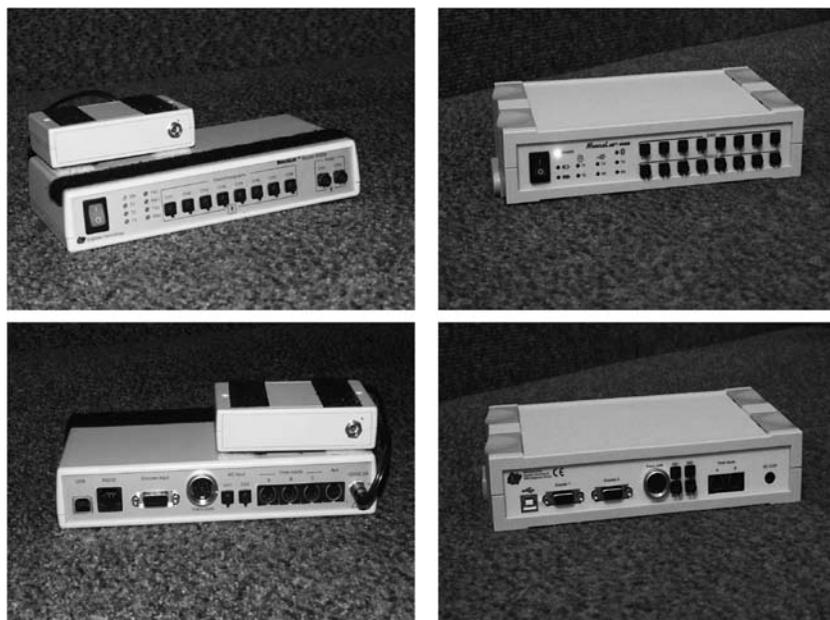


Рисунок 1. Фотографии слева – блок MuscleLab 4000e с аккумулятором, передняя (сверху) и задняя (снизу) панели; фотографии справа – блок MuscleLab 4020e передняя (сверху) и задняя (снизу) панели

димо нажать на кнопку на передней панели прибора. Загорится лампочка, помеченная как ON. Автономное время работы системы MuscleLab 4000e и персонального компьютера на аккумуляторах до 3 часов. Два раза нажмите мышкой на иконку MuscleLab или в программах выберите папку Ergotest – MuscleLab. Если Вы впервые работаете с программным обеспечением MuscleLab, то сначала необходимо выбрать модель прибора. Порт, по которому осуществляется связь MuscleLab с компьютером, определяется автоматически. Если этого не произошло, то необходимо войти в «System menu» и выбрать папку «System setup». Нажать клавишу «Select communication port». На экране компьютера будет показан список возможных COM портов. Если отсоединить кабель USB, то один из портов пропадет. Если подсоединить кабель, то снова COM порт появится. Это тот порт, который необходимо выбрать.

1.1. Начало работы с MuscleLab 4000e и 4020e

Меню программного обеспечения состоит из следующих папок: File – папка содержит папки: Персональные файлы (Person file), группа (Groups), упражнение (Exercises), регистрация и калибровка датчиков (Sensor registration and calibration), импорт данных (Import data), данные (Data files), установка принтера (Print setup), выход из системы (Exit MuscleLab). Папка «Персональные файлы» (Person file) – содержит список испытуемых. В эту папку можно внести испытуемого (нажать +), удалить (нажать -), изменить или внести информацию об испытуемом. Для каждого испытуемого информация вносится по следующим разделам: «Общая информация» (General), «Адрес» (Address); «Заметки» (Memo). Папка «Общая информация» (General) содержит ключи:

- *Фамилия* (Last Name);
- *Имя* (First Name);
- *Дата рождения* (Birth);
- *Пол* (Male – мужской, Female – женский),
- *Вес* (Body Weight). Уточнить вес испытуемого можно с использованием двух ключей: Weighted (взвешенный) и

Estimated (оценочный). Если нет возможности точно измерить вес испытуемого, то следует нажать на кнопку Estimated и внести приблизительное значение веса тела. После проведения эксперимента можно взвеситься и внести реальный вес испытуемого, нажав кнопку Weighted. Внизу будет указана дата изменения веса тела.

- *Длина тела* (Person Height) может задаваться в метрической системе (см) и в футах. Уточнить длину тела испытуемого можно с использованием двух ключей: Measured (измеренный) и Estimated (оценочный). Если нет возможности точно измерить длину тела испытуемого, то следует нажать на кнопку Estimated и внести приблизительное значение длины тела. После проведения эксперимента можно провести точные измерения длины тела и внести реальный вес испытуемого, нажав кнопку Measured. Внизу будет указана дата изменения длины тела.
- *Уровень физической активности* испытуемого состоит из следующих ключей:
 - уровень спортивного мастерства (диапазон от «не физически активный» (Not active), до международного уровня (International));
 - вид тренировки (Type of training): максимальная сила (Maximum strength); скоростная выносливость (Speed/strength); гипертрофия (Hypertrophy), силовая выносливость (Muscleendurance); нетренированный (Untrained).
 - отношение к физической тренировке: физически активный (Physical active); физически пассивный (Physical passive); бывший спортсмен (Retired)
 - вид спорта (Sport).

Папка «Адрес» (Address) содержит следующую информацию:

- *Адрес* (Address);
- *Почтовый код* (Postal code);
- *Место жительства* (place).

В *папку «Заметки»* (Memo) может быть внесена дополнительная информация об испытуемом. После заполнения ключей в

папке Person file следует нажать кнопку внести изменения (зеленая галочка) Папка Группы (Groups). В этой папке испытуемых можно разбить на группы в соответствии с видами спорта. Это очень удобно при проведении исследований с группой спортсменов. Создается папка с названием вида спорта, в которую вносятся фамилии тех, кто непосредственно принимает участие в эксперименте. Например, в папку Speed skating из общего списка испытуемых внесено две фамилии. При проведении исследований нет необходимости выбирать испытуемых из общей базы данных, можно сразу выбрать папку Speed skating и работать с двумя участниками эксперимента.

Папка Упражнения (Exercises) содержит раздел: общее описание упражнений и прыжковые тесты. Внесение в базу данных информации о различных упражнениях, например: приседания (squat), приседания с регистрацией ЭМГ (squat_EMG), ходьба (walking) – позволяет получить список испытуемых когда-либо выполнивших интересующее упражнение. Папка Sensor registration and calibration (Регистрация датчиков и калибровка). На передней панели MuscleLab 4000e подключаются 8 каналов миографии и два канала гониометрии (рис. 40). Каналы миографии имеют номера СН1 по СН8. Миографические датчики состоят из двух биполярных электродов (красного цвета) со встроенным предусилителем и земляным электродом черного цвета. Полоса фильтрации ЭМГ-сигнала 8-12 Гц, усиление 1000 раз. Миограмма есть случайный процесс нулевым средним (рис. 2). Для такого типа сигналов применяют определенный способ обработки: аппаратно ЭМГ-сигнал выпрямляется и рассчитывается квадратный корень из суммы квадратов амплитуд во временном окне длительностью 10 мс (рис. 3). Частота считывания сигнала предусилителями 450 кГц. Аппаратное усреднение миограммы методом «скользящей средней» проводится в окне 10 мс. Затем с частотой 100 Гц, преобразованный ЭМГ-сигнал записывается через 16-ти разрядное АЦП на жесткий диск компьютера. Тарировка миографических датчиков не требуется.

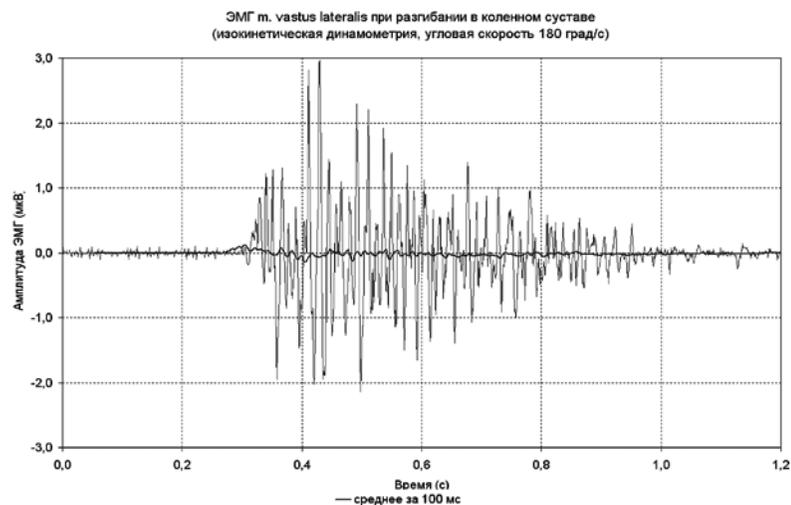


Рисунок 2. Поверхностная, биполярная миограмма и ее среднее значение, рассчитанное методом «скользящего среднего» в окне 100 мс

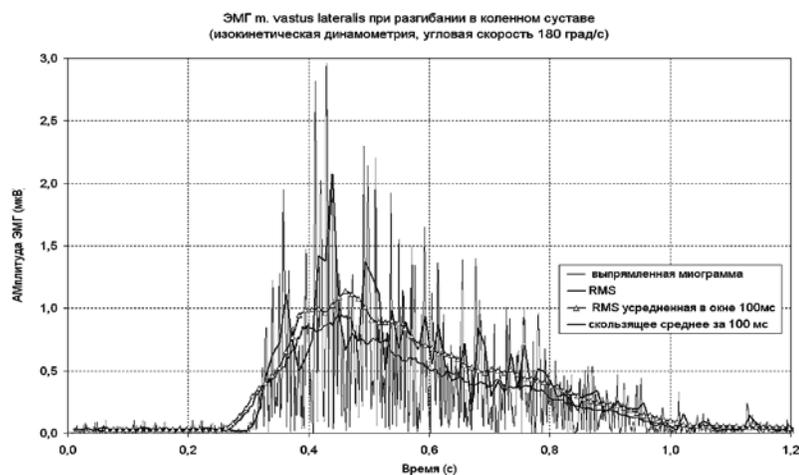


Рисунок 3. Аппаратно-программное преобразование ЭМГ сигнала в системе MuscleLab

- Модель MuscleLab 4000e может регистрировать два угловых датчика, модель MuscleLab 4020e может одновременно регистрировать 8 каналов гониометрии. MuscleLab 4000e/4020e рассчитаны только на гониометры фирмы Biometrics Ltd. Гониометры подсоединяются к каналам CH1 и CH2, имеющим маркировку Angle.

Калибровка гониометров проводится следующим образом. В папке «Объединенный устройства» (Browse Sensor) выбирают «Вид датчика» – Угол (Angle). Любой гониометр можно откалибровать с учетом анатомических особенностей сустава, для этого необходимо задать название для гониометра (Description), например: коленный или голеностопный. Переходят в папку «Калибровка датчика» (Sensor calibration). Для двухосевых гониометров выбирают канал 1 или 2 (Angle Channel). Плечи гониометра располагают перпендикулярно. Для точности можно использовать прямоугольник, расположив плечи гониометра по катетам и нажимают кнопку со значком 90 град (90 deg). Затем выпрямляют плечи гониометра в одну прямую и нажимают клавишу 180 град (180 deg). По окончании тарировки нажимают клавишу «Запомнить». Для двухосевого гониометра повторяют процедуру тестирования для второй оси. В случае ошибок нажимают клавишу в виде красного креста (отменить действие) и повторяют калибровку. Плечи гониометров располагаются на сегментах тела испытуемых таким образом, чтобы:

- центр измерительного устройства совпадал с осью вращения в суставе;
- плечи гониометра следует устанавливать на такие части сегментов, у которых минимальные перемещения кожи относительно скелетно-мышечного аппарата;
- прежде чем проводить измерения, необходимо выполнить движение с полной амплитудой и убедиться в том, что в граничных положениях не происходит сильного растяжения измерительной части гониометра, что, в противном случае, приведет к его повреждению.

- *Калибровка силового датчика.* В комплект MuscleLab 4000e и 4020e можно подключить два силоизмерительных датчика. Для их калибровки достаточно выбрать в папке «Объединенный устройства» (Browse Sensor), «Вид датчика» – Силовой датчик (Force). Нажав на кнопку «Нагрузка=0» (Load=0) задают нулевой уровень силы. Нажав на кнопку «Нагрузка = Калибровочная нагрузка» (Load=Calibration Load) задают максимальную силу, которая может быть зарегистрирована в эксперименте¹. Силовой датчик (ки) подсоединяется к гнезду (ам) на задней панели прибора, обозначенным как CH1 и CH2 с маркировкой AD input.
- *Датчик линейных перемещений* используется для оценки перемещения во времени. Этот датчик состоит из нити, накрученной на барабан. К барабану прикреплен пружина, контролирующая силу натяжения нити – возвратный механизм. Сила натяжения нити – 1,4 Н. Перемещение, скорость и ускорение рассчитываются программно. Обычно датчик линейных перемещений крепят на спортивных снарядах (например, штанге) с целью контроля скорости и сил, возникающих при движении снарядов. Датчик подключается к порту (Encoder Input) задней панели прибора (рис. 1, нижний).
- *Калибровка датчика линейных перемещений.* Для калибровки необходимо выбрать в папке «Объединенный устройства» (Browse Sensor), «Вид датчика» – датчик линейных перемещений (Linear Encoder). Задаем начальную длину (0 см) с помощью кнопки «Старт» (Start). Затем вытягиваем нить на определенную длину (измеряется в см) и вводим это значение в окно «Установить перемещение» (Set Displacement). Нажимаем кнопку «Старт» (Start) и запоминаем калибровку.
- В системе MuscleLab 4000e и 4020e предусмотрена возможность регистрации двух каналов акселерометрии. Акселерометры из-

¹ По метрологическим правилам диапазон тарировки должен совпадать с диапазоном сил в эксперименте.

- меряют ускорение. Зная массы сегментов, можно рассчитать силы, возникающие при движениях. Кроме этого, акселерометрические датчики могут использоваться как контактные датчики, контролирующие взаимодействие тел. Например, контакт мяча и ракетки или стопы с поверхностью опоры.
- *Калибровка датчиков ускорений.* Для калибровки датчиков необходимо выбрать в папке «Объединенные устройства» (Browse Sensor), «Вид датчика» – Акселерометры (Accelerometers). Затем, выбирается канал 1 или 2 (CH1 или CH2). Две стрелки, направленные вверх и вниз, задают положение оси акселерометра. Стрелка «Вверх» ↑ указывает на положительное направление оси датчика, равное +9,81 м/с². Стрелка «Вниз» ↓ указывает на отрицательное направление – 9,81 м/с². Точную калибровку гониометров необходимо проводить на горизонтальной поверхности, выставленной с помощью водяного уровня. Датчик ускорения подсоединяется к гнездам на задней панели прибора, обозначенным как CH1 и CH2 с маркировкой AD input.
 - *Контактные маты.* Инфракрасные контактные маты (ИФ-маты или IR-mat) применяются для оценки времени полета и опоры во время прыжковых тестов и бега. Основное условие использования контактных матов – это наличие фазы полета в изучаемом движении. ИФ-маты могут работать как от сети, так и от автономного источника питания (батарейка 12 Вt). Инфракрасные маты состоят из Источника (Master) и Приемника (Slave) излучения. Эти два устройства образуют инфракрасное поле, невидимое глазу человека. При попадании какого-либо предмета в это поле происходит его прерывание (например, при контакте стопы с опорой) - включается секундомер. При повторном попадании стопы в ИФ-поле происходит еще раз прерывание, которое приводит к остановке секундомера.

Для устойчивой работы ИФ-матов необходимо правильно расположить Источник и Приемник излучения. На рисунке 4 представлены возможные способы расположения ИФ-матов.

Положение А. Правильное положение матов напротив друг друга. Световой поток находится в поле зрения двух матов. Расстояние между матами от 3 до 20 метров (зависит от поверхности пола). Контролировать правильность работы контактных матов можно с помощью светодиода (Т2) на передней панели прибора. Если нет посторонних предметов в ИФ-поле, то светодиод Т2 не горит. При замыкании поля Т2 загорается.

Положение В. ИФ-маты не работают, так как Источник и Приемник расположены очень близко друг к другу, и световой поток проходит мимо датчиков.

Положение С. ИФ-маты не работают, так как Источник и Приемник расположены очень далеко друг от друга. Положение D. Эти условия возникают в ограниченном пространстве. В этом случае Источник и Приемник образуют очень узкую чувствительную область. Калибровки контактных матов не требуется.

- *Оптронные пары* используются за контролем времени пробегания отрезков. Состоят из двух элементов – Источника

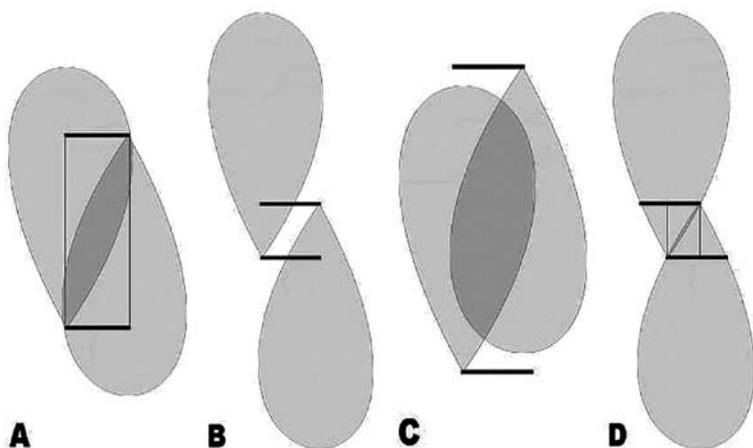


Рисунок 4. Расположение приемника и излучателя контактных матов и создаваемое ими инфракрасное поле

(активного излучателя) и Приемника (пассивного отражателя). Источник и Приемник излучения крепятся на штативах на расстоянии до 2,5 м. Калибровки не требуется.

- *Силовая платформа* позволяет измерить вертикальную составляющую реакции опоры. Контактное гнездо находится на задней панели прибора.

Калибровка платформы:

- платформа должна быть установлена горизонтально. В папке «Объединенные устройства» (Browse Sensor), «Вид датчика» – выбирается Силовая платформа (Force platform);
- присваивается имя платформе, например Force_plate;
- в месте выхода кабеля из платформы, написана информация по размерам платформы (X и Z), которая вносится в соответствующие позиции X (мм) и Z(мм), обозначенные в меню-таблице «Суммирование записи с датчиков», папка «Общие»» (Adding a Sensor Record, General);
- войти в папку «Калибровка датчиков» (Sensor calibration). Нажать кнопку «Нагрузка=0» (Load=0);
- нажать кнопку «Авто калибровка» (Auto calibration). В поле «Нагрузочный вес» (Calibration Load) вводится калибровочный вес (например, вес тела). Встаем в центр платформы. После короткого звукового сигнала, в меню-таблице «Суммирование записи с датчиков, Калибровка датчиков» появляется метка в виде красного круга, указывающая на новую позицию. Мигание метки означает, что происходит запись информации с платформы;
- после нового звукового сигнала, метка возвращается в центр платформы. Снова переходим в центр платформы. Необходимо помнить, что стоять строго вертикально, без колебаний;
- процедура калибровки повторяется для левого верхнего, нижнего, правого верхнего и нижнего датчиков. После того, как будут считаны значения из 8 положений, автоматически будет рассчитано «Усиление» (Gain).
- запомнить данные по калибровке платформы.

Результаты по калибровке не меняются во времени, однако, если платформа была перенесена на другое место, то необходимо снова откалибровать ноль. Для этого в папке «Суммирование записи с датчиков, Калибровка датчиков» (Sensor calibration) необходимо нажать кнопку «Нагрузка=0» (Load=0).

Аппаратурное оснащение тестов в системе MuscleLab представлено в таблице 3.

- **Папка Импорт данных (Import Data).** В том случае если работа с MuscleLab проводилась на различных компьютерах, есть возможность пополнить базу данных за счет получения файлов. Для этого в папке Импорт данных (Import data) выбирается тип данных, например, прыжковые тесты (jump test). Затем нажимается кнопка «Старт импорт файлов».
- **Папка Файлы данных (Data File).** В этой папке содержится информация о тестах испытуемых (Тест на определение максимальной мощности, Общий тест, Прыжковый тест и т.д.). Выбрав вид теста (например, Общий тест) получаем информацию о Фамилии испытуемого, упражнении, времени и дате проведения тестирования. Если нажать на кнопку «Исправить», то появится меню «Изменение общего теста» (Changing a Advanced Record), в котором можно изменить некоторые параметры записи: группу; фамилию и имя; вид упражнения; описание упражнения; название каналов ЭМГ; название углов; конечность, на которой проводили запись; изменить внешнюю нагрузку. В зависимости от вида теста, в папке Файлы данных можно скорректировать параметры других тестов.
- **Папка Настройка принтера (Printer Setup).** Настраивает принтер, подключенный к компьютеру.
- **Папка «Выполнить новый тест» (Make a new Test).** В этой папке проводится запись тестов. При ее открытии появляется батарея тестов.
- **Папка Выход из MuscleLab (Exit MuscleLab)** – означает завершение работы и выход из программы MuscleLab.

Таблица 3. Аппаратурное оснащение тестов в системе MuscleLab 4000e и 4020e

Датчики/ вид теста	Гониометры (Angle sensor)	Силовой датчик (Force sensor)	Датчик линейных перемещений (Linear encoder)	ЭМГ (EMG sensor)	Датчик ускорений (Accelerometer)	Контактные маты (Contact mat)	Оптронные пары (Photo cells)	Силовая платформа (Force platform)
Оценка скорости силовых проявлений (Power and force velocity)			X					X
Общий тест (Advanced test)	X	X	X	X	X			
Тесты на силовую платформу (Force platform test)	X			X				
Прыжковые тесты (Jump test)						X		X
Тесты на скорость реакции (Sprint test)						X	X	
Беговые тесты (Run analysis)						X	X	

1.2. Требования к тестированию высококвалифицированных спортсменов

Тестирование физических качеств спортсменов должно быть информативным, физически не утомительным, не занимать много времени и соответствовать этапу подготовки.

Информативность тестирования. Информативность тестирования означает, что предлагаемые тесты отражают обследуемые физические качества. В биологических экспериментах не всегда удается измерить желаемые показатели. Например, нельзя напрямую измерить динамические и кинематические характеристики мышц (силу тяги, жесткость, модуль упругости, сокращение волокон). Для измерения указанных параметров, в частности силы, необходимо разрезать сухожилие и вставить силоизмерительный датчик между брюшком мышцы и сухожилием (метод тендометрии). Поэтому, некоторые параметры, отражающие физические качества спортсменов, могут быть оценены с использованием неинвазивных методов, таких как: силовое тестирование и математическое моделирование.

Физическая нагрузка при тестировании. Если спортсмены при обследовании проявляют значительные физические усилия (например, как при определении МПК), то такие тесты следует использовать не чаще 1-2 раза в сезон, и они не могут быть использованы для текущей оценки физического состояния.

Длительность тестирования. Спортивный результат зависит от множества факторов, а именно, функциональных возможностей, технической и психологической подготовленности, умения вести тактическую борьбу. Поэтому, при тестировании высококвалифицированных спортсменов необходимо подобрать такой комплекс тестов, который отражал бы, по возможности, различные стороны подготовленности спортсменов и не занимал много времени. Еще одной важной характеристикой тестирования является время, необходимое для обработки и представления результатов тестов. Информативность тестирования существенно снижается, если результаты выдаются спустя длительное время после проведения обследования.

Соответствие тестирования этапу подготовки. В переходном и в общеподготовительном периодах обследование спортсменов обычно состоит из большого числа тестов. Набор тестов составляют таким образом, чтобы как можно более полно оценить физическое состояние спортсмена, и, в случае необходимости, внести коррекции в тренировочные программы. На соревновательном этапе также необходимо контролировать физическое состояние спортсмена. Количество тестов должно быть оптимизировано, обследования должны быть информативными и занимать минимум времени. Очень важно, чтобы эти тесты могли быть мобильными и проводиться на тренировочных базах. Перечисленным выше требованиям отвечает силовое тестирование мышц-разгибателей нижних конечностей с помощью аппаратно-программного комплекса *MuscleLab*.

1.3. Тест «Мощность и сила/скорость»

Этот тест определяет мощность, силу и скорость при выполнении силовых упражнений. Прежде чем выполнять тест, в папках «Опции, Максимальный тест на мощность» (Options, Max power tests) следует посмотреть предыдущие тесты, выполненные спортсменом. Это необходимо для того, чтобы использовать в тесте веса штанги, сходные с предыдущим тестированием. В папке «Установить градацию веса и фильтр» (Set load step and filter) устанавливаются:

- шаг по весу отягощения, например, 1 кг (если шаг меньше, например 0,1 кг сколько раз необходимо нажать на мышшь, чтобы выставить вес, например, 20 кг?);
- минимальное перемещение. Эта позиция необходима для того, что не регистрировались случайные движения. Например, когда спортсмен подходит к штанге для выполнения приседаний и размещает ее на плечах, возможен небольшой подъем вверх в пределах 5-10 см. Выставив фильтр на «Минимальное перемещение груза» (Minimum load displacement required) происходит «страховка» от записи ненужных движений.

Одним из недостатков педагогического тестирования мощности является произвольность в его выполнении, т.е. спортсмен может выполнять движение с переменной амплитудой. Для того, чтобы задать граничные положения при тестировании, для этого в папке «Определить нижнюю позицию» (Define lower starting position) устанавливаются нижняя и верхняя границы перемещения груза (кнопки «Press when in extended position» и «Press when in lower position»²). Если спортсмен не достигает заданных границ, например глубины приседания, то раздается звуковой сигнал. Выбирается режим выполнения теста: «концентрический», «уступающий — концентрический», «силовая выносливость». Если тренировка проходит на одной конечности, то можно указать на конечность «Левая-Правая». Вес отягощения (External load) задается перед каждым тестированием.

Чаще всего тест «Мощность и сила/скорость» выполняется в упражнении «Приседания со штангой на плечах». На рисунке 5 показаны правильная и неправильная техника выполнения приседаний.

Модель расчета мощности в упражнении приседание со штангой на плечах. Тело человека заменяю моделью в виде материальной точки с известной массой, движение которой контролируется датчиком линейных перемещений. Если при приседаниях со штангой голени и стопы почти не перемещаются, то в модель сосредоточенной массы включается только 0,9 веса тела (удвоенная масса голени и стопы составляет $\approx 10\%$ массы тела). На рисунках 6 и 7 представлены модель и основные уравнения для расчета сил, действующих на сосредоточенную массу. Модель имеет хорошее совпадение с реакцией опоры, зарегистрированной с помощью силовой платформы (рис. 7). Спортсмен выполняет несколько приседаний (обычно 5-6). Контролируется глубина приседаний. В окне тестирования для каждой попытки в зависимости от выбранного режима отображаются:

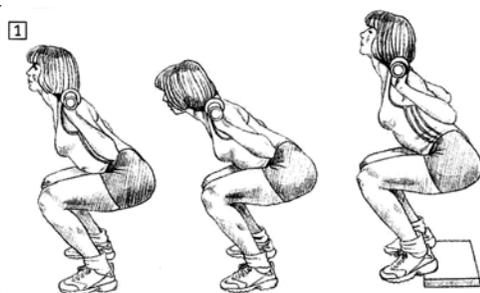
- номер попытки (Trail) (преодолевающий режим);
- внешняя нагрузка (Load) (преодолевающий режим);
- средняя мощность (AP) (преодолевающий режим);
- средняя сила (AF) (преодолевающий режим);
- средняя скорость (AV) (преодолевающий режим);
- перемещение (D) (преодолевающий режим и уступающий);
- максимальная скорость (pV) (преодолевающий режим)
- время достижения максимальной скорости (tpV) (преодолевающий режим);
- время выполнения фазы (t) (преодолевающий режим и уступающий).

Нажатием клавиши «Стереть все за исключение лучшей» (Delete all except best trail) запоминается лучшая попытка при данном весе отягощения. Изменяется вес отягощения. И повторяется попытка. Для расчета зависимости «Мощность-сила-скорость» необходимо выполнить упражнения с 3-5 весами. Если есть необходимость стереть эксперимент, то следует нажать клавишу «Стереть» — в этом случае стираются все результаты тестирования без записи в базу данных. В конце последней попытки запоминаются результаты тестов (нажать клавишу «Сохранить тест» (Save test)). Если по какой-либо причине не были сохранены результаты теста и началось тестирование нового спортсмена, то необходимо выбрать из списка испытуемых фамилию спортсмена — и результаты тестирования появятся в окне. Следует нажать клавишу «Сохранить тест» — окно будет очищено от информации. Выбрав фамилию испытуемого, можно продолжить тест.

Одной особенностью тестирования является то, что *испытуемый не должен изменять наклон туловища по отношению к вертикали*. Если происходит изменение наклона туловища к вертикали, то скорость датчика линейных перемещений изменится на величину: $-\dot{\alpha} \times L_T \times \cos \alpha$, где L_T — длина туловища (расстояние от тазобедренных суставов до 7-ого шейного позвонка); $\dot{\alpha}$ и α — угол и угловая скорость туловища по отношению к вертикали соот-

² Выставление верхней и особенно нижней позиции очень важно в упражнении при приседаниях со штангой на плечах.

Правильная техника выполнения приседаний со штангой. Третье положение следует использовать для спортсменов с низким уровнем гибкости в голено-стопном суставе



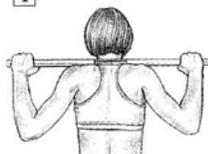
2



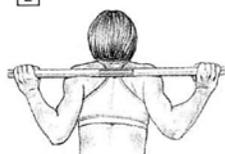
Неправильная техника выполнения приседаний со штангой

ДВА ВИДА РАСПОЛОЖЕНИЯ ГРИФА

1



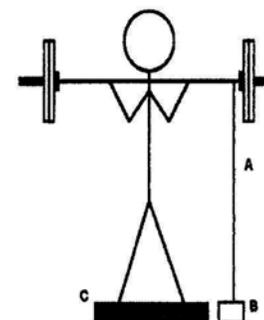
2



1. На трапециевидных мышцах.

2. На задних частях дельтовидных и трапециевидных мышц, используется в силовом троеборье в типовых приседаниях.

Рисунок 5. Техника выполнения приседаний со штангой на плечах и положение грифа штанги



Сила
 $F = (M_t * 0,9 + M_{шт}) * A''$

M_t - масса тела
 $M_{шт}$ - масса штанги
 A'' - ускорение контактного датчика

Мощность
 $P = (M_t * 0,9 * A' + M_{шт} * A') * A'$

A' - скорость контактного датчика

A - контактная часть датчика линейных перемещений
 B - измерительная часть датчика линейных перемещений
 C - силовая платформа

Рисунок 6. Вид эксперимента и формулы для расчета силы и мощности при приседаниях со штангой на плечах

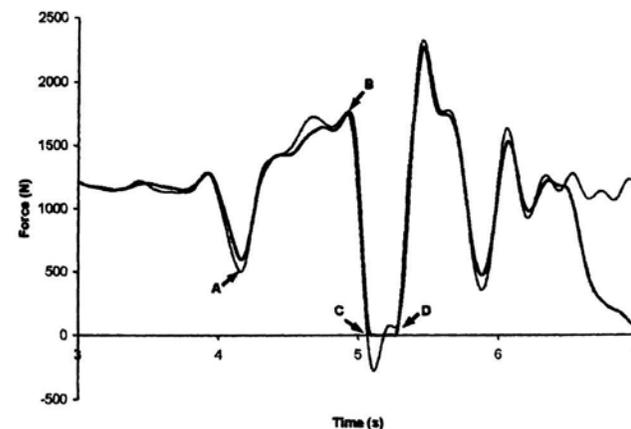


Рисунок 7. Вертикальные реакции опоры, зарегистрированные на тензоплатформе (жирная линия) и с помощью датчика линейных перемещений (тонкая линия) [Chiu L. Z.F., et al, 2004] при прыжке вверх. A – начало преодолевающей фазы; B – максимум реакции опоры; C – отрыв от опоры; D – приземление

ветственно. Обычно, изменение угла наклона туловища происходит при выполнении последнего движения. Если такое произошло, то кинематические параметры последнего движения можно стереть из памяти компьютера.

Контроль силовой выносливости, основанный на принципе обратной биологической связи через зрительный анализатор. Если нажать кнопку «Скоростно-силовая выносливость» (Muscle endurance), то можно проконтролировать мощность выполнения силового упражнения. Заполняются позиции «Установить длительность» (Set duration). При нажатии на клавишу «Установить длительность» вводится время выполнения упражнения в секундах.

При нажатии на клавишу «Установить обратную связь (Set feedback) появляются два окна. Верхнее окно задает величину мощности, зарегистрированной в тесте, например 100%. Нижнее окно задает границы мощности – допустимая величина отклонения, которую можно проявить в тесте. Использование обратной связи становится особенно эффективной при тренировке, если к компьютеру подключить монитор. Испытуемый через зрительный анализатор контролирует мощность выполнения упражнения в каждом движении.

1.4. Тренировка и тестирование скоростно-силовых проявлений мышц с помощью прыжковых тестов

Прыжковые тесты выполняются с помощью контактных матов. Выполняются следующие типы прыжков:

- прыжок из приседа (Squat Jump, SQ);
- прыжок с подседом с руками на поясе;
- прыжок в глубину;
- повторные прыжки;
- прыжок со штангой на плечах;
- прыжок с подседом с махами рук.

1.4.1. Прыжковые тесты как педагогический способ оценки физических качеств, строения двигательного аппарата и координации спортсменов

Цель прыжковых тестов заключается в том, чтобы доступными, без физической перегрузки, мобильными, бесконтактными и воспроизводимыми тестами, занимающими минимум времени, определить:

- максимальную изометрическую силу мышц нижних конечностей;
- взрывную силу мышц нижних конечностей;
- состояние эластического корсета в мышцах и суставах;
- координационные способности спортсменов;
- скоростно-силовую выносливость.

Доступность прыжковых тестов означает, что для обучения правильному выполнению теста необходимо минимум времени и не предъявляются повышенные требования к координации.

Отсутствие предельной физической перегрузки – тесты не требуют от нервно-мышечного аппарата спортсменов предельной мобилизации (например, как при проявлении максимальной изометрической силы). Реакции опоры, возникающие при выполнении прыжков, не вызывают травмоопасные на-грузки на двигательный аппарат.

Мобильность теста – при проведении обследования не требуется специально оборудованное помещение с дорогостоящим оборудованием. Тест может проводиться в «полевых» условиях, так как оборудование в течение 3 часов может работать от автономных источников энергии.

Бесконтактность – обследование проводится без использования кабельной связи регистрирующего устройства с испытуемым.

Бесконтактный способ регистрации локомоций исключает искажение двигательного стереотипа спортсмена, связанное с ограничением его свободного перемещения.

Воспроизводимость означает, что независимо от того, кто проводит тест, получаются близкие результаты исследования, и возможность субъективного влияния на результаты – минимальная.

Методика оценки высоты прыжка. Для оценки высоты прыжка применяются ИФ-маты (длиной – 54 или 100 см), соединенные с компьютером. Оптимально расстояние между датчиками около 3 метров. При отрыве испытуемого от опоры происходит размыкание системы регистрации, при приземлении на опору – замыкание. Высота прыжка (H) рассчитывается по времени полета:

$$H = T^2 * 1,226, \quad (1)$$

где T – время свободного полета в секундах (рис. 8).

Преимущество такой системы перед контактной платформой заключается в том, что кинематика прыжка не ограничена размерами платформы. Результаты тестирования вносятся в базу данных, поэтому можно сравнивать и отслеживать динамику результатов тестирований.

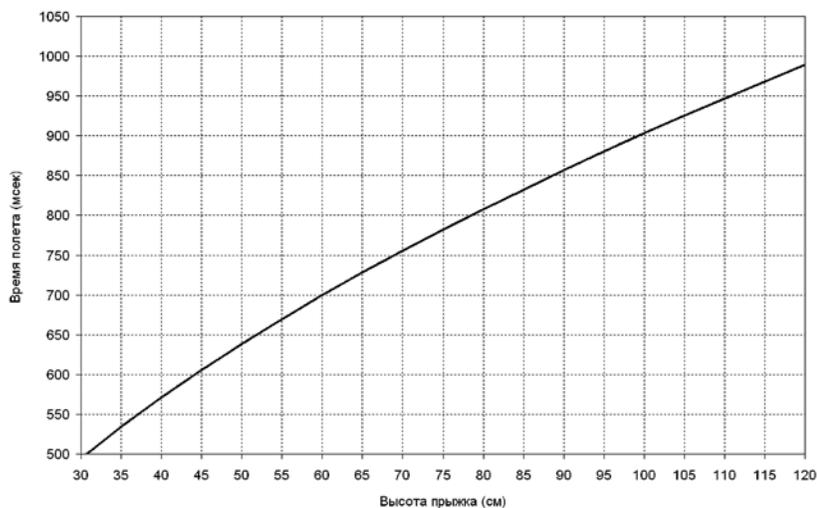


Рисунок 8. Высота прыжка и время полета, расчет по формуле (1)

1.4.2. Оценка максимальной силы мышц нижних конечностей по высоте прыжка «из приседа»

Прыжок вверх «из приседа» отражает максимальную изометрическую силу и имеет высокую корреляцию с результатами скоростно-силового тестирования мышц нижних конечностей на изокинетическом динамометре BIO-DEX-3 (рис. 9).

Требования к тестированию:

- по команде испытуемый приседает до положения угла в коленном суставе 90° , подошвенная поверхность стопы полностью касается опоры (рис. 10), руки на поясе;
- после фиксации статического положения, через три секунды³ исследователь дает испытуемому команду на выполнение прыжка;

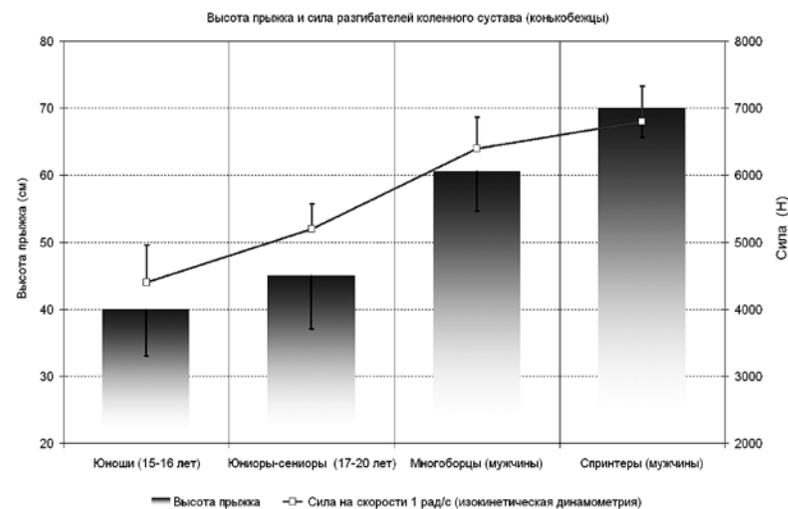


Рисунок 9. Сила разгибателей коленного сустава и высота прыжка «из приседа»

³ Это минимальное время, необходимое для того, чтобы энергия упругой деформации эластических компонентов мышц перешла в тепло.



Рисунок 10. Исходное положение для прыжка из приседа

• в фазе полета и в момент приземления нижние конечности разогнуты в тазобедренном и коленном суставах. По данным электромиографического исследования при прыжке вверх из положения приседа задействованы основные мышцы-разгибатели суставов нижних конечностей: ягодичная группа, мышцы передней и задней поверхности бедра, икроножная и камбаловидная мышцы голени. Этот тест дает оценку абсолютной силы мышц нижних конечностей.

Биомеханика прыжка. Тест «прыжок вверх из положения приседа» выполняется с постоянной амплитудой в коленном суставе 90° (исходный угол около 90° , конечный – 180°). Высота прыжка зависит от начальной скорости вылета, т.е. точки, в которой происходит отрыв стопы от опоры. Поскольку начальное положение испытуемых стандартизовано, то импульс силы отталкивания зависит от абсолютной силы мышц ног и градиента силы, т.е. чем быстрее спортсмен выполняет разгибание в суставах, тем больше вертикальное ускорение, а значит и сила отталкивания. Литературные данные по высоте прыжка у спортсменов различных специализаций приведены в таблицах 4 и 5.

1.4.3. Определение взрывной силы по высоте прыжка из положения «приседа»

Этот прыжок выполняется со штангой на плечах (рис. 11). Вес штанги – для мужчин равен весу тела, для женщин – $0,5 \cdot \text{веса тела}$. Исходные требования такие же, как у «прыжка вверх из положе-

Таблица 4. Шкала для оценки абсолютной силы мышц ног конькобежцев по высоте прыжка из положения приседа, см

Максимальная сила мышц ног в изометрическом режиме		
Низкая	Средняя	Высокая
Женщины		
≤ 45 см	45-50 см	> 55 см
Мужчины		
≤ 55 см	55-60 см	> 65 см

Таблица 5. Высота прыжка в различных видах спорта (среднее значение) (Bosco C., Luthanen P., 1992, Bahr et al., 1991)

Контингент испытуемых	Прыжок из приседа	Прыжок с подседом	Прыжок в глубину
Игроки профессиональной футбольной лиги Италии (n=27)	52	56	-
Спринтеры легкоатлеты (n=12)	51	58	50
Марафонцы (n=6)	34	40	35
Игроки Чешской волейбольной национальной лиги (n=12)	-	-	45
Конькобежцы мужчины (спринтеры, n=6)	54	61	71
Конькобежцы женщины (спринтеры, n=6)	45	49	56

ния приседа». Для оценки взрывной силы (таблица 6) сравнивают высоту при прыжке со штангой на плечах и высоту прыжка из положения приседа, в %.

$$\text{Индекс взрывной силы (Индекс Боско, ИБ)} = \frac{H \text{ с отягощением}}{H \text{ без отягощения}} \cdot 100$$

где H – высота прыжка в см.



Рисунок 11. Исходное положение для тестирования взрывной силы

Высоким уровнем взрывной силы считается значение ИБ $\geq 55\%$. Сравнение высоты прыжка из приседа со штангой и без штанги позволяет корректировать тренировочный процесс, так как результаты теста указывают на то, чем необходимо заниматься при силовой тренировке – развитием абсолютной или взрывной силы. Например, спортсмену с ИЮ=47% – необходимо заниматься взрывной силой, и наоборот, спортсмену с ИБ=57%, следует обратить внимание на развитие максимальной изо-

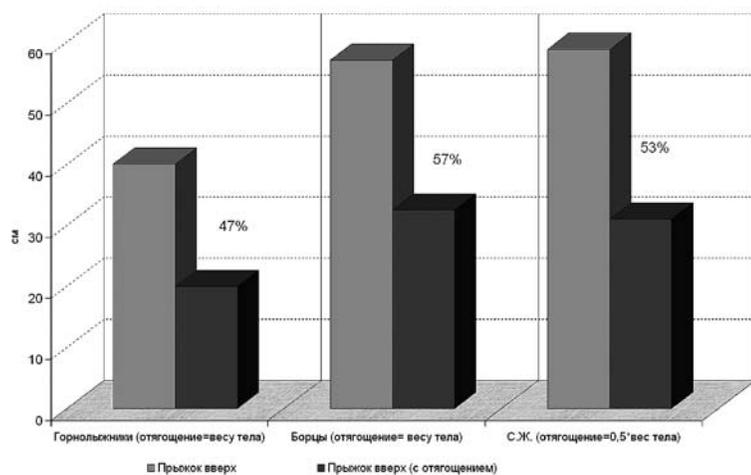


Рисунок 12. Оценка взрывной силы мышц нижних конечностей (Индекс Боско, 1999) в различных видах спорта и Олимпийской чемпионки С. Журовой

Таблица 8. Шкала оценки взрывной силы мышц.

Высота прыжка со штангой на плечах в % к высоте прыжка без штанги

Низкая	Средняя	Высокая
≤ 40	40-50	>50

метрической силы мышц ног (рис. 12). Оптимальное сочетание абсолютной и взрывной силы зарегистрировано сезоне 2005–2006 гг. у Олимпийской чемпионки С. Журовой.

1.4.4. Прыжок с подседом с руками на поясе

Этот тест позволяет оценить состояние упругих свойств эластического корсета мышц и суставов нижних конечностей.

Требования к тестированию

1. исходное положение – вертикальная стойка, руки на поясе (рис. 13);
2. по команде испытуемый приседает до положения полуприседа и без задержки выпрыгивает вверх;
3. в фазе полета и в момент приземления нижние конечности разогнуты в тазобедренном и коленном суставах.

Этот тест преимущественно дает оценку упругих свойств эластического корсета мышц и суставов нижних конечностей.

Биомеханика прыжка. В уступающей фазе прыжка (подсед) включаются следующие физиологические механизмы:

1. Растягивание напряженных мышечно-сухожильных комплексов приводит к рекрутированию медленных двигательных единиц (ДЕ), что способствует вовлечению в преодолевающей фазе прыжка сил, развиваемых медленными ДЕ (в отличие от прыжка из приседа);
2. В уступающей фазе растягивание апоневрозов, сухожилий, суставных сумок и связок в суставах приводит к накапливанию энергии упругой деформации в эластических структурах двигательного аппарата нижних конечностей, что при-

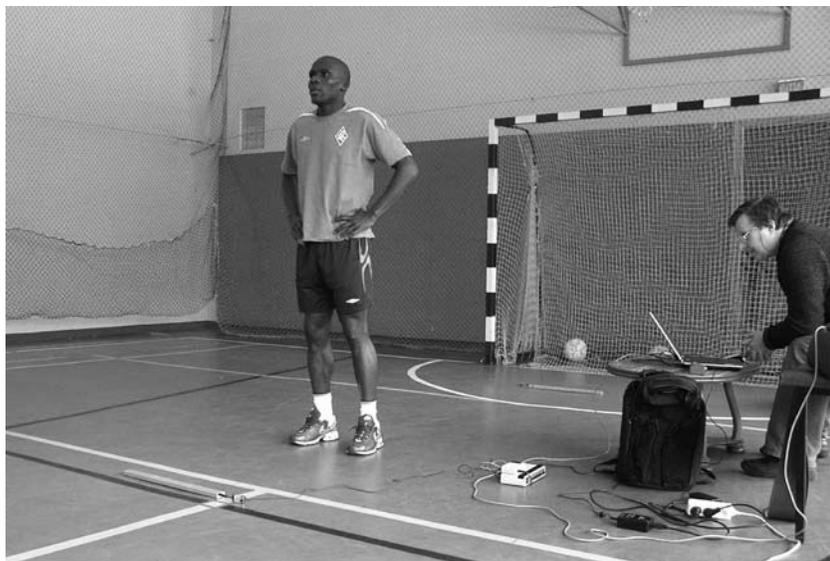


Рисунок 13. Исходное положение при тестировании упругих свойств мышц нижних конечностей

водит к появлению дополнительных сил в преодолевающей фазе прыжка (отталкивание);

3. Сухожилия мышц обладают большей жесткостью по сравнению с мышечными волокнами, поэтому в преодолевающей фазе прыжка сокращение сухожилий снижает скорость сокращения волокон, что способствует проявлению большей мышечной силы, так как, чем меньше скорость сокращения волокон, тем выше сила, развиваемая ими;
4. Исчезает гофрированность последовательных упругих элементов мышцы;
5. При растягивании активной мышцы за счет рефлекторных механизмов (стреч-рефлекс) и особенностей функционирования актино-миозиновых комплексов повышается жесткость мышц;

6. Разгибатели тазобедренного, коленного и голеностопного суставов начинают развивать усилия при углах, в которых проявляются наибольшие изометрические усилия;
7. Если в начале отталкивания происходит сильное сгибание в коленном и голеностопном суставах, то увеличивается время последующего разгибания, а значит, и импульс силы отталкивания.

На рисунке 14 показано, как меняется высота прыжка в зависимости от эластического корсета мышц. Наибольший прирост высоты прыжка за счет упругих свойств мышц нижних конечностей зарегистрирован у прыгунов на лыжах с трамплина (10 см).

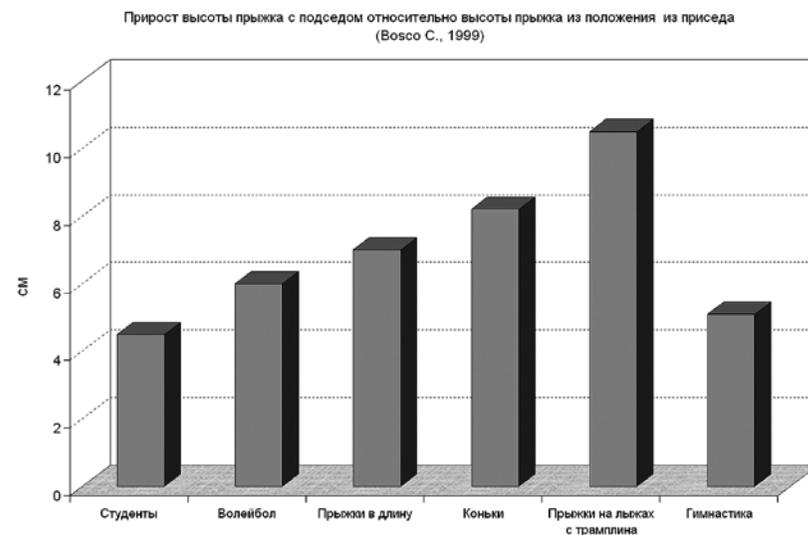


Рисунок 14. Влияние упругих свойств мышц нижних конечностей на высоту прыжка

1.4.5. Оценка взрывной силы мощности (прыжковый тест в комбинации с датчиком линейных перемещений)

В системе MuscleLab предусмотрена возможность оценки скорости, силы и мощности отталкивания при прыжке вверх. Для этого на пояс испытуемого крепится нить от датчика линейных перемещений (рис. 15). Аппаратно регистрируется скорость



Рисунок 15. Тестирование взрывной мощности (силы) и градиента мощности при прыжке вверх мышц нижних конечностей (прыжковый тест в комбинации с датчиком линейных перемещений)

нити, и программно рассчитываются траектории скорости силы и мощности при прыжке. Показатель взрывной силы (G_i) рассчитывается как отношение пика мощности (P_i) ко времени его достижения (T_i) (рисунок 16). Наличие двух экстремумов на кривой мощности свидетельствует о низком уровне взрывной силы (на рис. 16, профиль выделен черным цветом). Требования к тестированию:

1. Исходное положение – вертикальная стойка, руки вниз;
2. По команде испытуемый приседает и без задержки как можно быстрее выпрыгивает вверх;
3. В фазе полета и в момент приземления нижние конечности разогнуты в тазобедренном и коленном суставах.

Шкала для оценки уровня развития взрывной силы (мощности) представлена в таблице 7.

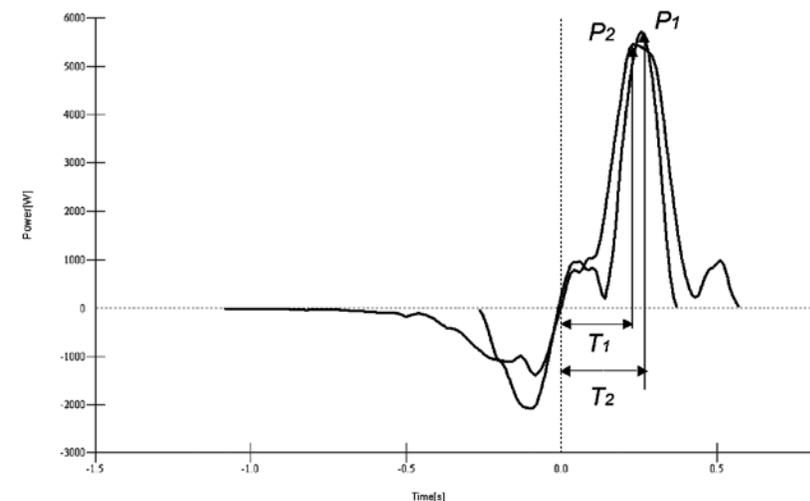


Рисунок 16. Расчет градиента мощности (G) при прыжке вверх. Синяя траектория – средний уровень скоростно-силовых характеристик ($G2=27,5$), черная траектория – низкий уровень ($G1=23,2$)

Таблица 7. Шкала для оценки взрывной мощности мышц при прыжке вверх с подседом с контролем вертикальной скорости (Вт/мс/кг)

Низкая	Средняя	Высокая
≤ 35	35-45	> 45

Примечание: градиент мощности = (максимальная мощность в прыжке)/(время достижения пика мощности), Вт/мс

1.4.6. Оценка жесткости мышечно-сухожильных комплексов на примере прыжка в глубину

При выполнении прыжка в «глубину» испытуемый спрыгивает вниз с тумбочки различной высоты на носки и при контакте с опорой без задержки делает прыжок вверх (рис. 28). Перед выполнением этого упражнения испытуемому ставится двигательная задача: отталкиваться от опоры как можно быстрее и сделать прыжок как можно выше.

Требования к тестированию:

- исходное положение – вертикальная стойка, руки на поясе;
- по команде испытуемый делает шаг вперед с тумбочки;
- в фазе полета и в момент приземления нижние конечности разогнуты в тазобедренном и коленном суставах;
- приземляться только на носки;
- при контакте с опорой делает прыжок вверх.

По кинематике этого упражнения косвенно оцениваются следующие физиологические показатели:

- а) «рефлекторная жесткость», т.е. способность «мгновенно» развивать усилия при быстром растяжении напряженных мышц нижних конечностей (преимущественно четырехглавая мышца бедра и трехглавая мышца голени). Физиологическая основа «мгновенного» увеличения силы напряженной мышцы – стреч-рефлекс;

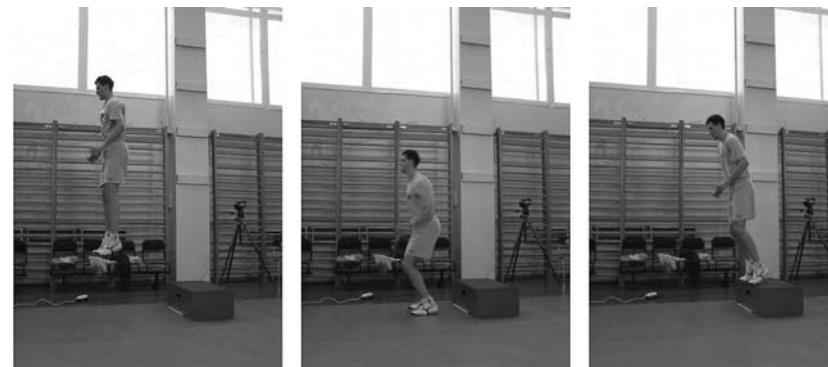


Рисунок 17. Прыжок в глубину

- б) внутримышечная координация, отражающая оптимальный баланс между афферентным потоком от мотонейронов мышц-синергистов и тормозящим влиянием комплексов Гольджи;
- в) накопление эластической энергии в мышечно-сухожильных комплексах нижних конечностей (преимущественно четырехглавая мышца бедра и трехглавая мышца голени).

На рисунках 18 и 19 представлены реакции опоры и электромиограммы внутренней головки широкой мышцы бедра при прыжке в верх с подседом и прыжке в глубину. Амплитуда и количество турнов ЭМГ мышц разгибателей коленного сустава при прыжке вверх с подседом намного выше (амплитуда) и чаще (турны), чем при спрыгивании. Это связано с тем, что при прыжке с подседом образуется оптимальный баланс между афферентным притоком к мотонейронам тормозящим действием комплексов Гольджи (рис. 20). Значительное снижение аналогичных показателей миограммы при прыжке в глубину (рис. 19) есть следствие торможения мотонейронов комплексами Гольджи. Существует высота спрыгивания, при которой высота прыжка вверх наибольшая

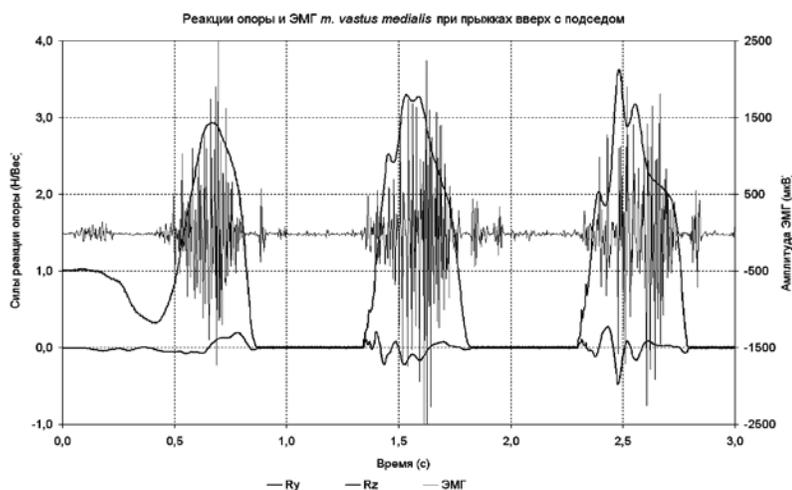


Рисунок 18. Реакции опоры и ЭМГ мышц разгибателей тазобедренного сустава при прыжке в глубину; YR — горизонтальная продольная составляющая реакции опоры; ZR — вертикальная составляющая реакции опоры

(рис. 21). Такая высота прыгивания называется оптимальной. Увеличение высоты прыжка связано с установлением оптимального внутримышечного баланса между афферентным потоком от рецепторов мышц, стимулирующим увеличение эфферентного потока от мотонейронов, четырехглавой мышцы бедра и тормозящим влиянием на мотонейроны мышц-синергистов сухожильных рецепторов. Увеличенный эфферентный поток в уступающей фазе способствует синхронизации и рекрутированию дополнительных ДЕ в мышцах-разгибателях коленного и голеностопного суставов, что способствует большей силе отталкивания — высота прыжка увеличивается (рис. 21).

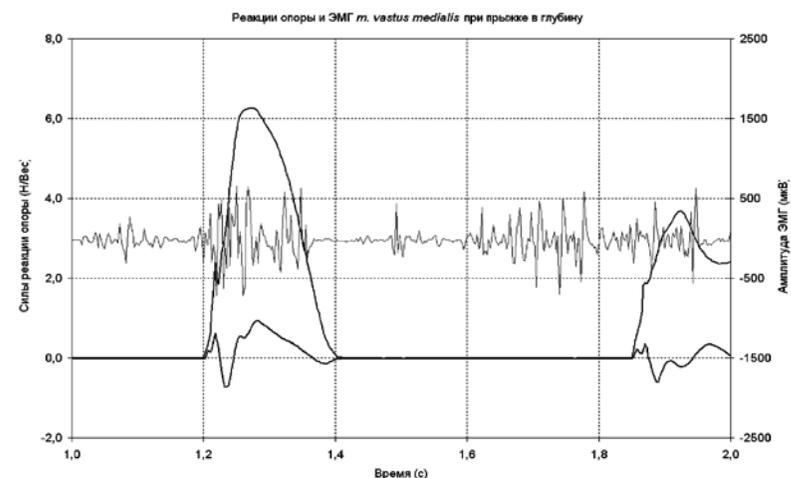


Рисунок 19. Реакции опоры и ЭМГ мышц разгибателей коленного сустава при прыжке в глубину. Высота прыгивания 50 см. Обозначения такие же, как на рисунке 18

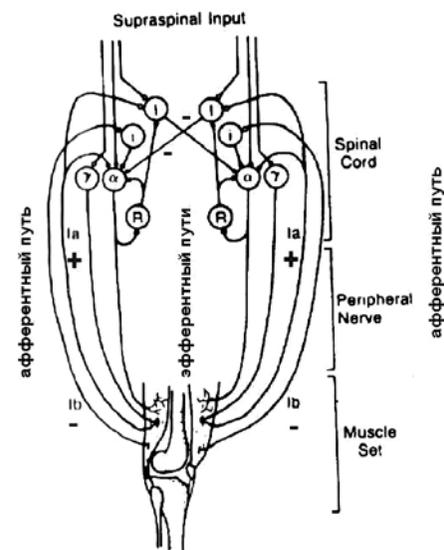


Рисунок 20. Центральные механизмы управления произвольной мышечной силой. Рецепторы Ia способствует увеличению афферентного притока к мотонейронам (обозначено +) и, как следствие этого, увеличение эфферентного потока, увеличивающего рекрутирование и синхронизацию ДЕ (мышечная сила возрастает). Рецепторы Ib (комплексы Гольджи) оказывают тормозящее воздействие на мотонейроны (обозначено -) и, как следствие этого мышечная сила, снижается

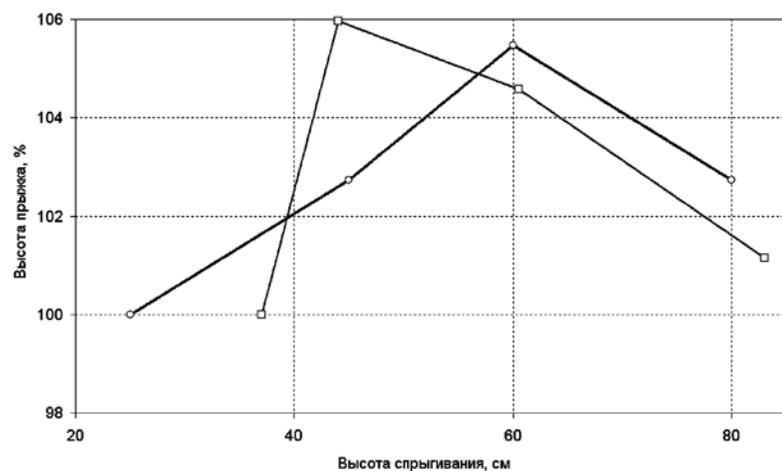


Рисунок 21. Влияние высоты спрыгивания на высоту прыжка вверх при прыжке в глубину

Использование в упражнениях «прыжок в глубину» оптимальной высоты спрыгивания способствует совершенствованию внутримышечной координации и, как следствие этого, увеличению высоты прыжка за счет центрального механизма проявления силы. Однако существуют ограничения на проведение этого тестирования, связанные с уровнем физической готовности двигательного аппарата спортсменов. На рис. 22 представлены кинетодиаграмма прыжка и электрическая активность *m. gastrocnemius* при различном уровне тренированности. При недостаточной подготовке происходит торможение мотонейронов мышц-разгибателей голеностопного сустава, и как следствие этого, снижение электрической активности мышц. В таблице 8 представлена оценка упругости сухожилий (преимущественно *tendo calcaneus*) по результатам прыжка в глубину (Bosco С., 1999).

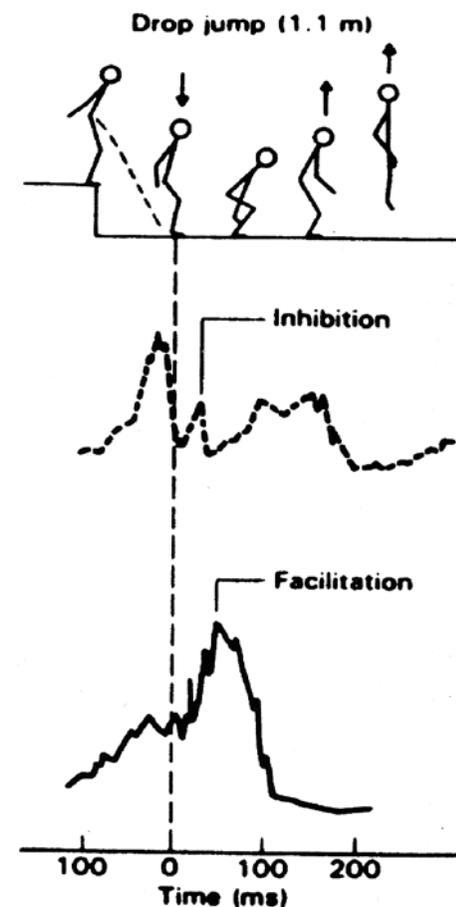


Рисунок 22. Влияние уровня тренированности на электрическую активность мышц голени (*m. gastrocnemius*). Высота спрыгивания 1,1 м. Средний рисунок – ЭМГ слаботренированного спортсмена; нижний рисунок – ЭМГ хорошо тренированного спортсмена. *Inhibition* – торможение, *facilitation* – усиление прыжка и электрическая активность *m. gastrocnemius* при различном уровне тренированности. При недостаточном уровне тренированности происходит торможение мотонейронов, и как следствие этого снижение электрической активности мышц

Таблица 8. Оценка упругости сухожилия по тесту «прыжок в глубину» (по Bosco C., 1999)

Мужчины		Женщины	
Время контакта с опорой (мс)	Оценка	Время контакта с опорой (мс)	Оценка
145-160	отлично	160-170	отлично
160-170	хорошо	170-190	хорошо
> 190	плохо	>210	плохо

Примечание: шкала оценок разработана для спрыгивания с оптимальной высоты.

1.4.7. Оценка координационных способностей при прыжках вверх с руками

Этот тест дает оценку координации. По Н. А.Бернштейну «Координация движения есть преодоление избыточных степеней свободы движущегося органа и превращение его в упорядоченную систему». Соответствие мышечных усилий кинематике наблюдается у высококвалифицированных спортсменов, обладающих отточенной техникой движений. Этот тест позволяет оценить внутримышечную и межмышечную координации мышц нижних конечностей.

Внутримышечная координация означает способность нервной системы рекрутировать и синхронизировать работу двигательных единиц: мотонейронов и иннервируемых ими волокон. Межмышечная координация характеризуется периодами и экстремумами активности мышц синергистов и антагонистов:

- влияние лабиринтных и шейнотонических рефлексов;
- использование реактивных сил при прыжке.

Требования к тестированию:

- исходное положение – вертикальная стойка, руки опущены вдоль туловища;
- по команде испытуемый приседает и без задержки одновременно с махом рук выпрыгивает вверх;

- в фазе полета и в момент приземления нижние конечности разогнуты в тазобедренном и коленном суставах.

Одним из критериев техники выполнения движения является рациональное использование сил инерции – ускорений в ЦМ конечностей. В зависимости от вида локомоции роль сил инерции меняется. В большинстве скоростно-силовых движений (метания, прыжки) навык последовательного «включения» суставов конечностей преобладает над чисто силовым – «мышечными» компонентами движения. На высоте прыжка вверх с махами рук можно оценить уровень координации спортсмена. Если спортсмен способен рационально использовать реактивные силы, возникающие с центрах масс верхних конечностей, то высота прыжка по сравнению без махов рук должна увеличиваться. На рисунке 23 представлены результаты прыжковых тестов в различных видах спорта. Чем выше координационные навыки спортсменов, тем больше высота прыжка с махами рук. Оценочная шкала координации приведена в таблице 9.

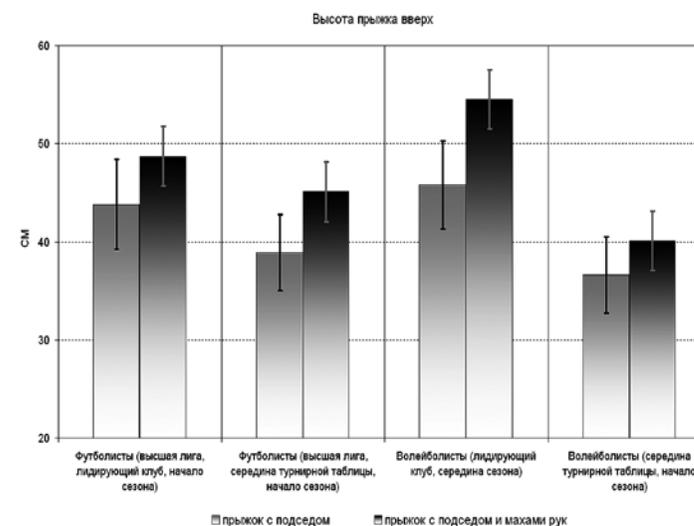


Рисунок 23. Высота при прыжках из приседа и с махами рук

Таблица 9. Шкала оценки координационных способностей при прыжках вверх

Высота прыжка с махами рук/высота прыжка без махов рук, %		
Низкая	Средняя	Высокая
<=110	111-115	>116

Примечание: высота прыжка с махами рук/ Высота прыжка из приседа в %

Влияние шейно-тонических и лабиринтовых рефлексов на высоту прыжка с махами рук можно оценить, дав задание спортсмену при разгибании ног одновременно осуществить наклон головы назад. Из физиологических исследований известно, что изменение положение головы относительно туловища сказывается на амплитуде электрической активности мышц нижних конечностей. Исследования нормальной ходьбы с различным углом наклона головы относительно туловища показали достоверную связь экстремумов и амплитуды электрической активности m. gastrocnemius medialis с положением головы относительно туловища. Наклон головы назад относительно туловища вызывает увеличение амплитудных характеристик ЭМГ мышц голени при нормальной ходьбе в среднем на 74 единицы (рис. 24).

Наклон головы назад так же вызывает шейно-тонические и лабиринтные рефлексы при прыжке вверх, что увеличивает электрическую активность мышц задней поверхности голени и влияет на силу отталкивания. Увеличение высоты прыжка за счет наклона головы назад у хорошо координированных спортсменов составляет около 5% (рис. 25). Увеличение высоты прыжка за счет наклона головы назад вызывает увеличение высоты прыжка вверх на 4,8%. Следовательно, при проведении тестирования необходимо не только внимательно наблюдать за положением нижних конечностей в безопорной фазе, но контролировать положение головы.

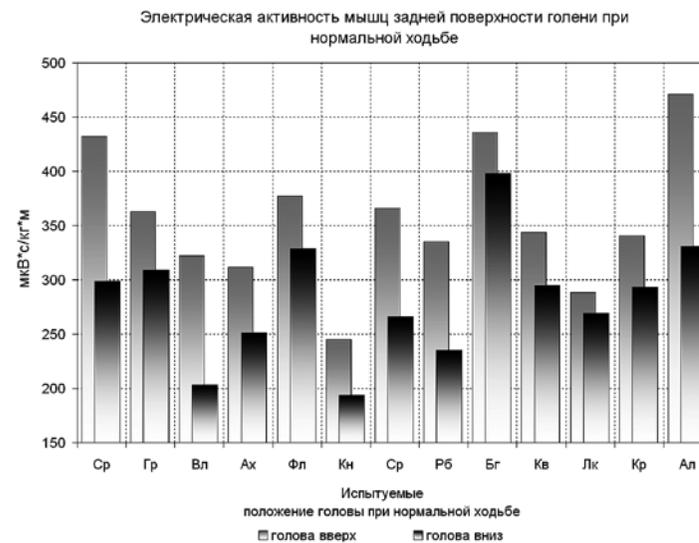


Рисунок 24. Влияние шейно-тонических и лабиринтных рефлексов на электрическую активность мышц голени при ходьбе в темпе 90 шагов/мин. Миограмма нормирована на вес испытуемых и длину ноги

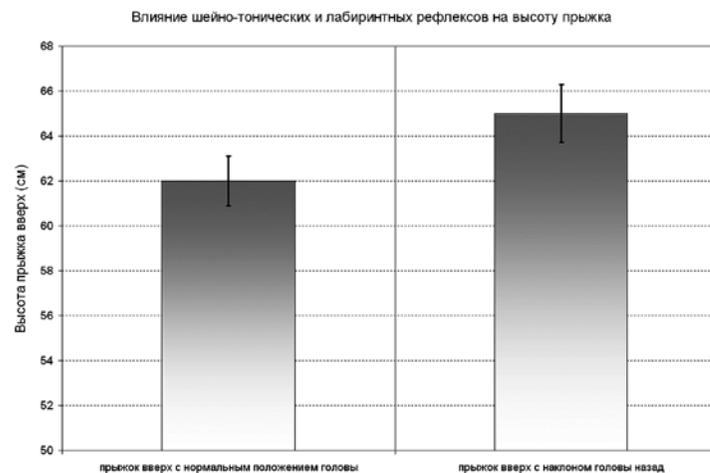


Рисунок 25. Влияние шейно-тонических и лабиринтных рефлексов на высоту прыжка вверх

1.4.8. Влияние разминки и утомления на высоту прыжка

Многолетние тестирования спортсменов, проведенные автором, свидетельствуют о том, что после стандартной разминки (велотренажер и гимнастика в течение 10 минут) наибольшая высота прыжка достигается к 4-5 прыжку (рис. 26). Поэтому при оценке скоростно-силовых свойств мышц в прыжковых тестах следует выполнить несколько попыток для разминки и только затем приступить к регистрации динамических или кинематических показателей прыжков. Скоростно-силовые свойства мышц нижних конечностей меняются при утомлении. Испытуемый выполнял приседания со штангой на плечах (6 приседаний). На рис. 28 представлено значение максимальной угловой скорости при разгибании в коленном суставе в упражнении «приседание со штангой на плечах» до и после тестирования на велоэргометре ⁴. Среднее зна-

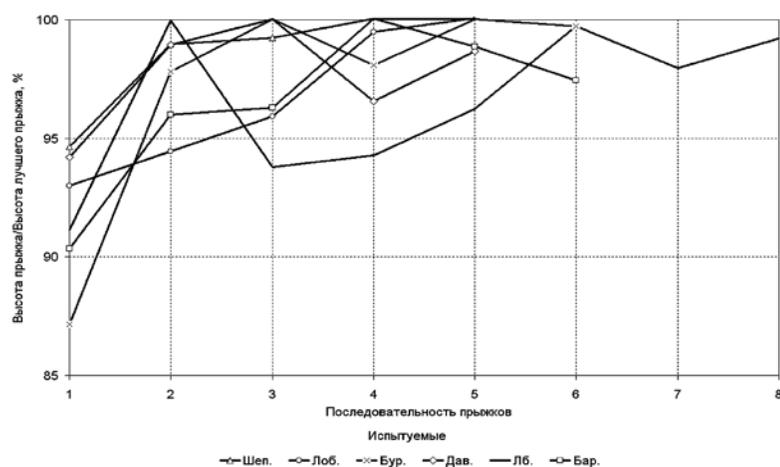


Рисунок 26. Изменение высоты прыжка в серии прыжков во время тренировки (конькобежцы сборная России)

⁴ Испытуемый выполнял ступенчатый тест до отказа (оценка максимального потребления кислорода) в течение 18 минут.

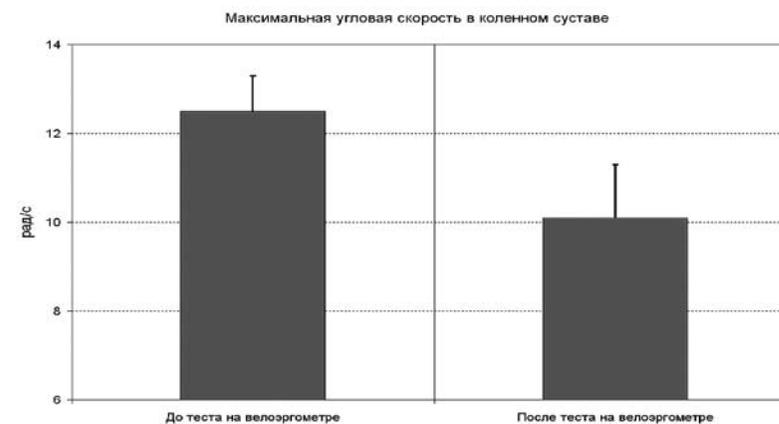


Рисунок 27. Максимальная угловая скорость в коленном суставе при разгибании ног в упражнении «приседание со штангой на плечах». Вес штанги 120 кг, угловая скорость зарегистрирована с помощью гониометра. Испытуемый выполнял 6 приседаний за 6 с. Темп контролировали метрономом

чение максимальной угловой скорости и стандартное отклонение рассчитывали в 3, 4 и 5 движениях. Достоверное снижение максимальной угловой скорости свидетельствует о значительном утомлении нервно-мышечного аппарата нижних конечностей вследствие влияния предшествующей нагрузки. При утомлении снижаются скоростные проявления мышц нижних конечностей, как при низкоскоростных движениях, так и на высоких угловых скоростях. Повторное тестирование скоростно-силовых проявлений разгибателей коленного сустава на изокинетическом динамометре Biodex-3 показало достоверное снижение силы мышц-разгибателей бедра в диапазоне угловых скоростей от 1 до 6,5 рад/с (рис. 28).

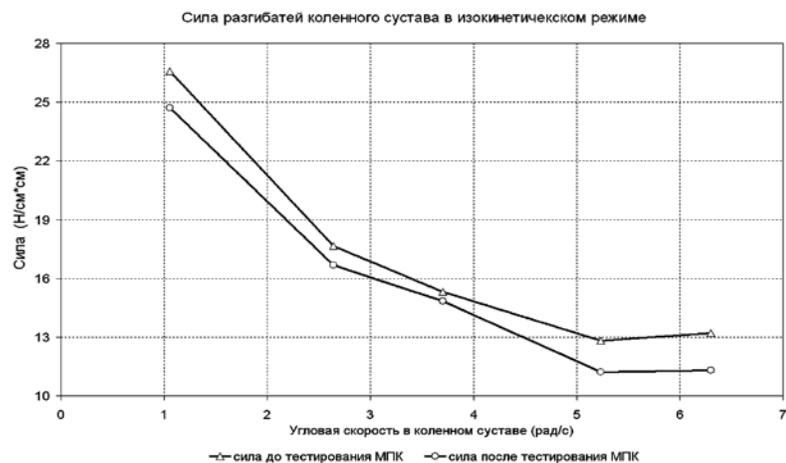


Рисунок 28. Влияние утомления на скоростно-силовые проявления мышц-разгибателей коленного сустава. Тестирование проводили на изокинетическом динамометре Biodex-2

2. ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ВЕСОВ ШТАНГИ С УЧЕТОМ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ПОДОБИЯ БЕГУ НА КОНЬКАХ

Специальная скоростно-силовая подготовка спортсменов. Современная тенденция развития методики тренировки в различных видах спорта характеризуется значительным увеличением веса специальной силовой подготовки в общем объеме выполняемых тренировочных нагрузок. Увеличение объема специальных упражнений преследует основную цель – улучшение адаптации двигательного аппарата спортсменов к специфическим условиям мышечной деятельности путем повышения специальной силы. Специальная силовая подготовленность – это силовые проявления при кинематических условиях, соответствующих соревновательному двигательному действию.

Один из вариантов повышения специальной силы – принцип биомеханического подобия между соревновательным и тренировочными упражнениями. Суть его в следующем: зная кинематику и динамику в суставах в соревновательном упражнении, подбирается скорость, темп, вес отягощений в специальных и общеподготовительных упражнениях. Для того чтобы осуществить принцип кинематического и динамического подобия, необходимы инструментальные средства контроля биомеханических характеристик двигательных действий.

В условиях соревнований методы, контролирующие технические действия спортсмена, должны быть информативными, бесконтактными и соответствовать правилам соревнований. Одним из таких методов является биомеханическая видеосъемка.

Кинематическая модель бега на прямой и по повороту. Методом биомеханической видеосъемки регистрировали кинематику бега на коньках на прямой и на повороте (дистанции 500 и 1500 м, 1-й круг). Исследования проводили на Чемпионатах России по классическому и спринтерскому многоборью (2004-2008 гг), международных соревнованиях (Кубки мира 2000-2003 г) и Европей-

2. Подбор оптимальных весов штанги с учетом кинематического подоби

ских играх молодежи (2004 г.), Летний Кубок СКР (15-16.08.09), Открытый Кубок Москвы (23-25.10.2009).

Скорость бега была в диапазоне 13,5–15,6 м/с. С помощью специального программного обеспечения рассчитывали линейную скорость разгибания ноги. Зная мгновенную скорость между тазобедренным и голеностопным суставами, рассчитывали среднюю скорость разгибания ноги при беге со старта на прямой и поворотах. На рисунке 29 представлена зависимость между средней скоростью разгибания левой ноги и скоростью бега на 500 м и 1500 м дистанции. При беге на прямой не наблюдали связь между средней скоростью разгибания ноги и скоростью бега. На повороте, наоборот, просматривается почти линейная связь между скоростью бега и скоростью разгибания левой ноги. Очевидно, что способность спортсмена выполнить быстрое разгибание левой ноги на повороте (со средней скоростью 0,9–1,1 м/с) отражает уровень специальной скоростно-силовой подготовленности конькобежцев. Возникает задача подобрать такие кинематические и динамические параметры силовых упражнений, которые соответствовали бегу на коньках со скоростью 15 м/с и выше. В условиях тренировочного процесса намного проще, чем на соревнованиях, применять различные аппаратные средства, так как при тренировочных занятиях возможны контактные методы регистрации биомеханических и физиологических характеристик. Система MuscleLab является аппаратно-программным комплексом, позволяющим регистрировать кинематические и динамические характеристики сегментов тела человека или спортивных сна-рядов. По датчику линейных перемещений рассчитываются скорости и ускорения. Результаты тестирования заносятся в базу данных, что позволяет отследить динамику индивидуальных скоростно-силовых показателей. На рисунке 30 представлены графики «сила – мощность – скорость» и полученные по результатам тестирования с помощью методики MuscleLab. Наклонные прямые линии – построены по результатам тестирования в упражнении «Приседания со штангой на плечах». Параболы – расчетные значения мощности.

2. Подбор оптимальных весов штанги с учетом кинематического подоби

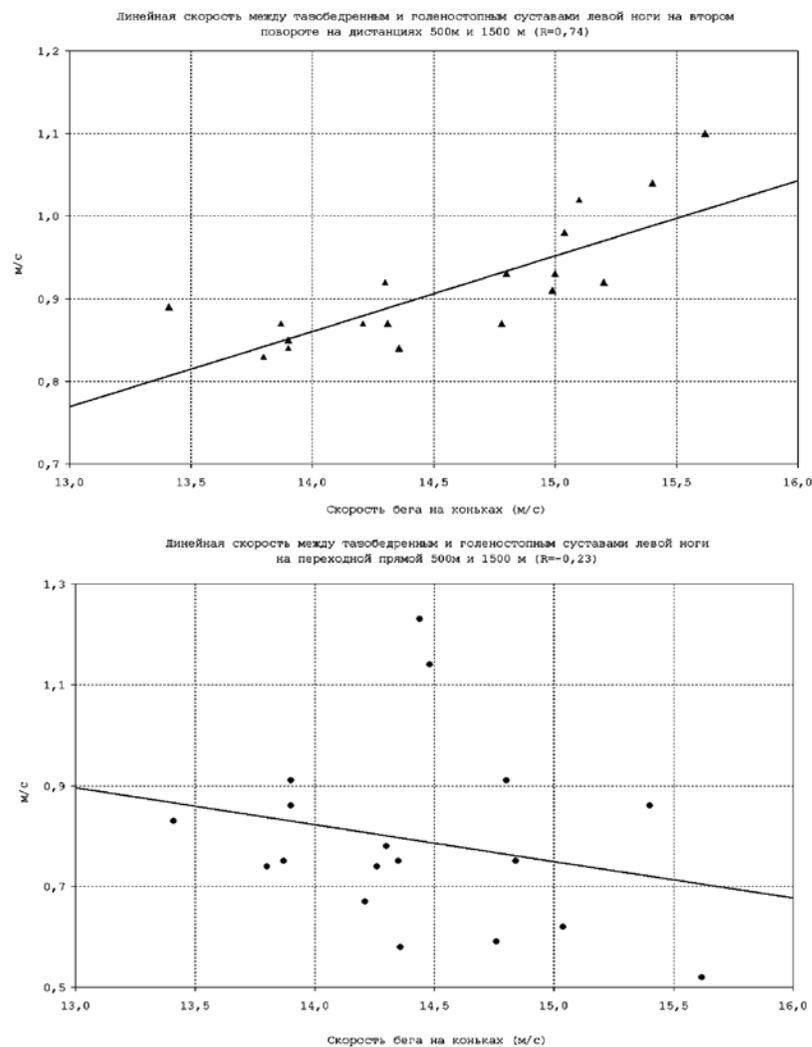


Рисунок 29. Средняя линейная скорость между тазобедренным и голеностопным суставами (левая нога)⁵ на дистанции 500 м и на первом круге дистанции 1500 м

⁵ Видеосъемку проводили из центра круга

2. Подбор оптимальных весов штанги с учетом кинематического подбора

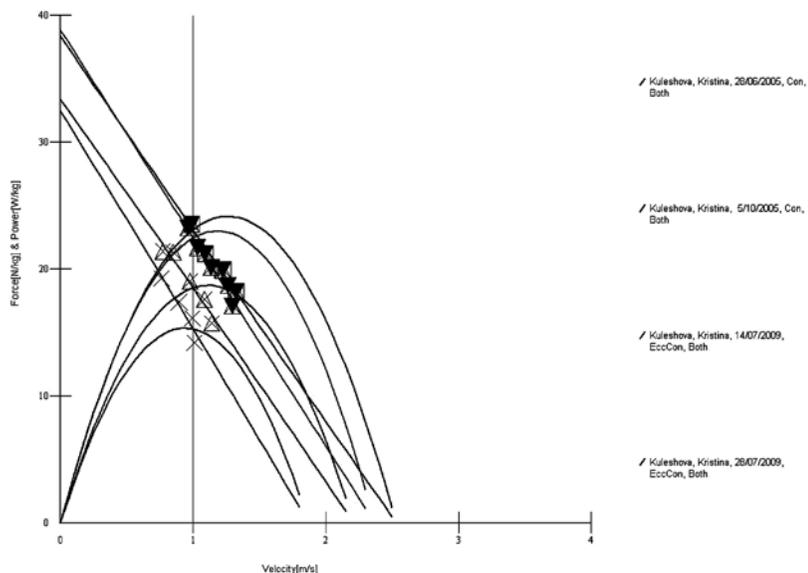


Рисунок 30. Многолетние результаты тестирования скоростно-силовых проявлений мышц в упражнении «приседания со штангой на плечах» с помощью методики MuscleLab

Интерфейс пользователя, позволяет осуществлять обратную связь со спортсменом. В реальном времени на экране монитора компьютера выводятся различные кинематические и динамические параметры движения: амплитуда перемещений, скорость максимальная и средняя, мощность средняя и максимальная, сила. Перечисленные параметры позволяют корректировать выполнение упражнений в реальном времени, и тем самым применить принцип обратной биологической связи с использованием зрительного и слухового анализаторов.

Определение кинематических параметров выполнения общеподготовительных упражнений. Приседание со штангой является общеподготовительным упражнением, применяемым для тренировки скоростно-силовых свойств мышц нижних конечностей конькобежцев. Поставили задачу определить темп приседаний и

2. Подбор оптимальных весов штанги с учетом кинематического подбора

величину отягощения для того, чтобы по кинематическим показателям это упражнение соответствовало бегу на коньках со скоростью 14-15 м/с.

Конькобежцы (члены сборной России, основной и молодежный составы) выполняли пять-шесть подходов по шесть приседаний со штангой на плечах в темпе 60 приседаний в минуту⁶. Отдых между подходами составил 2-3 минуты. В зависимости от пола и тренированности спортсменов подбирали вес штанги (таблица 9). Минимальный вес для мужчин и женщин составлял 30 и 25 кг соответственно. Максимальный — 100-110 кг для мужчин и 50-60 кг для женщин. Среднюю линейную скорость между тазобедренными и голеностопным суставами, силу и мощность, развиваемую мышцами-разгибателями в преодолевающем режиме, измеряли с помощью датчика линейных перемещений, установленного на грифе штанги (рис. 6 и 31).

При увеличении веса штанги с 30 до 110 кг скорость между суставами уменьшалась с 1,3 до 0,9 м/с у мужчин. У женщин при увеличении веса штанги с 25 до 60 кг средняя линейная скорость между тазобедренным и голеностопным суставами снижалась с 1,2 до 0,8 м/с (таблица 10).

По результатам тестирования для каждого испытуемого определили: величину отягощения⁷ при средней скорости разгибания нижних конечностей 1 м/с (рис. 30), что соответствует кинематическим характеристикам отталкивания левой ногой на повороте при скорости ≈ 15 м/с (рис. 29). Коэффициенты корреляции между результатами тестирования при приседаниях со штангой и скоростью бега на дистанциях 500 м и 1500 м, а также скоростью по отрезкам 100 и 400 м представлены в таблице 11. Достоверные коэффициенты корреляции ($0,64 < r < 0,98$) были получены между весом штанги при скоростях разгибания ног в диапазоне 0,8-1,2 м/с и скоростью пробегания 100, 400 и 500 м. Высокие коэффици-

⁶ Темп задавали метрономом

⁷ Величина отягощения равна весу штанги + вес тела — $0,1 \cdot \text{Вес тела}$.

2. Подбор оптимальных весов штанги с учетом кинематического подобия

Таблица 10. Величина отягощения и средняя скорость между тазобедренным и голеностопным суставами при приседаниях со штангой

Испытуемые	1 серия	2 серия	3 серия	4 серия	
Мужчины, n=4	Величина отягощения штанги, кг				
	30	60	80	100	110
	Средняя скорость между тазобедренными и голеностопным суставами ($\bar{L}_H \pm \delta$, м/с)				
	1,31±0,09	1,21±0,18	1,15±0,04	1,03±0,05	0,93±0,14
Женщины, n=9	Величина отягощения штанги, кг				
	25	30	40	50	60
	Средняя скорость между тазобедренными и голеностопным суставами ($\bar{L}_H \pm \delta$, м/с)				
	1,21±0,11	1,11±0,05	0,98±0,16	1,02±0,15	0,84±0,11

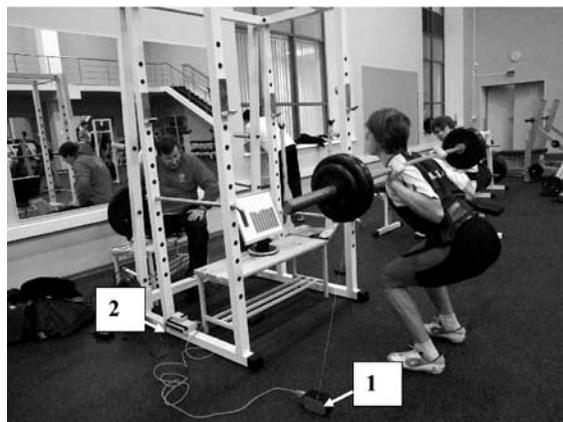


Рисунок 31. Тестирование скоростно-силовых свойств мышц в общеподготовительном упражнении «Приседания со штангой на плечах» с помощью системы MuscleLab. 1 – регистратор линейных перемещений; 2 – блок сопряжения персонального компьютера с регистратором линейных перемещений

2. Подбор оптимальных весов штанги с учетом кинематического подобия

енты ($0,81 < r < 0,87$) получены между весом штанги при скорости разгибания ног 0,9-1,1 м/с и результатом на 500 м. Следовательно, чем больше вес штанги, поднимаемый спортсменом при средней скорости разгибания ног в диапазоне 0,9-1,1 м/с, тем выше скорость на дистанции 500 м. Результаты тестирования скоростно-силовых проявлений мышц-разгибателей нижних конечностей с помощью методики MuscleLab подтверждаются кинематическими данными, полученными по результатам биомеханической видеосъемки. Чем выше скорость разгибания левой ноги на повороте, тем выше спортивный результат (рис. 29).

На рисунке 32 представлена зависимость между максимальной мощностью мышц-разгибателей нижних конечностей при приседаниях со штангой и мощностью, затрачиваемой на преодоление аэродинамического сопротивления при беге на 500 м и 1500 м. Почти линейная связь между этими показателями объясняет причину постоянного роста результатов в беге на коньках в сравнении с легкоатлетическим спринтом⁸. Мощность есть произведение силы на скорость, поэтому мощность, например 2000 Вт, соответствующая скорости бега на коньках 15 м/с (рис. 32), может быть достигнута как за счет скорости разгибания ног, так и за счет силы отталкивания. Низкие коэффициенты корреляции между скоростями бега на 100, 400 и 500 м на коньках и скоростью разгибания ног ($V_{P_{max}}$, таблица 11) при достижении максимальной мощности при приседаниях со штангой подтверждают сказанное.

⁸ При легкоатлетическом беге скорость ОЦМ зависит от скорости разгибания в суставах нижних конечностей, которая является врожденным физическим качеством.

2. Подбор оптимальных весов штанги с учетом кинематического подбора

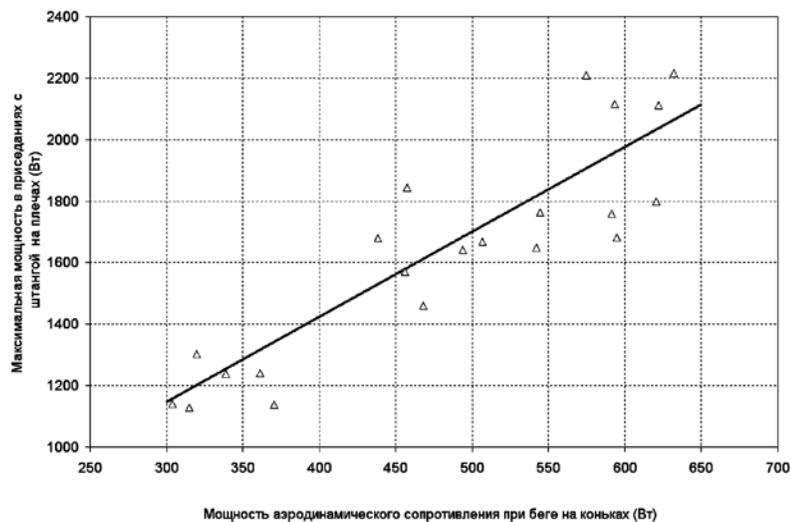


Рисунок 32. Мощность аэродинамического сопротивления при беге на коньках на дистанции 500-1500 м и максимальная мощность в упражнении «приседания со штангой на плечах», $r=0,89$

2. Подбор оптимальных весов штанги с учетом кинематического подбора

Таблица 11. Коэффициенты корреляции между скоростью бега на 500-1500м и результатами тестирования в упражнении «Приседания со штангой на плечах», $n=24$

Показатели	V_100	V_400	V_500	W_0.8	W_0.9	W_1.0	W_1.1	W_1.2	P _{max}	V_P _{max}
V_100	1,00	0,89	0,78	0,73	0,71	0,64	0,68	0,59	0,63	0,34
V_400		1,00	0,89	0,87	0,88	0,83	0,89	0,78	0,40	0,30
V_500			1,00	0,78	0,81	0,87	0,84	0,77	0,37	-0,12
W_0.8				1,00	0,97	0,96	0,73	0,66	0,54	-0,05
W_0.9					1,00	0,96	0,93	0,84	0,6	-0,03
W_1.0						1,00	0,98	0,93	0,52	0,14
W_1.1							1,00	0,98	0,38	0,24
W_1.2								1,00	0,23	0,41
P _{max}									1,00	-0,22
V_P _{max}										1,00

Примечания. V_100 - средняя скорость на 100 м; V_400 – средняя скорость на 400 м; V_500 – средняя скорость на 500 м; W_0.8 – вес штанги при средней скорости разгибания нижних конечностей 0,8 м/с; W_0.9 – вес штанги при средней скорости разгибания нижних конечностей 0,9 м/с; W_1.0 – вес штанги при средней скорости разгибания нижних конечностей 1,0 м/с; W_1.1 – вес штанги при средней скорости разгибания нижних конечностей 1,1 м/с; W_1.2 – вес штанги при средней скорости разгибания нижних конечностей 1,2 м/с; P_{max} – максимальная мощность; V_P_{max} – скорость разгибания нижних конечностей при проявлении максимальной мощности. При расчете коэффициентов корреляции учитывали данные тестирований и результатов соревнований начиная с 2004 года, а также соревнований: Летний Кубок СКР (15-16.08.09), Открытый Кубок Москвы (23-25.10.2009)

3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С ОБРАТНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗЬЮ ПРИ СКОРОСТНО- СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКЕ КОНЬКОБЕЖЦЕВ

Движения человека начинаются на микроуровне (скольжение нитей актина и миозина), а заканчиваются перемещением сегментов тела в нужном направлении и с определенной скоростью. Анатомическими структурами, обеспечивающими перемещение сегментов тела, являются нервно-мышечный, скелетный, связочный и суставной аппараты человека. Активная часть двигательного аппарата (нервно-мышечная система) развивает усилия во времени, которые в физиологии принято количественно оценивать по зависимостям: «сила-длина», «сила-скорость», «сила-время» — для контрактильного компонента (мышечные брюшки) и «сила-длина параллельного упругого элемента» — для эластического компонента мышц (сухожилия и фасции). В спорте скоростно-силовые свойства мышц оценивают по результатам тестирования. Тесты можно проводить как в условиях тренировочного процесса (педагогические тесты) так и в условиях лабораторий на специально оборудованных стендах, включающих различное оборудование. К педагогическим тестам относятся: прыжки вверх или в длину, бег на 30 и 60 м и другие упражнения. Результаты педагогических тестирований (например, прыжки вверх, бег на 30 м), обычно выраженные в метрах (высота/длина прыжка) и секундах (время пробегания), отражают уровень скоростно-силовой подготовленности спортсмена на момент тестирования. На результаты таких тестов влияют условия проведения, мотивация, обученность контингента, умение реализовать свой моторный потенциал. Поэтому по итогам педагогического тестирования можно судить только о скоростно-силовых способностях спортсмена, которые лишь частично отражают скоростно-силовые свойства мышц.

Силоизмерительные стенды (тренажеры) позволяют точнее оценить динамические и кинематические свойства мышц, так как искусственная среда, создаваемая стендом, ограничивает свободу в суставах и ставит спортсменов различной квалификации в одинаковые условия (независимо от координационных способностей). На рисунке 33 представлены силоизмерительные стенды в процессе их развития начиная со сравнительно простых до аг-регированных на самом высоком аппаратно-программном уровне, как Biodex. Одно из главных преимуществ тестирования на стендах – наличие обратной связи с испытуемым в режиме реального времени. Компьютеризация силоизмерительных устройств, высокопроизводительные аналого-цифровые преобразователи (АЦП), современное многозадачное программное обеспечение позволяют выводить на экран мониторов в режиме близкому к реальному времени большое количество биомеханических параметров. Например, на силоизмерительном стенде Biodex, кроме момента в суставе на экран монитора можно вывести профили угловой скорости и миограммы. Объем и содержание информации предоставляемой тренеру и спортсмену зависит от целей и задач тестирования уровня теоретической подготовленности тренера и спортсмена. Процесс обмена информацией между измерительным устройством спортсменом и тренером можно отнести к одной из форм биологической обратной связи (БОС), которая может рассматриваться как учебный процесс, направленный на совершенствование скоростно-силовой подготовки, с помощью контроля сигналов, идущих от двигательного аппарата спортсменов. Биологическая обратная связь широко распространена в медицинской практике для обучения контролю мышечного напряжения/расслабления. Благодаря современному аппаратно-программному обеспечению появились устройства, передающие нейробиомеханические сигналы нашего тела в виде звуковых/визуальных стимулов. В медицине и психологии существует несколько видов биологической обратной связи.

БОС, основанная на измерении мышечного напряжения является весьма эффективным способом снятия мышечных спазмов

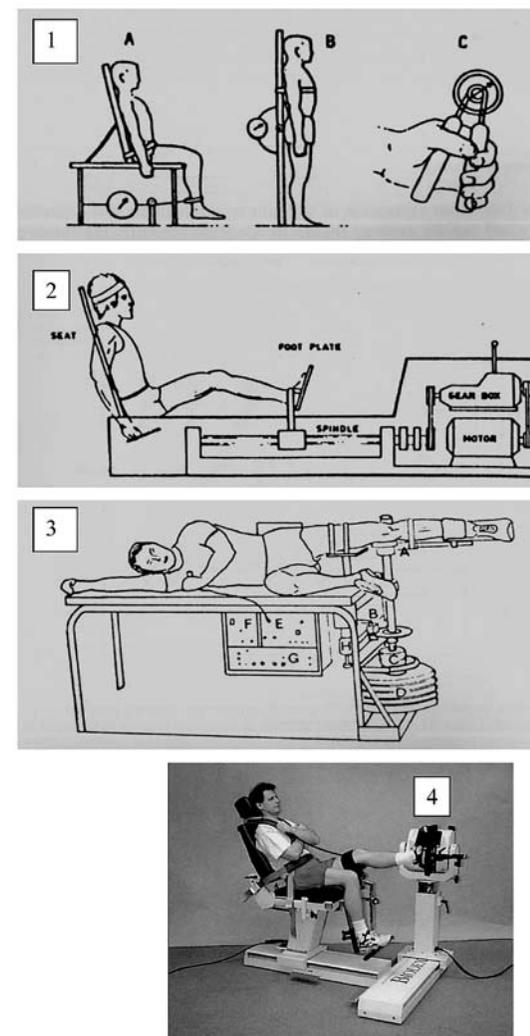


Рисунок 33. Силоизмерительные стенды: 1—стенд Коробкова-Черняева (измерения изометрической силы); 2 — стенд, разработанный Ю.В. Верхошанским для оценки компонентов взрывной силы; 3 — прототип системы Biodex с инерционными устройствами; 4 — система Biodex

или чрезмерной мышечной напряженности («зажатости») при выполнении сложно-координационных двигательных действий.

При обучении игре на музыкальных инструментах получение информации об уровне электрической активности мышц лба позволяет начинающим музыкантам контролировать ненужное тоническое напряжение и избегать лишних мышечных затрат:

- БОС, основанная на измерении электрического сопротивления кожи, которое напрямую зависит от уровня расслабления, то есть от психологических состояний и эмоций. Снижение кожно-гальванического сопротивления свидетельствует о расслаблении и наоборот;
- БОС, основанная на измерении биоэлектрической волновой активности мозга;
- БОС, основанная на измерении variability сердечного ритма, отражает воздействие эмоциональных и физических нагрузок на наше сердце.

Помогает натренировать способность возвращаться в более расслабленное и эффективное состояние. Это помогает достижению общей релаксации и снятию напряжения с сердечно-сосудистой системы:

- БОС, основанная на измерении температуры кожи. Чем теплее кожа, тем глубже релаксация. Температура кожи определяется количеством крови, циркулирующей в подкожном слое. Чем больше объем циркуляции, тем быстрее в этом месте идет исцеление и самовосстановление;
- БОС основанная за контролем перемещения центра давления на стабиллоплатформе. Способствуют обучению равновесия.

Существуют некоторые формы биоуправления⁹, из которых для задач скоростно-силовой тренировки наиболее подходит

⁹ Другие формы биоуправления, например: «Релаксирующая или анти-стрессовая модель» — основу ее составляют релаксация и тренинг; «Когнитивная модель» — сводится к проигрыванию сложных движений перед их выполнением, что приводит к уменьшению технических ошибок и повышению скорости овладения двигательным навыком.

«Обучающая модель» (ОМ). Суть ее заключается в том, что обучение сводится к методу проб и ошибок, основанному на повторяющихся попытках научиться контролировать физические качества. Такая модель может быть применена к скоростно-силовой тренировке с целью обучения спортсмена проявлять/достигать заданные скоростно-силовые параметры. В отличие от процедур реабилитации и тренинга в спорте важна методика применения аппаратно-программных комплексов (когда применять и сколько раз). Известно, что в соревновательном периоде происходит некоторое снижение скоростно-силовых проявлений мышц. Имеет ли смысл перед соревнованиями проводить скоростно-силовое тестирование или лучше провести его после соревнований (когда произошло восстановление и результаты стартов известны)? Существует одно условие применения измерительных методик в тренировочном процессе — инструментальные методики не должны мешать самому процессу, т.е. не обременять движение спортсмена проводами, датчиками и другими измерительными устройствами. На какие биомеханические параметры движения при скоростно-силовой тренировке необходимо ориентировать спортсмена, чтобы при выполнении последующих двигательных действий при получении информации о предыдущем движении спортсмен мог проявить большие усилия. При отсутствии «Обучающих моделей» построение тренировочного процесса осуществляется «на глазок», что при определенном уровне спортивного мастерства приводит к замедлению или к остановке роста спортивных результатов. Спортсмен, заканчивает карьеру, до конца не реализовав свой скоростно-силовой потенциал. При построении Обучающей модели скоростно-силовой тренировки конькобежцев были поставлены следующие задачи:

- вид информации при выполнении скоростно-силового упражнения: эфферентная информация (например, амплитуда электрической активности мышц), кинематические или энергетические (мощность) параметры движения;
- форма представления информации испытуемому (видео или звуковая);

- зависит ли форма представления информации от уровня подготовки спортсмена является ли она индивидуально обусловленной или существуют интегральные показатели, подходящие для всех спортсменов не зависимо от вида спорта и квалификации.

Пример оптимизации силовой тренировки на основе БОС. Оптимальный вес штанги подбирается с помощью системы MuscleLab 4020e при средней скорости разгибания ног 1 м/с. Интерфейс пользователя позволяет осуществлять обратную связь со спортсменом. В реальном времени на экране монитора выводятся различные кинематические и динамические параметры движения: амплитуда перемещений, скорость максимальная или средняя, градиент силы, средняя мощность и максимальная сила (рис. 34). Перечисленные параметры позволяют корректировать выполнение упражнений в реальном времени, и тем самым применить принцип обратной биологической связи с использованием зри-



Рисунок 34. Фрагмент проведения скоростно-силовой тренировки с элементами БОС через зрительный анализатор

тельного и слухового анализаторов. Эффективным является применение двухмониторной системы, при которой на мониторе испытуемого представляется сигнал БОС в той или иной форме. На втором мониторе работает тренер и, контролирует эффективность выполнения теста/тренировки и следит за тем, чтобы тренируемые показатели приближались к модельным параметрам. Если тренер видит, что тренировка с выбранными биомеханическими параметрами не получается, то можно изменить показатели БОС в процессе тренировки или, в случае явного утомления, прекратить занятие. В переходном периоде при тестировании спортсменам было предложено выбрать форму представления БОС:

- видеоинформация была представлена в виде: максимальной скорости, средней скорости разгибания нижних конечностей, средняя сила, мощность при приседаниях со штангой на плечах (примеры такой информации приведены на рисунках 35-37;
- звуковая информация – сигнал тапа «Быстрее» или «Медленнее». Если выбрать за характеристику БОС показатель «Градиент скорости разгибания нижних конечностей» (рис. 35), то не вполне ясно, на каком уровне должен осуществляться контроль то за этим показателем.

За характеристику БОС можно выбрать показатель «Средняя скорость разгибания нижних конечностей» (рис. 36). В этом случае контрольным параметром может служить средняя скорость разгибания ног при беге на повороте со скоростью 15 м/с (рис. 29 верхний). По мнению тренеров и спортсменов оптимально визуально контролировать мощность выполнения упражнения. Для того, чтобы бежать 500 м на результат 38 с (женский спринт), необходимо проявлять максимальную мощность в приседаниях со штангой (около 1200 Вт, рис. 37). Следовательно, в тренировочной занятии спортсмен должен стремиться проявить мощность, подобную бегу на соревнованиях, например, такую как показано на рисунке 32. На рис. 37 представлена запись тренировки Ю.Н. Спортсменка выполняла 5 серий приседаний со штангой на плечах по 6 раз с визуаль-

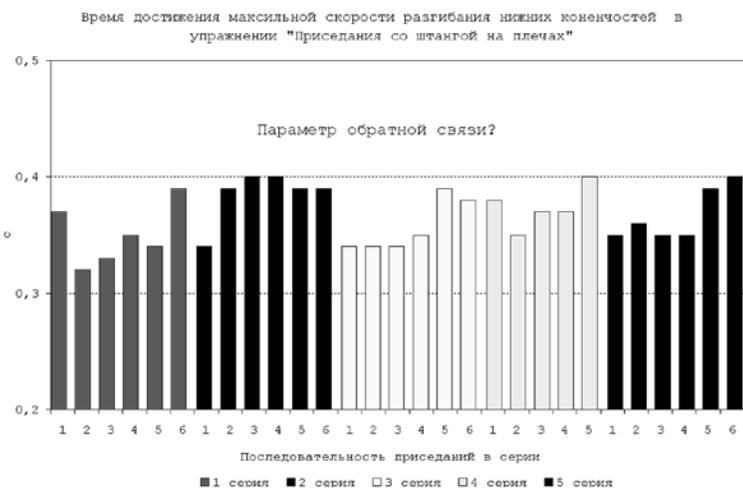


Рисунок 35. Пример осуществления визуальной БОС по параметру «Время достижения максимальной скорости разгибания нижних конечностей в упражнении «Приседания со штангой на плечах»

ным контролем мощности выполнения с применением двух-мониторной системы. В первой серии спортсменка подбирала оптимальный темп выполнения приседаний. Визуализация биомеханических показателей на экране монитора позволяет спортсмену и тренеру осуществлять оперативный контроль за скоростно-силовыми проявлениями мышц нижних конечностей и выполнять упражнение с мощностью выше заданной (>1050 Вт, 2-5-серии). В пятой серии к исходному весу штанги было добавлено 5 кг. Скорость выполнения упражнений почти не изменилась (рис. 36) – увеличилась мощность (рис. 37). Следовательно, наблюдается срочный эффект прироста скоростно-силовой тренированности. На заданной скорости разгибания ног (около 1 м/с) спортсменка проявляет большую мощность.

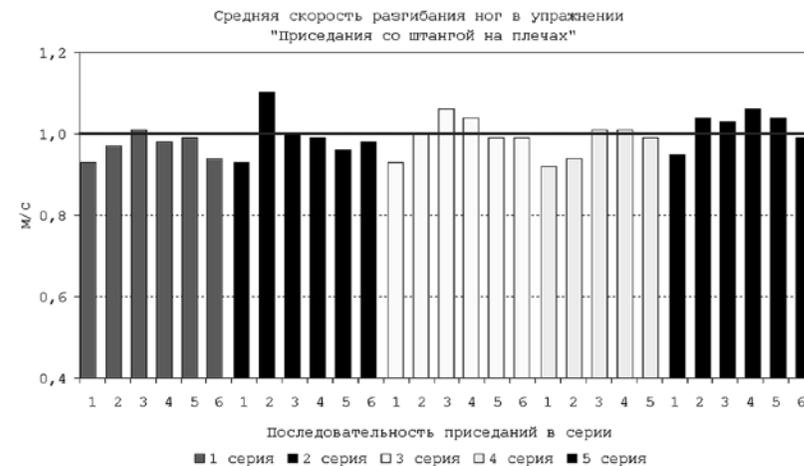


Рисунок 36. Пример осуществления визуальной БОС по параметру «Средняя скорость разгибания нижних конечностей в упражнении «Приседания со штангой на плечах»

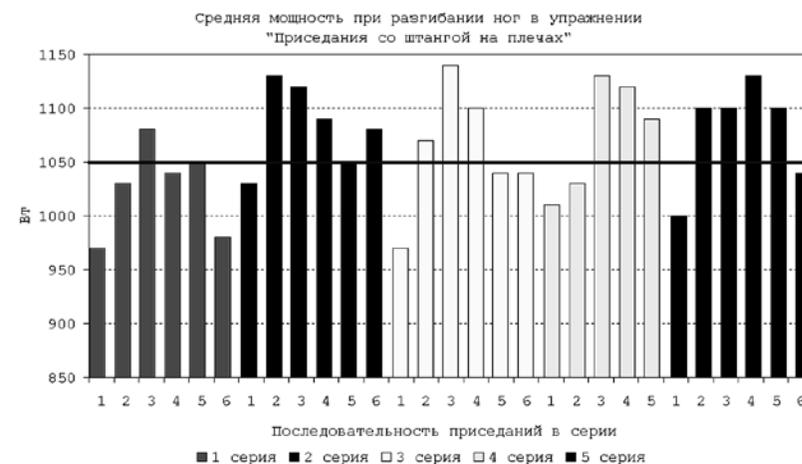


Рисунок 37. Пример осуществления визуальной БОС по параметру «Средняя мощность» разгибания нижних конечностей в упражнении «Приседания со штангой на плечах»

3.1. Методика специальной скоростно-силовой тренировки конькобежцев в сборной команде России

При построении тренировочного процесса необходимо, чтобы средства и методы, применяемые в скоростно-силовой подготовке, создавали среду функционирования двигательного аппарата человека не только подобную соревновательным условиям, но и моделировали будущие рекордные результаты. Для сборной России по конькобежному спорту предложили модель силовой тренировки, направленную на развитие мощности мышц-разгибателей нижних конечностей при условии кинематического подобия бегу на коньках со скоростью 14,5–15,5 м/с. Оптимальный вес штанги подбирали по результатам тестирования с помощью системы MuscleLab при средней скорости разгибания ног 1 м/с (рис. 30). Силовая тренировка состояла из 2 занятий в неделю с апреля по октябрь 2009г. Тренировочное упражнение – «Приседания со штангой на плечах». Каждое тренировочное занятие состояло из силовой гимнастики и двух серий приседаний со штангой (пять-шесть подходов по 6 приседаний). Отдых между подходами 2-3 минуты. Серию повторяли 2 раза с отдыхом 8-10 минут. Темп приседаний – 60 приседаний в минуту задавали метрономом. Амплитуду движений в суставах контролировали визуально – при сгибании ног продольная ось бедра должна быть параллельна полу. При разгибании – коленные суставы выпрямлены. В таблицах 12 и 13 приведены результаты тестирования сборной команды России по конькобежному спорту в подготовительном периоде 2009 года. Изменение скоростно-силовых проявлений мышц-разгибателей нижних конечностей в процессе тренировки оценивали относительно исходного уровня (апрель-июнь 2009). В июле наблюдали значительный прирост скоростно-силовых проявлений мышц как у мужчин так и у женщин. На скорости разгибания ног 1 м/с вес штанги увеличился по сравнению с исходным уровнем на 18 % у мужчин и 15% у женщин. Отметим, что у некоторых спортсменов прибавка составила более 20% к исходному уровню. В октябре (предсоревновательный

этап) несмотря на большой объемом специальной работы, выполняемой конькобежцами на льду в смешанной зоне «удерживается» уровень скоростно-силовых проявлений мышц, достигнутый в июле (+18% у мужчин и +15% у женщин). Чем можно объяснить значительную прибавку по мощности разгибания нижних конечностей? На рисунке 38 представлены усредненные профили (по 6 приседаниям) электрической активности наружной головки широкой мышцы бедра. Если выполнять приседания с весом отличным от оптимального (например, со 110 кг), то профиль электрической активности меняется: при переходе от уступающего режима в преодолевающий профиль ЭМГ наружной головки широкой мышцы при приседаниях со штангой весом 110 кг меньше на 0,2 мВ. При разгибании нижних конечностей такая же тенденция сохраняется.

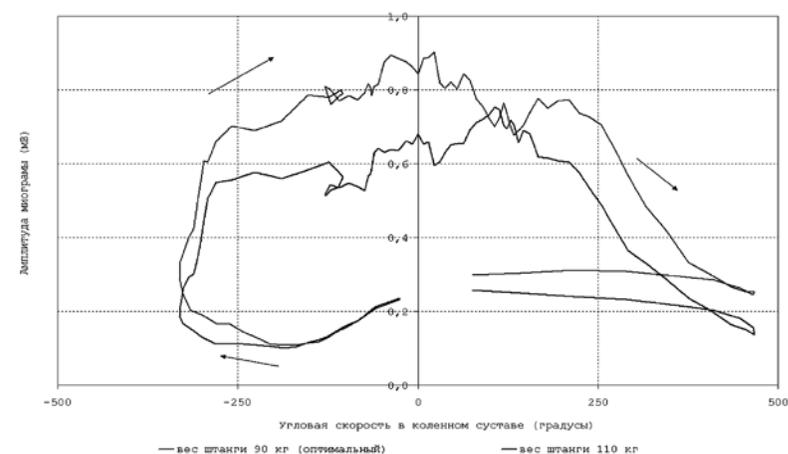


Рисунок 38. Электрическая активность наружной головки широкой мышцы бедра в упражнении «Приседание со штангой на плечах». Стрелками указано направление обхода соответствующей фазы приседаний: сгибание в коленных суставах, затем разгибание. Скорость, равная нулю, соответствует переходу от уступающего режима к преодолевающему

Снижение амплитуды миограммы при использовании «не оптимального» отягощения есть следствие торможения мотонейронов синергистов комплексами Гольджи. И наоборот, повышение электрической активности разгибателей коленного сустава при тренировке с оптимальным весом¹⁰, связано с установлением оптимального внутримышечного баланса между афферентным потоком от рецепторов мышц, стимулирующим увеличение эфферентного потока от мотонейронов широкой мышцы бедра и тормозящим влиянием на мотонейроны мышц-синергистов сухожильных рецепторов. Увеличенный эфферентный поток в уступающей фазе способствует синхронизации и рекрутированию дополнительных ДЕ в мышцах-разгибателях коленного сустава, что увеличивает силу разгибания нижних конечностей в преодолевающей фазе.

Для того, чтобы оценить сочетаемость нагрузок, направленных на одновременное развитие скоростно-силовых качеств и выносливости, на сборе в г. Инцель (Германия, июнь 2009 г.) были проведены биохимическое обследования. Биохимические показатели, измеренные на следующий день после силовой тренировки, находятся в рамках физиологически допустимых норм для тренирующихся высококвалифицированных спортсменов (таблица 14).

Для молодежной сборной России по конькобежному спорту предложили модель силовой тренировки, направленную на развитие мощности мышц-разгибателей нижних конечностей при условии кинематического подобия бегу на коньках со скоростью 14,5–15,5 м/с. Оптимальный вес штанги подбирали по результатам тестирования (сроки проведения тестирований представлены в таблице 15) с помощью системы MuscleLab при средней скорости разгибания ног 1 м/с. Силовая тренировка состояла из 2 занятий в неделю с июля по декабрь 2004 г. Тренировочное упражнение – «приседания со штангой на плечах»¹¹.

¹⁰ За оптимальный вес принят такой при котором средняя скорость разгибания ног равна 1 м/с.

¹¹ Схема тренировочного занятия приведена на стр. 71

Таблица 12. Динамика скоростно-силовых показателей в подготовительном сезоне 2009 года. Приседания со штангой в темпе 60 раз в минуту, средняя скорость разгибания нижних конечностей 1 м/с. Мужчины

Ф.И.	Вес штанги/мощность					
	Исходный уровень, тестирование в апреле 2009		Тестирование в июле 2009		Тестирование в октябре 2009	
	Кг/Вт	В % к исходному уровню	Кг/Вт	В % к исходному уровню	Кг/Вт	В % к исходному уровню
Ле-ев А.	104,1/27,5		100,7/26,0	-3,3/-5,5	121,2/28,9	+16,4/+5,1
Ло-ов Д.	77,7/21,4		97,5/23,6	+25,5/+10,2	90/22,3	+15,8/+4,2
Ск-ин Т.	78,8/23,0		98,5/25,7	+25,0/+11,7	93,9/24,7	+19,2/+7,4
Ча-ев С.	81,8/21,7		104,5/23,1	+27,8/+6,5	100,5/22,3	+22,8/+4,7 X
\bar{X}	85,6/23,4		100,3/24,6	+18,8/+5,7	101,5/24,6	+18,6/+5,4
δ	12,4/2,8		3,1/1,5	14,7/7,8	13,8/3,1	3,2/1,4
V(%)	14,5/12,1		3,1/5,9	78,7/139,1	13,6/12,6	17,2/26,4

3. Измерительные устройства с обратной биологической связью

Таблица 13. Динамика скоростно-силовых показателей в подготовительном сезоне 2009 года. Приседания со штангой в темпе 60 раз в минуту, средняя скорость разгибания нижних конечностей 1 м/с. Женщины

Ф.И.	Вес штанги/мощность					
	Исходный уровень, тестирование в апреле 2009		Тестирование в июле 2009		Тестирование в октябре 2009	
	Кг/Вт	Кг/Вт	Кг/Вт	Кг/Вт	Кг/Вт	В % к исходному уровню
Ло-ва К	39,0/17,2	49,7/19,0	49,7/19,0	45,3/18,0	45,3/18,0	+16,1/+4,6
Не-я Ю.	44,7/19,4	46,6/19,8	46,6/19,8	50,4/20,7	50,4/20,7	+12,8/+5,2
Ка-ан С.	52,5/19,7	49,4/19,4	49,4/19,4	54,7/20,4	54,7/20,4	+4,2/+3,6
Ско-ва Ю.	52,2/19,0	48,2/18,0	48,2/18,0	53,7/18,8	53,7/18,8	+2,8/-1,1
Ши-ва Е.	37,6/17,1	46,4/18,3	46,4/18,3	47,8/18,9	47,8/18,9	+27,1/+10,5
Ша-ова А.	48,6/19,5	9,6/19,0	9,6/19,0	61,9/21,3	61,9/21,3	+27,7/+9,2
Аб-ова Е.	42,8/17,2	44,1,6/17,5	44,1,6/17,5	46,2/17,8	46,2/17,8	+7,9/+3,4
Лих-ва Г.	46,1/18,7	45,8/18,8	45,8/18,8	57,2/21,1	57,2/21,1	+24,1/+12,8 X
\bar{X}	45,4/18,5	47,4/18,7	47,4/18,7	52,2/19,6	52,2/19,6	+15,3/+6,1
δ	5,6/1,1	2,1/0,8	2,1/0,8	5,8/1,4	5,8/1,4	10,1/4,5
V(%)	12,2/6,1	4,3/4,0	4,3/4,0	11,1/7,2	11,1/7,2	65,7/74,8

3. Измерительные устройства с обратной биологической связью

Таблица 14. Биохимические показатели (средние значения по команде)

Дата тестирования	Мочевина (ммоль/л)	КФК (МЕ/л)	Кортизол (нг/мл)	Тестостерон (нг/мл)	Тестостерон/Кортизол *100 (%)
Мужчины					
03.06.2009	5,50	185,20	512,40	23,54	4,7
07.06.2009	5,24	283,80	505,20	30,60	6,1
09.06.2009	5,73	356,00	569,50	22,90	4,2
11.06.2009	5,88	186,25	554,25	20,80	3,9
15.06.2009	5,34	187,60	535,80	26,22	5,0
\bar{X}	5,51	237,0	533,1	25,07	4,9
δ	1,25	110,7	87,1	5,12	1,20
Женщины					
03.06.2009	4,49	256,1	658,8	2,60	4,5
05.06.2009	4,40	469,3	737,7	2,23	3,9
07.06.2009	4,45	175,2	764,4	3,82	5,6
09.06.2009	4,04	206,2	694,4	3,79	5,8
11.06.2009	4,37	106,9	802,5	2,58	3,4
15.06.2009	4,48	181,9	569,8	2,51	4,8
\bar{X}	4,36	199,2	701,8	3,03	4,77
δ	0,67	211,3	239,6	1,06	2,21

Таблица 15. Сроки проведения тестирований на различных этапах подготовки

Название тестирования	Дата	Характеристика этапа подготовки
Тестирование_0 (исходный уровень)	15.07.04	Общеподготовительный
Тестирование_1	23.08.04	Общеподготовительный
Тестирование_2	10.10.04	Специально-подготовительный
Тестирование_3	16.12.04	Соревновательный
Тестирование_4	12.02.05	Соревновательный

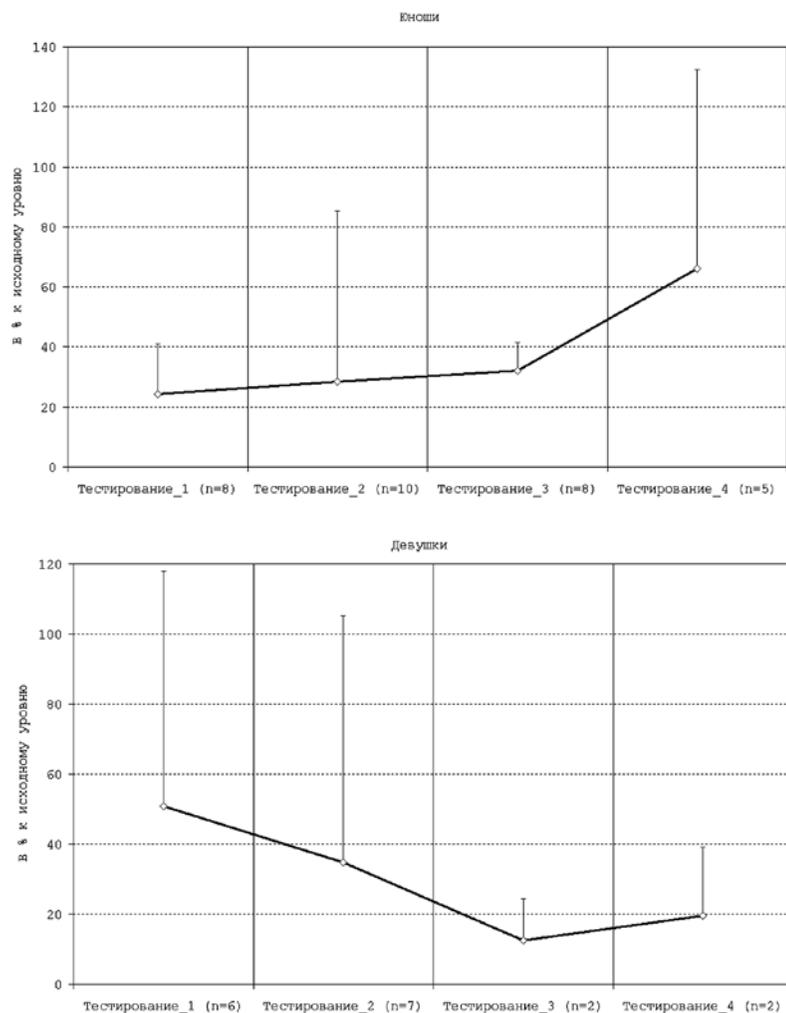


Рисунок 39. Динамика скоростно-силовых проявлений мышц-разгибателей нижних конечностей в молодежной команде России, n – число испытуемых

Изменение скоростно-силовых проявлений мышц-разгибателей нижних конечностей в процессе тренировки оценивали относительно исходного уровня (07.04), обозначенного в таблице 15 как «Тестирование 0». В августе («Тестирование 1», рис. 39) наблюдали значительный прирост силы при средней скорости разгибания нижних конечностей, равной 1 м/с. У юношей эта прибавка в среднем составила 24 %, у девушек – 51 %. Отметим, что у некоторых спортсменов расчетная величина внешнего отягощения возросла почти в 1,5 раза (отсюда высокое стандартное отклонение, рис. 50) При тестировании в октябре месяце («Тестирование 2», таблица 15) было зафиксировано некоторое снижение скоростно-силовых проявлений мышц нижних конечностей по сравнению с августом –3 % (мужчины) и –16 % (женщины). Снижение силы мышц-разгибателей нижних конечностей может быть связано с большим объемом специальной работы, выполняемой конькобежцами на льду в смешанной зоне. В соревновательном этапе в период ответственных стартов (Тестирование 4») наблюдали значительный прирост скоростно-силовых проявлений мышц-разгибателей нижних конечностей. У женщин по сравнению с началом соревновательного этапа («Тестирование 3») с 12 до 19%, у мужчин с 32 до 66 % . Резюме. Применение скоростно-силовой тренировки с элементами обратной биологической связи создает условия для целенаправленного развития скоростно-силовых проявлений мышц нижних конечностей в избранном виде спорта. Тренировка осуществляется без использования травмоопасных отягощений, при этом прирост силы мышц наблюдали у всех исследованных спортсменов.

Силовая тренировка сочетается с другими видами тренировочных нагрузок и ее влияние на метаболические сдвиги не превышает адаптационных возможностей организма спортсменов.

4. ВЛИЯНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАЗЕМНЫХ ЛОКОМОЦИЙ

Техника мастеров высокого класса характеризуется высоким уровнем экономичности, т.е. на единицу пути (скорости) мастер тратит меньше механической и метаболической энергии, чем спортсмен-разрядник. Наряду с приложением значительных мышечных усилий высококвалифицированный спортсмен пытается экономить мышечные силы, заменяя их (по возможности) другими силами: инерции, силами сопротивления среды и пассивными мышечными силами. Пассивные мышечные силы – это силы последовательной (сухожильной) упругости, не требующие метаболической энергии (например, кислорода) и являющиеся такими же движителями как сократительные компоненты мышц. Возможность сухожилий «усиливать» работу мышц можно продемонстрировать на примере прыжка вверх с места: без подседа высота прыжка ниже, на 5-9%, чем при предварительном подседе, рисунок 14. При подседе, в фазе уступающей работы, эластичные компоненты мышц «запасают» потенциальную энергию деформации, которая в фазе отталкивания, придает дополнительную скорость общему центру масс. Наибольшим запасом эластической энергии «обладают» мышцы прыгунов на лыжах с трамплина, конькобежцы идут на втором месте (рис. 14). Реакции опоры, электрическая активность мышц, разгибателей коленного сустава, при прыжках вверх с подседом представлена на рисунке 40. В уступающей фазе прыжка (подсед) включаются следующие физиологические механизмы:

1. Растяжение напряженных мышечно-сухожильных комплексов, приводит к рекрутированию медленных двигательных единиц (ДЕ), что способствует вовлечению в преодолевающей фазе прыжка сил, развиваемых медленными ДЕ;
2. В уступающей фазе растяжение апоневрозов, сухожилий, суставных сумок и связок в суставах приводит к накопле-

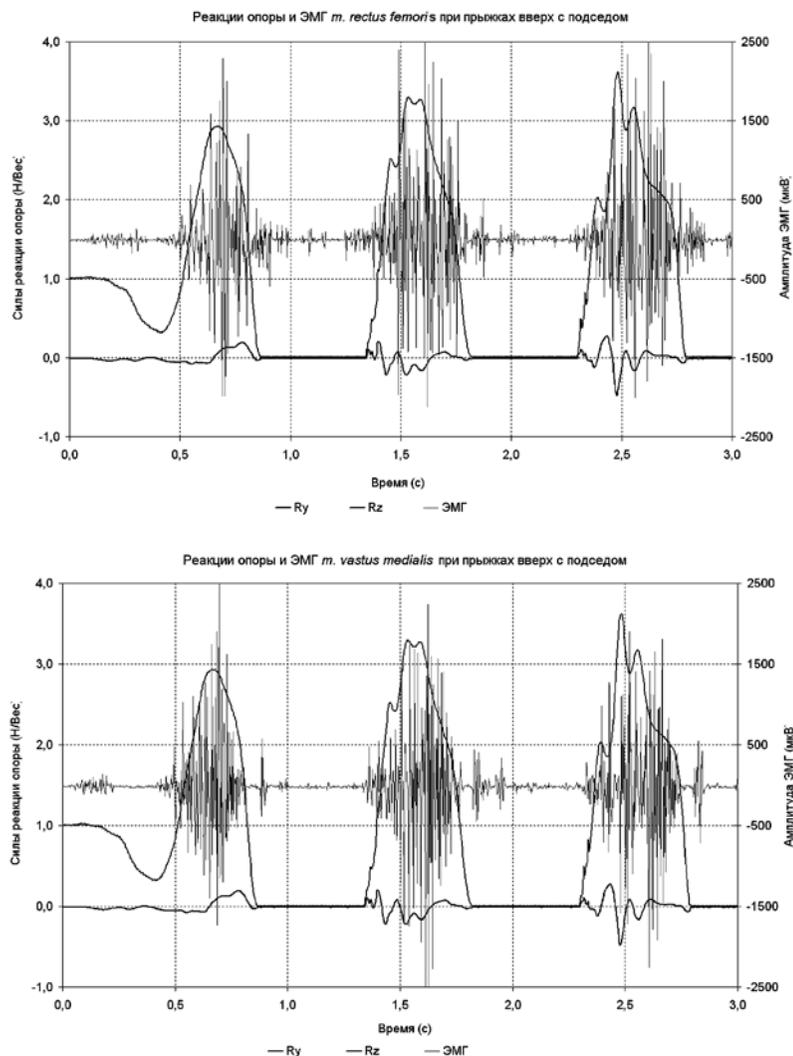


Рисунок 40. Реакции опоры и ЭМГ мышц разгибателей коленного сустава при прыжке вверх с подседом. R_y – горизонтальная продольная составляющая реакции опоры; R_z – вертикальная составляющая реакции опоры

нию энергии упругой деформации в эластических структурах двигательного аппарата нижних конечностей, что приводит к появлению дополнительных сил в преодолевающей фазе прыжка (отталкивание);

3. Сухожилия мышц обладают большей жесткостью по сравнению с мышечными волокнами, поэтому в преодолевающей фазе прыжка сокращение сухожилий снижает скорость сокращения волокон, что способствует проявлению большей мышечной силы, так как, чем меньше скорость сокращения волокон, тем выше сила, развиваемая ими (зависимость сила-скорость);
4. Исчезает гофрированность последовательных упругих элементов мышцы;
5. При растягивании активной мышцы за счет рефлекторных механизмов (стреч-рефлекс) и особенностей функционирования актиномиозиновых комплексов повышается жесткость мышцы;
6. Разгибатели тазобедренного, коленного и голеностопного суставов начинают развивать усилия при углах, в которых проявляются наибольшие изометрические усилия.

В преодолевающей фазе прыжка:

1. Сухожилия, укорачиваясь одним концом, приводят в движения костные рычаги, другим концом растягивают мышечные волокна. Скорость мышечных волокон становится ниже скорости мышечно-сухожильного комплекса (скорость между точками крепления мышц к скелету, рис. 41). «Перевод» в низкоскоростной режим сокращения мышечных волокон способствует увеличению силы тяги мышц и мощности сокращения;
2. Сокращение эластических структур мышцы не требует метаболической энергии, тем самым повышается механическая эффективность движений.

На рисунке 42 представлена схема, иллюстрирующая влияние жесткости сухожилий на механическую эффективность локомоций. С начала сокращения усилие от мышечного брюшка через

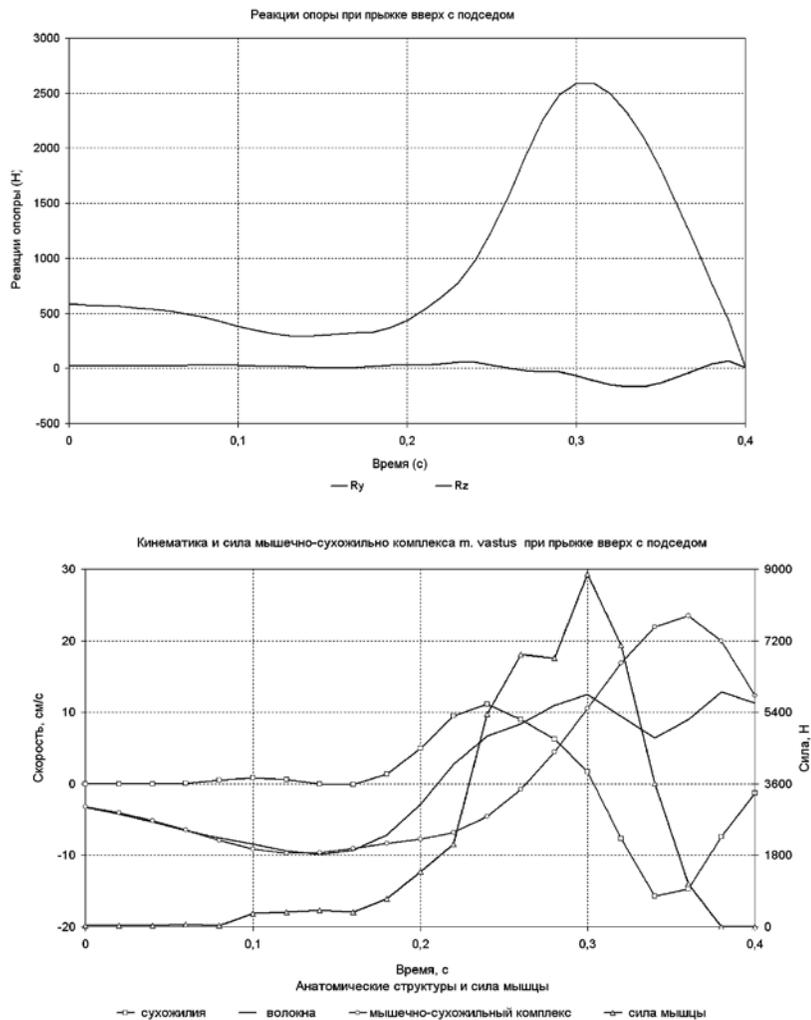


Рисунок 41. Вертикальная составляющая, реакции опоры при прыжке вверх с подседом, кинематика и сила мышечно-сухожильного комплекса широкой мышцы бедра при прыжке вверх

жесткое сухожилие сразу передается на костные рычаги, условно обозначенные на рисунке 42 (верхний) как «груз». При низкой жесткости сухожилия, требуется определенное время (например, до 26 % от времени сокращения) на удлинение сухожилия и придания ему необходимой жесткости, вследствие чего импульс силы отталкивания снижается (синий профиль на нижнем рисунке 42). При высокой жесткости передача усилий идет по профилю красного цвета (нижний рисунок рис. 42). Важно умение использовать упругие структуры двигательного аппарата нижних конечностей в циклических локомоциях. В каждом шаге включение в работу эластических компонентов мышц повышает экономичность техники и тем самым положительно влияет на спортивный результат. Приведем еще один пример влияния эластических свойств мышц на эффективность наземных локомоций на примере ходьбы. Завершающая фаза заднего толчка осуществляется при электрическом «молчании» мышц задней поверхности голени (рис. 43), что существенно снижает миоэлектрическую стоимость локомоций, а, значит, повышает их эффективность. Эксперименты по исследованию экономичности техники в циклических локомоциях организованы следующим образом:

Оценка метаболических энергозатрат. На спортсмена надевают маску и мешок для забора выдыхаемого воздуха. Скорость прохождения дистанции подбирается такая, чтобы упражнение выполнялось преимущественно в аэробном режиме. Спортсмен движется с определенной скоростью 3-4 минуты, чтобы выйти на устойчивое состояние. В конце контрольного отрезка происходит забор выдыхаемого воздуха в мешок (в течение 30-60 с). Количество потребленного кислорода через калорический коэффициент пересчитывается в механическую работу (оценивается в Дж) или мощность (измеряется в Вт). Обозначим метаболическую мощность как W^{MET} .

Механические энергозатраты на преодоление сопротивления внешней среды определяются через мощность, направленную на преодоление сил сопротивления воздуха:

$$F^{AЭP} = 0,5 \times S \times C_x \times \rho \times 2V,$$

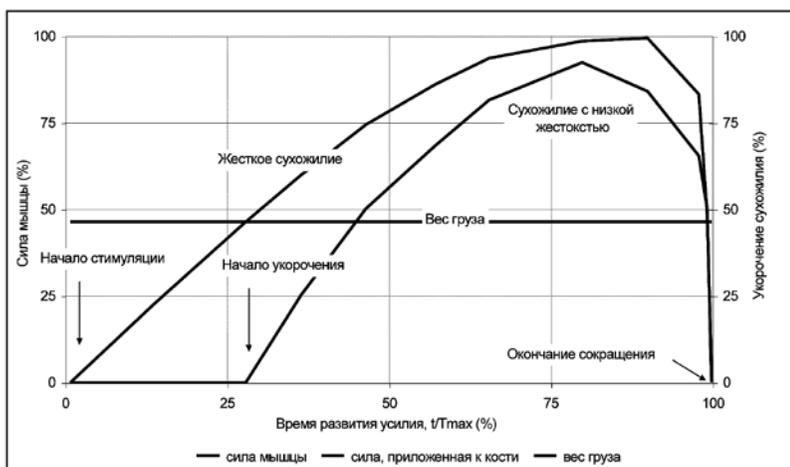
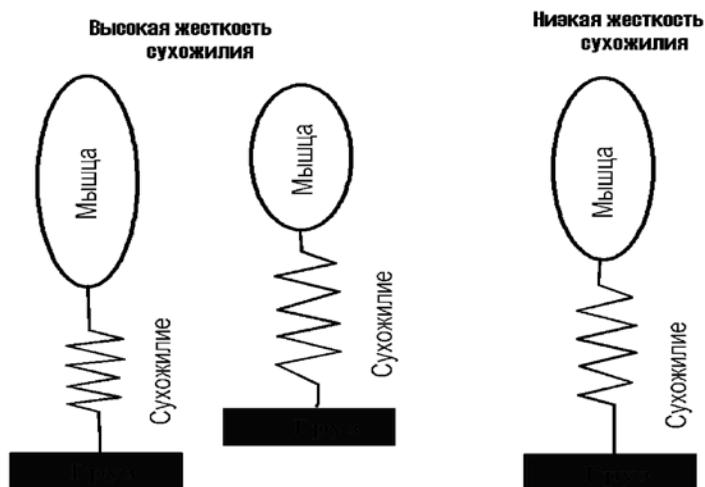


Рисунок 42. Схема, иллюстрирующая влияние жесткости сухожилий на мощность отталкивания при локомоциях человека. Верхний рисунок – механическая модель мышцы. Нижний рисунок – профили силы, передаваемые сухожилием на груз

где S – площадь поперечного сечения тела (m^2) для конькобежцев $S \approx 0,34 m^2$; C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления (обтекаемости) для конькобежцев находится в диапазоне 0,7-0,9; ρ – плотность воздуха $1,239 kg/m^3$ на уровне моря при давлении 760 мм; V – скорость бега (м/с).

Механические энергозатраты, рассчитанные по величине реакции опоры. Зарегистрировав с помощью силовой платформы реакции опоры, например поперечную составляющую отталкивания, можно рассчитать импульс силы, изменение которого эквивалентно механической работе. Экономичность техники (K) можно оценить по безразмерному коэффициенту, например:

$$K = W^{MET} / (F^{AEP} \times V).$$

Механическая эффективность наземных локомоций, включая бег на коньках, представлена в таблице 16. Механическая эффективность ходьбы и бега почти в два раза выше езды на вело-сипеде и бега на коньках. Биомеханической причиной таких различий, по-видимому, является отсутствие уступающей работы (растяжение напряженной мышцы) в локомоторном цикле при езде на велосипеде и беге на коньках. Вследствие чего вся работа на преодоление сил сопротивления воздуха совершается за счет метаболической энергии.

Таблица 16. Механическая эффективность наземных локомоций

Показатели	Ходьба	Бег	Велосипедный спорт	Бег на коньках
Вес (кг)	80,5	65,0	72,9	81,0
Рост (см)	181	179	182	179
Площадь сопротивления тела (S, m^2)	0,63	0,48	0,42	0,34
Коэффициент обтекаемости (C_x)	1,08	1,12	0,79	0,76-0,99
Механическая эффективность	0,44	0,69	0,25	0,11

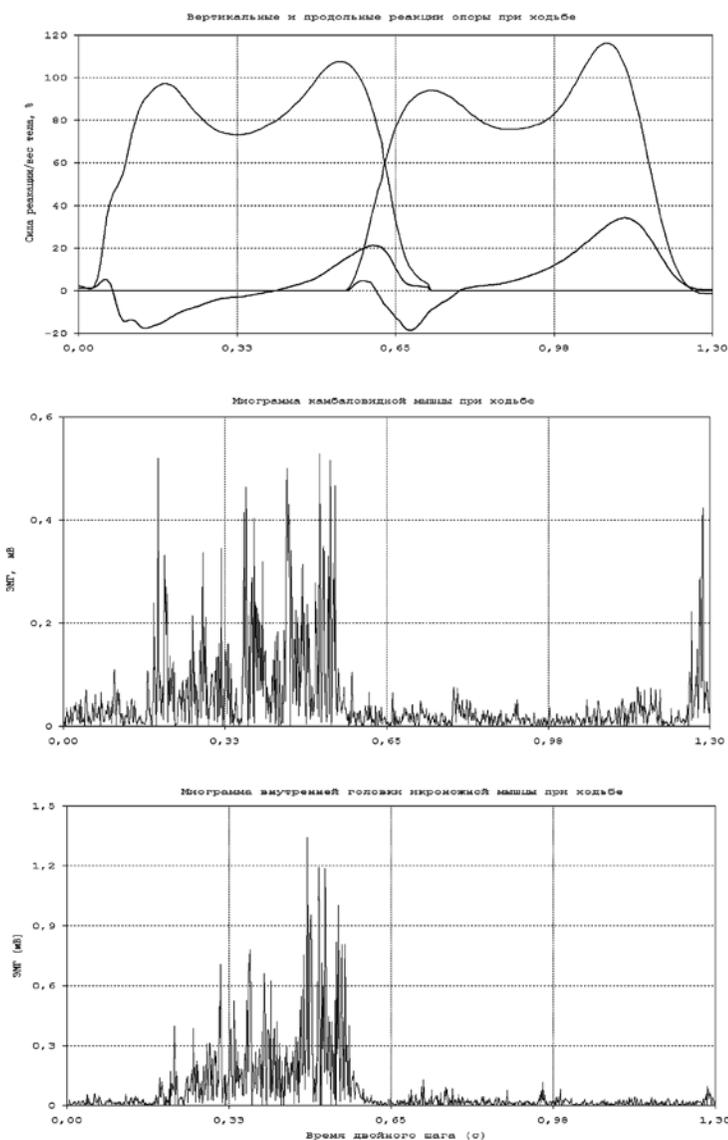


Рисунок 43. Реакции опоры при ходьбе и электрическая активность мышц голени (ЭМГ выпрямлена), темп ходьбы 120 шагов/мин

4.1. Влияние упругих свойств мышц нижних конечностей на механическую эффективность бега на коньках

Влияние упругих сил на эффективность имитации. С целью проверки гипотезы о влиянии упругих сил мышц на механическую эффективность бега на коньках провели следующий эксперимент: конькобежцы выполняли имитацию бега на коньках на тренажере «графитовая доска» двумя способами: с «подседом» в коленном суставе и без «подседа»¹².

В тех попытках, где спортсмен специально выполнял «подсед» амплитуда сгибания в коленном суставе составила 280, когда не акцентировалось внимание на «подседе» амплитуда сгибания в коленном суставе была 140. Если предположить, что четырехглавая мышца опорной ноги при подседе может вести себя как упругий элемент и накапливать энергию упругой деформации, то следует ожидать, что последующее разгибание ноги в коленном суставе, вызывающее ускоренное движение ОЦМ, будет связано не только с метаболическими энергозатратами, но и упругими силами. Следовательно, механическая эффективность упражнения должна повышаться. В таблице 54 представлены результаты. Коэффициент эффективности (К) при имитации с «подседом» в коленном суставе 280 составил 28,4%. С меньшей амплитудой «подседа» в 140 К=20%. Следовательно, увеличение амплитуды сгибания толчковой ноги в коленном суставе на 140 повышает механическую эффективность имитации на 8,4%.

Влияние упругих сил на эффективность бега на коньках. Проанализировали кинематические характеристики (углы и угловые скорости) в суставах толчковой ноги чемпиона мира Ютд. и сильнейшего российского стайера Дет. (дистанция 5000 м, Чем-

¹² Угол в суставе измеряли методом гониометрии. Реакцию опоры регистрировали с помощью силовой платформы. Рассчитывали механическую работу по перемещению ОЦМ

пионат Мира, Берлин 2003 г., рис. 44-49). Цифрами на графиках обозначены положения на кинетограммах (рис. 47-49). Какими отличительными чертами обладает техника бега Ютд:

1. В тазобедренном суставе в конце двухопорного отталкивания значительное разгибание сустава (больше чем у Дет. на 15^0) (рис. 44 и рис. 49);
2. В коленном суставе – в начале одноопорного отталкивания угол в коленном суставе у Ютд. на 10^0 больше чем у Дет. (рис. 45 и рис. 47). Амплитуда подседа у Ютд. на 10^0 больше чем у Дет., и ее \approx величина составляет 20^0 .
3. В голеностопном суставе – в начале одноопорного отталкивания у Ютд. угол больше на $5-7^0$ чем у Дет. В период одноопорного отталкивания чемпион мира сильно сгибает опорно-толчковую ногу в голеностопном суставе до угла 70^0 (рис. 46 и рис. 47)¹³. Сильное сгибание опорной ноги в голеностопном суставе имеет двойной положительный эффект: во-первых придается ускорение *ОЦМ* тела вперед; во-вторых используются упругие свойства мышц–разгибателей коленного сустава, т.е. использует энергия упругой деформации, накопленная в фазе подседа.

Почему «энергосберегающие» движения не наблюдаются у А. Дет.? Во-первых, низкая посадка, высота которой определяется, в большей мере, углом в коленном суставе (рис. 45 и 47). При такой низкой посадке у А. Дет. трудно сделать «подсед» и задействовать упругие свойства мышц в фазе разгибания толчковой ноги. Во-вторых, низкий уровень подвижности в голеностопном суставе, не позволяющий спортсмену выполнить быстрое сгибание голени. В-третьих, низкие скоростно-силовые характеристики прямой большеберцовой мышцы (основной сгибатель голеностопного сустава).

¹³ Такие различия объясняются особенностями техники бега, а не искажениями суставных углов, связанными с панорамирующей видеосъемкой

Таблица 17. Коэффициенты эффективности при разных вариантах имитации на тренажере «графитовая доска»

Испытуемые	Тип движения	Расстояние между упорами (м)	Угол в коленном суставе (градусы)		Коэффициент эффективности (К, %)
			Начальный	Конечный	
1	СП	2,0	126	104	31,8
	БП	2,0	145	124	22,6
	СП	2,2	137	106	28,5
	БП	2,2	146	122	22,7
2	СП	2,0	143	112	27,7
	БП	2,0	144	131	17,7
	СП	2,2	144	118	35,0
	БП	2,2	144	127	28,0
3	СП	1,8	153	127	26,9
	БП	1,8	158	149	15,7
	СП	2,2	151	130	15,8
	БП	2,2	155	145	14,0
4	СП	2,0	148	110	39,0
	БП	2,0	131	114	24,0
	СП	2,2	142	109	22,9
	БП	2,2	132	125	15,0

Примечание: СП – упражнение выполняется с акцентированным «подседом»; БП – упражнение выполняется без акцентированного «подседа»

4. Влияние упругих свойств мышц нижних конечностей человека



Рисунок 44. Кинематические характеристики в тазобедренном суставе толчковой ноги при беге на 5000 м (ЧМ, Берлин, 2003 г.)

4. Влияние упругих свойств мышц нижних конечностей человека

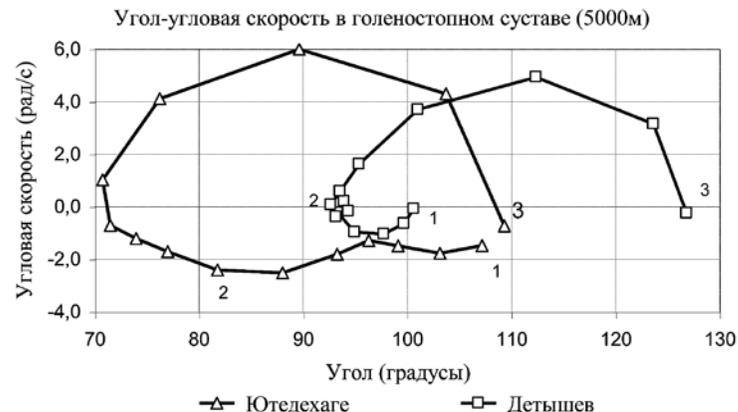


Рисунок 46. Кинематические характеристики в голеностопном суставе толчковой ноги при беге на 5000 м (ЧМ, Берлин, 2003 г.)



Рисунок 45. Кинематические характеристики в коленном суставе толчковой ноги при беге на 5000 м (ЧМ, Берлин, 2003 г.)

5. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ МЫШЦ КОНЬКОБЕЖЦЕВ

Тенденция развития методики тренировки в конькобежном спорте, как и в большинстве других видов спорта, характеризуется значительным увеличением веса специальной подготовки в общем объеме выполняемых тренировочных нагрузок. Увеличение объема специальных упражнений преследует основную цель – лучше адаптировать организм спортсмена к специфическим условиям мышечной деятельности и на этой основе повысить его специальную работоспособность. По физиологической направленности о специально-подготовительные упражнения конькобежцев можно разделить на :

1. Упражнения, направленные на снижение метаболической стоимости посадки;
2. Упражнения, направленные на повышение специальной работоспособности конькобежцев;
3. Упражнения, связанные с развитием упругих свойств мышц-разгибателей нижних конечностей.

Первая группа упражнений невысокой интенсивности направлена на снижение энергозатрат, связанных с удержанием специфической позы конькобежца.



Рисунок 47. Начало одноопорного отталкивания (точка 2 на графиках).
Слева И. Ютд., справа А.Дет.

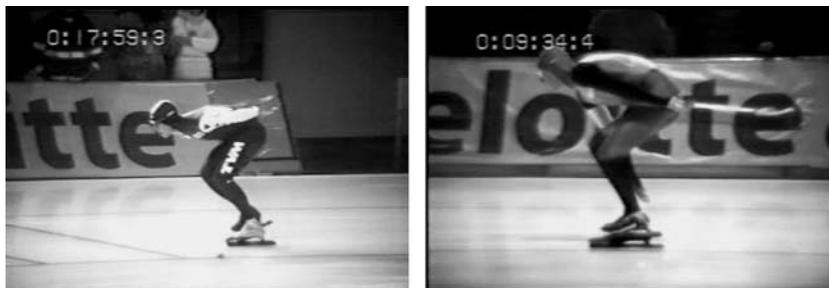


Рисунок 48. Начало двухопорного отталкивания (точка 2 на графиках). Слева И. Ютд., справа А.Дет.



Рисунок 49. Завершение двухопорного отталкивания (точка 3 на графиках). Слева И. Ютд., справа А.Дет.

По экспериментальным данным метаболические энергозатраты, связанные с удержанием специфической позы составляют 21 ± 5 мл/кг×мин, что при весе 80 кг составит 1,5 литра V_{O_2} в минуту. Снижение, энергозатраты посадки, за счет применения специальных упражнений невысокой интенсивности, например, «пригибной ходьбы», может обеспечить конькобежцу дополнительно 200–300 мл V_{O_2} в минуту, которые могут использоваться не на «удержание позы», а на повышение скорости бега.

Вторая группа специальных упражнений направлена на уменьшение разницы между МПК и потреблением кислорода в посадке конькобежца, т.е. эта группа упражнений направлена на развитие

способности конькобежцев к максимальному проявлению своих аэробных возможностей в посадке. Наклоненное вперед положение туловища, затрудняющее дыхание и сердечно-сосудистую деятельность, статическая нагрузка на мышцы спины живота и ног, небольшое количество мышц, используемых при отталкивании, приводит к тому что МПК, зарегистрированное при беге на коньках в среднем на 10–15% меньше, чем при легкоатлетическом беге. Использование различных упражнений высокой интенсивности, типа «прыжковой имитации», способствует уменьшению разницы в потреблении кислорода, зарегистрированном при тестировании на МПК и соревновательных условиях.

Можно предположить, что у элитарных спортсменов (квалификация МСМК–ЗМС) применение первого и второго видов специальных упражнений не приведет к росту результатов, так как резервы, связанные со снижением энергозатраты посадки и способностью реализовать свои аэробные возможности в специфических условиях бега на коньках, у высококвалифицированных спортсменов практически исчерпаны. Остается один путь совершенствования — это научиться использовать упруго-вязкие свойства мышц при беге на коньках. Олимпийский чемпион на 5000 и 10000 м в Солт-Лейк Сити, многократный чемпион мира на длинных дистанциях И. Ютд. (Голландия), в отличие от других спортсменов, выполняет технический прием «подсед» перед отталкиванием (рис. 45 и 46). Использование упруговязких свойств мышц нижних конечностей повышает механическую эффективность бега. Спортсмен, обладающий высокими функциональными возможностями (например, российский скороход А.Дет.¹⁴), но не выполняющий этот элемент техники, проигрывают И. Ютд. около секунды на каждом круге. Эффективными упражнениями для тренировки упругих свойств мышц является плиометрические упражнения, т.е.т такие упражнения при выполнении которых уступающий режим работы сменяется

¹⁴ По данным велоэргометрического тестирования МПК у А.Дет. около 6 л/мин

преодолевающим. К таким упражнениям относятся различные прыжковые упражнения: многоскоки, прыжки в глубину. Эти упражнения являются общеподготовительным, т.е. их кинематические параметры существенно отличаются от бега на коньках. Поставили задачу подобрать специально-подготовительное упражнение, направленное на развитие упругих свойств мышц. Для этого в упражнении должен присутствовать плиометрический режим и мощность отталкивания соответствовать бегу на коньках со скоростью 14,5 м/с. В специально-подготовительном упражнении «прыжковая имитация» присутствует плиометрический режим (особенно в коленном суставе), и соблюдается по структуре движения кинематическое подобие бегу на коньках. Варьируя амплитудой поперечных смещений можно контролировать силу и скорость отталкивания.

С помощью математической модели рассчитали амплитуду отталкивания при которой наблюдается наибольшее соответствие бегу на коньках со скоростью 14,5 м/с.

Модель отталкивания. Модель отталкивания в одноопорном положении представлена на рисунке 50. Ввели следующие обозначения: θ – угол в коленном суставе, L_B – биомеханическая длина бедра; L_G – биомеханическая длина голени; β – угол между линией отталкивания в силе тяжести; h – высота посадки. Приняли, что конькобежец отталкивается на коньках таким образом, что центр тяжести движется горизонтально.

Тогда скорость разгибания толчковой ноги \dot{L} (по линии отталкивания³³) равна:

$$\dot{L} = \frac{\dot{\theta} * L_B * L_G * \sin(\theta)}{\sqrt{L_B^2 + L_G^2 - 2L_B * L_G * \cos(\theta)}} \quad (1)$$

где $\dot{\theta}$ – угловая скорость разгибания в коленном суставе. Сила отталкивания R (реакция опоры) равна:

$$R = M * (1 - 0,15) * g / \cos(\beta),$$

где M – масса тела в кг. Угол β – угол между линией отталкивания и силой тяжести по мере разгибания толчковой ноги в коленном суставе меняется:

$$\beta = \arccos(h/L)$$

коэффициент 0,15 – вес толчковой ноги в % от массы тела. Мощность отталкивания (W) вдоль линии отталкивания на килограмм веса спортсмена равна:

$$W = \frac{(1 - 0,15) * \dot{\theta} * L_B * L_G * \sin(\theta) * 9,81}{\sqrt{L_B^2 + L_G^2 - 2L_B * L_G * \cos(\theta) * \cos(\beta)}} \quad (2)$$

На рисунках 51 и 52 представлены кинематические и динамические зависимости, полученные по модели. При увеличении коридора имитации до 2 м наблюдается подобие по кинематическим и динамическим параметрам имитации и бегу на коньках. На ширину коридора влияет длина ноги

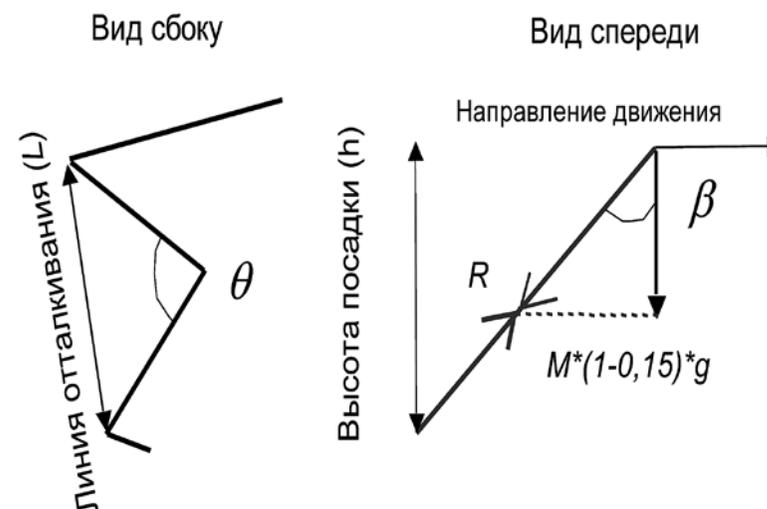


Рисунок 50. Модель отталкивания конькобежцев в одноопорном положении. Обозначения в тексте

³³ Линия отталкивания условная линия, соединяющая тазобедренный и коленный суставы толчковой ноги

5. Применение методов обратной связи для развития упругих свойств мышц

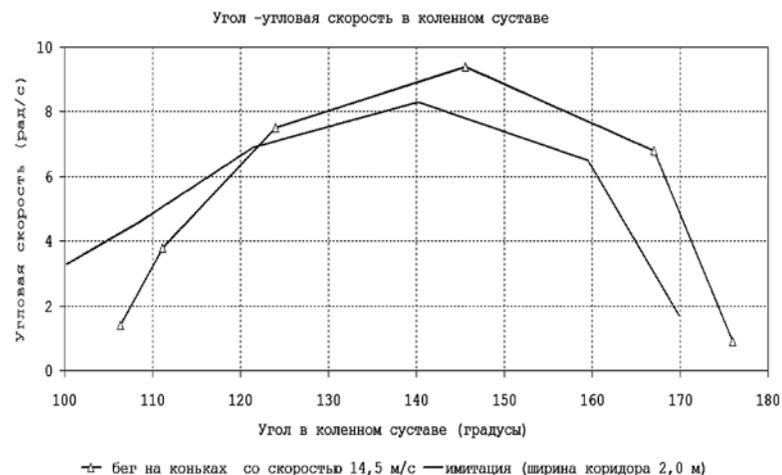


Рисунок 51. Линейная скорость-угол в коленном суставе при беге на коньках (первый круг дистанция 1500 м) и имитации (среднее значение, многоборцы $n=6$). Средние значения получены по результатам видеосъемки на Кубке мира в г. Берлин 2003 г

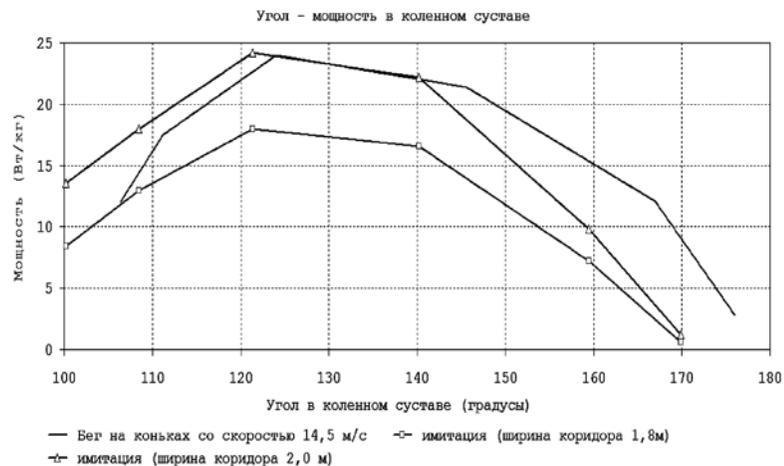


Рисунок 52. Мощность-угол в коленном суставе на дистанции 1500 м (многоборцы, многоборцы $n=6$)

5. Применение методов обратной связи для развития упругих свойств мышц

В таблице 18 представлена ширина коридора прыжковой имитации в зависимости от длины ноги. Наилучшее соответствие по показателю «мощность в коленном суставе» при беге на коньках и при выполнении имитационного упражнения «прыжковая имитация» наблюдали при ширине коридора, равной длине ноги, умноженной на коэффициент 2,1.

Управляя длиной коридора прыжковой имитации, можно регулировать мощность отталкивания и тренировать упругие свойства мышц в режиме, приближенном к соревновательному. В системе *MuscleLab* предусмотрена возможность параллельного включения нескольких ИФ-матов.

Таблица 18. Ширина коридора в зависимости от длины ноги

Длина ноги (м)	Длина прыжка (м)
0,80	1,7
0,85	1,8
0,90	1,9
0,95	2,0
1,00	2,1
1,05	2,2
1,10	2,3

Примечание: длина ноги отсчитывается от передней подвздошной ости до пола

Расстояние между излучателем и приемником инфракрасного излучения может быть до 15 м. Ширина коридора подбирается по коэффициентам таблицы 18. Для осуществления обратной связи ИФ-маты выставляются, так как показано на рисунке 53. Если при выполнении упражнения сила отталкивания падает и стопа опорной ноги на попадает в выбранный коридор, то раздается звуковой сигнал. При получении звуковой информации о снижении силы отталкивания спортсмен вынужден прикладывать

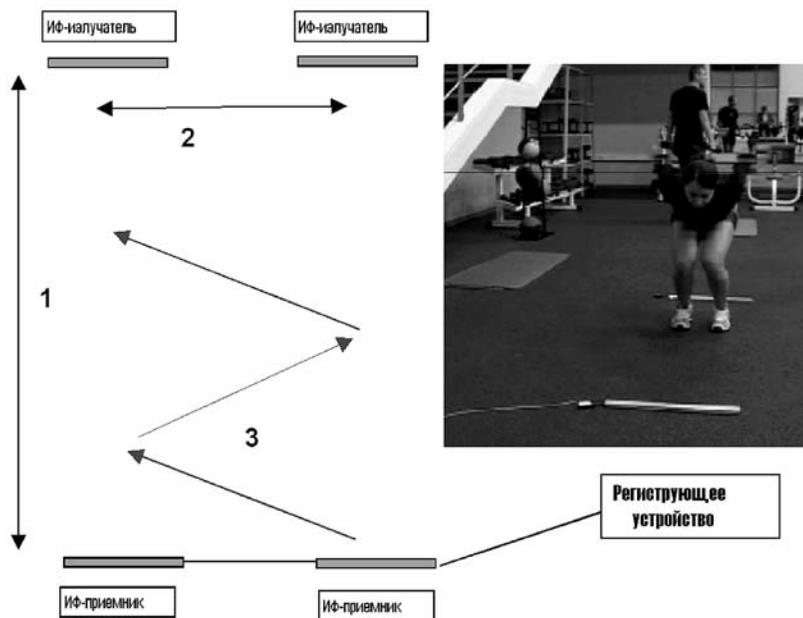


Рисунок 53. Схема расположения ИФ-матов при осуществлении обратной связи при тренировке упругих свойств мышц. 1 – расстояние между ИФ-излучателем и ИФ-приемником; 2 – ширина коридора прыжковой имитации; 3 – направление движения

большие усилия. Записывая кинематические показания в базу данных, можно отслеживать изменения упругих свойств нижних конечностей. Чем выше упругие свойства нижних конечностей, тем меньше период контакта с опорой и больше спортсмен выполняет имитацию в заданных границах коридора.

**МЕТОДИКА СОПРЯЖЕННОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНИКИ СТАРТА И РАЗВИТИЯ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ
КАЧЕСТВ КОНЬКОБЕЖЦЕВ**

Учебно-методическое пособие

Подписано в печать 15.12.2010. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Гарнитура NewtonС. Печать офсетная.
Усл.п.л. 6,5. Тираж 200. Заказ

ООО «ТВТ Дивизион»
e-mail: sportbooks@mail.ru

Отпечатано в ООО «Типография «САРМА».
г. Подольск, ул. Правды, д.30