

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт физической культуры, спорта и туризма  
Кафедра теоретических основ и менеджмента физической культуры и  
туризма

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Н.В. Соболева

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023г.

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

### ПЛИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ

49.04.01 Физическая культура и спорт  
49.04.01.04 Спорт высших достижений в избранном виде спорта

Научный руководитель \_\_\_\_\_ к. п. н. доцент А.И. Чикуров

Выпускник \_\_\_\_\_ В.Ю. Куимов

Рецензент \_\_\_\_\_ к. п. н. доцент Ю.А. Тимошенко

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ М.В. Думчева

Красноярск 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Теоретические основы плиометрики .....	10
1.1 Понятие плиометрики и ее особенности в спортивной подготовке ...	10
1.2 Механизм цикла растяжения-сокращения в лыжных гонках .....	17
1.3 Анатомо-физиологические особенности цикла растяжения-сокращения (ЦРС) мышцы.....	25
1.4 Концепция проявления скоростных свойств цикла растяжения- сокращения .....	33
1.5 Индекс реактивной силы (ИРС) .....	41
2 Организация и методы исследования.....	48
2.1 Организация исследования.....	48
2.2 Методы исследования .....	50
3 Обоснование спортивного результата на основе плиометрических показателей тестирования квалифицированных лыжников-гонщиков ....	52
3.1 Результаты тестирования плиометрических показателей квалифицированных лыжников-гонщиков (показатели ЦРС при измерении времени контакта с поверхностью снега) .....	54
3.2 Результаты тестирования индекса реактивной силы у квалифицированных лыжников-гонщиков .....	56
3.3 Влияние плиометрического показателя (ИРС) на результат квалифицированных лыжников-гонщиков при передвижении классическим стилем (кроссовый вариант) .....	59
Заключение .....	62
Список использованных источников .....	64

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Плиометрические показатели квалифицированных лыжников-гонщиков» выполнена на 75 страницах, содержит 9 рисунков, 7 таблиц, 99 использованных источников.

ПЛИОМЕТРИКА, ПЛИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ИНДЕКС РЕАКТИВНОЙ СИЛЫ, ЛЫЖНЫЕ ГОНКИ, ЦИКЛ РАСТЯЖЕНИЕ-СОКРАЩЕНИЕ, ФИЗИЧЕСКАЯ, СКОРОСТНО-СИЛОВАЯ ПОДГОТОВКА.

Объект исследования: физическая подготовка квалифицированных лыжников-гонщиков.

Предмет исследования: показатели трансформации эксцентрической в концентрическую фазу сокращения у квалифицированных лыжников-гонщиков.

Цель исследования: оценка плиометрических показателей квалифицированных лыжников-гонщиков.

В результате тестирования показатели времени контакта с поверхностью снега у спортсменов составили менее 0.250 секунд. Время контакта  $\leq 0.250$  (сек.) классифицируется как быстрый ЦРС (цикл растяжение-сокращение). Установлена взаимосвязь результата в тесте попеременным классическим стилем (кроссовый вариант) с показателями индекса реактивной силы лыжников-гонщиков. Выяснилось, что показатель расчетного значения корреляции между плиометрическим показателем(ИРС) и результатами теста лыжников-гонщиков равен  $(r_s) = - 0,829$ . Это подтверждает наличие сильной связи между плиометрическим показателем(ИРС) лыжников-гонщиков и результатами теста классическим стилем (кроссовый вариант) и положительного влияния на спортивный результат в спринтерских дисциплинах лыжников-гонщиков. На основе полученного расчетного значения можно сказать, что сильная взаимосвязь формирует высокий потенциал в развитии программы тренировок, связанной с улучшением плиометрических способностей квалифицированных лыжников-гонщиков.

## ВВЕДЕНИЕ

В современных лыжных гонках большое обилие внешних и внутренних факторов, предполагающих использование объемного количества специфических средств, востребованных при многогранном и комплексном подходе тренировочной деятельности. Из общего количества факторов, с учётом специфики лыжного спорта, можно выделить наиболее значимые по воздействию, изменению, контролю и, что самое главное, объективному управлению и коррекции. К ним можно отнести следующие: из числа внешних: условия скольжения, состояние лыжни, рельеф и микрорельеф лыжни, скорость (интенсивность) передвижения; из числа внутренних: наступающее утомление. Естественно, их значительно больше, но именно на эти факторы, как наиболее влиятельные, указывают многие исследователи и практики[9; 12; 22; 31; 37].

Все вышеупомянутые факторы, определяющие спортивный результат, имеют сильную корреляционную зависимость со средствами специальной физической подготовки лыжников-гонщиков.

В работах А.Г. Баталова отмечается, что учет соотношения и чередования видов специальной подготовки в построении учебно-тренировочного процесса на современных соревновательных трассах повышает его эффективность и является одним из факторов достижения высоких результатов[3; 41].

Специальная физическая подготовка согласно Федеральному стандарту спортивной подготовки по лыжным гонкам на этапах спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства предполагает высокие показатели 35-37% и 38-40% соответственно[36].

В настоящее время специальная подготовка приобретает все большее значение в лыжных гонках в связи с усложнением профилей лыжных трасс, увеличением скоростей, появлением спринтерских дистанций, частым применением массовых стартов с целью увеличения зрелищности общего старта. Эффективность специальной подготовки, смещение акцента в тренировке на оперативное подведение к каждому соревнованию является

одним из основных факторов соревновательной деятельности лыжника-гонщика[41].

Лыжные гонки являются видом спорта, демонстрирующим высокочастотное изменение скорости и мощности при передвижении по дистанции[70; 84; 86]. Изменяющийся рельеф трасс, используемых во время тренировочного процесса и соревновательной деятельности, вызывает периоды высокой интенсивности ЧСС и активное использование гликолитических мышечных волокон с кратковременными участками вовлечения быстрых мышечных волокон[61]. Рельеф местности, трасса и погодные условия влияют на противодействующие силы и ограничения для получения мощности с помощью палок и лыж, которые оказывают сильное влияние на скорость передвижения при заданной интенсивности ЧСС[82].

Лыжные гонки является циклическим видом спорта, в котором пересеченная местность и часто сменяющийся рельеф диктует неравномерное распределение двигательной мощности и расход метаболической энергии[61]. Участки спуска представляют возможности для частичного восстановления метаболизма в периоды снижения двигательной потребности, а высокий градиент рельефа на подъемах предполагает использование дополнительной мощности, что приводит к подключению гликолитических мышечных волокон и переход в анаэробный режим работы[16; 18; 30].

Лыжные виды спорта являются одними из наиболее динамично развивающихся видов спорта. Проведение соревнований не проходит без полноценного процесса подготовки снежного покрова лыжной трассы, связанной с использованием снежных пушек и специальных транспортных средств – ратраков, что привело к тому, что сегодня большинство соревнований по лыжным видам спорта проводятся на трассах с более однородной и твердой поверхностью, состоящих из комбинации природного и искусственного снега. Макро и микроструктуры естественного снега имеют неодинаковые физико-механические свойства и могут сильно различаться в различных условиях

окружающей среды. Искусственный снег, напротив, как правило, менее изменчив и обеспечивает более твердую поверхность[34; 35; 69].

Одной из особенностей современной спортивной подготовки является широкое применение специального оборудования для совершенствования мастерства спортсменов, диагностической и управляющей аппаратуры для оценки уровня развития различных сторон подготовленности, функционального состояния организма, оперативной коррекции тренировочных нагрузок и т. д. [29; 32].

В результате совершенствование технологий подготовки лыжных трасс и ухода за ними позволяет спортсменам осуществлять более сильные отталкивания без глубокого проникновения в опорную поверхность лыжной палки или лыжи, что увеличивает скорость передвижения, и в сумме с улучшением качества инвентаря снижает метаболические затраты на продвижение спортсмена по дистанции[59; 80].

Значительные усовершенствования спортивного инвентаря и технологий его подготовки к спортивным состязаниям, усовершенствования оборудования и подготовки трасс привели к наибольшему увеличению скорости передвижений спортсменов в лыжных гонках, чем в любом другом циклическом виде спорта, входящем в программу зимних Олимпийских игр[67].

Это обуславливает необходимость перераспределения доли использования тренировочных средств в пользу специальных, направленных на увеличение мощности отталкивания от опорной поверхности при сохранении высокой частоты движений, что свидетельствует о необходимости совершенствования скоростно-силовой подготовленности спортсменов. Тенденция применения современных средств биомеханики в изучении техники бега на лыжах, которая за последние десятилетия привела к увеличению пиковой силы, мощности и скорости движений будет сохраняться[72; 83; 85].

Однако большинство специалистов сходятся во мнении, что на сегодняшний день недостаточно полно изучены динамические параметры бега

на лыжах и требуется дальнейшее изучение кинетических показателей лыжных локомоций, а также разработка конкретных силовых и технических моделей для увеличения мощности отталкивания и эффективности двигательных действий[72; 88; 91].

Большинство авторов в своих научных работах и исследованиях рассматривают специальную физическую подготовку обособленно, не учитывая комплексное воздействие внешних факторов, специфических для вида спорта в структуре подготовительного периода. **Актуальность** нашего исследования обусловлена возрастающей конкуренцией в спорте высших достижений, организованной при поддержке внедрения инновационных технологий в области прикладной биомеханики и физиологии с учетом гармоничного сочетания силы и скорости двигательного действия. Активное применение скоростных способностей в соревнованиях продолжительного характера осуществляется в финишных спуртах, при контактной борьбе по ходу дистанции, в преодолении бонусных отсечек и уходов на спусковую часть. Основные законы кинематики, применяемые в тренировочной и соревновательной деятельности лыжников-гонщиков, определяют биомеханические характеристики передвижения атлета по лыжной трассе и создают базу исследований для изучения потенциальных прогнозов динамики улучшения скорости, темпа, ритма движений на определенном уровне градиента рельефа.

В мире современного спорта плиометрические упражнения являются основной методикой развития взрывной силы, энергии и скорости у спортсменов всех возрастов и уровней. Кроме того, в ходе последних исследований выяснилось, что плиометрические тренировки приносят значительную пользу тем, кто занимается видами спорта на выносливость, поскольку они развивают экономичность движений, совершаемых в течение длительных периодов времени[44].

Специальная физическая подготовка спортсмена претерпевает изменения модельной характеристики техники атлетов и построения сбалансированной

модели нагрузки относительно рельефа лыжных трасс и ответной реакции организма в процессе скоростно-силового компонента нагрузки лыжников-гонщиков. В механической модели при быстром растяжении накапливается энергия упругой деформации в мышечно-сухожильных компонентах[14; 19; 27]. Используя подход оценки плиометрических показателей в процессе физической подготовки лыжников-гонщиков можно достичь наиболее эффективной интеграции скоростно-силовых способностей при переходе на специальные двигательные действия.

**Объект исследования:** физическая подготовка квалифицированных лыжников-гонщиков.

**Предмет исследования:** показатели трансформации эксцентрической в концентрическую фазу сокращения у квалифицированных лыжников-гонщиков.

**Цель исследования:** оценка плиометрических показателей квалифицированных лыжников-гонщиков.

**Задачи:**

- Изучить понятие плиометрических способностей и их основные особенности в спортивной подготовке лыжников-гонщиков.
- Выявить плиометрические показатели для оценки скоростно-силовых способностей лыжников-гонщиков.
- Определить взаимосвязь между результатами теста классическим стилем (кроссовый вариант) лыжников-гонщиков и показателями индекса реактивной силы.

**Методы исследования:**

- анализ научно-методической литературы;
- педагогическое тестирование;
- педагогический эксперимент;
- методы математической статистики.



**Гипотеза** Процесс физической подготовки квалифицированных лыжников-гонщиков может быть эффективен, если:

- выявлены основные особенности трансформации от эксцентрической к концентрической фазе сокращения в спортивной подготовке квалифицированных лыжников-гонщиков;

- будут определены специальные плиометрические показатели для оценки скоростно-силовых способностей квалифицированных лыжников-гонщиков.

# 1 Теоретические основы плиометрики

## 1.1 Понятие плиометрики и ее особенности в спортивной подготовке

Плиометрические упражнения относятся к тем действиям, которые позволяют мышце достичь максимальной силы в кратчайшие сроки. «Плиометрический» — это сочетание греческих слов, которое буквально означает увеличение измерения (плио = больше; метрика = мера)[97].

В практическом смысле плиометрические упражнения представляют собой быстрое, мощное движение с использованием предварительного растяжения или обратного движения, которое включает цикл растяжения-сокращения. Целью плиометрических упражнений является увеличение мощности последующих движений за счет использования как естественных эластичных компонентов мышц и сухожилий, так и рефлекса растяжения (миотатический рефлекс). Чтобы эффективно использовать плиометрические упражнения как часть тренировочной программы, важно понимать: (1) механику и физиологию плиометрических упражнений, (2) принципы разработки плиометрических программ и (3) методы безопасного и эффективного выполнения конкретных плиометрических упражнений.

Основополагающие принципы «плиометрики» прослеживаются в ударном методе спортивной тренировки проф. Ю.В. Верхошанского. Разработанные в конце 60-х годов прошлого века прыжковые упражнения, выполняемые в интенсивном режиме, применялись в тренировочном процессе советских легкоатлетов[6].

Wilt F. и Yessis M. отмечают что название «плиометрика» придумал в 1980-х годах Фред Уилт, член сборной США по бегу на длинные дистанции. Наблюдая за разминкой советских легкоатлетов, он заметил, что, пока американцы уделяли время статической растяжке, советская сборная выполняла интенсивные прыжки[97].

По возвращении в Соединенные Штаты, Уилт узнал о работах Майкла Йезиса по изучению советского подхода к тренировкам, а именно «ударного метода», разработанного профессором Юрием Верхошанским, и их совместными усилиями термин «плиометрика» получил широкое распространение в Штатах, а потом и за их пределами. Однако при популяризации плиометрики смысл термина размылся, и сейчас им называют любые прыжковые упражнения, независимо от интенсивности. Встречаются даже «плиометрические» отжимания или подтягивания. Идея ударного метода заключается в том, чтобы стимулировать мышцы ударным растягиванием, предшествующим активному усилию[6; 48].

Верхошанский Ю.В. в исследованиях по специальной подготовке указал ряд особенностей, которые в процессе практического использования оказали высокое воздействие на прирост спортивного результата. Верхошанский Ю.В. наблюдая за механикой прыжков и бега, обнаружил, что для этих занятий характерно приложение очень большого усилия по отношению к земле, причём за короткий отрезок времени (при прыжке контакт с землёй длится 0,2 секунды, при беге — 0,1 секунды), из чего был сделан вывод, что для улучшения показателей нужно развивать способность атлета очень быстро совершать большое усилие. Центральным упражнением ударного метода является прыжок в глубину. Прыжок в глубину — это прыжок вниз с определённой высоты (обычно 50—70 см) с немедленным выпрыгиванием вверх. Крайне важно то, что приземление и выпрыгивание производится очень быстро, за 0,1—0,2 секунды[7; 48].

Степанова Т.А. с соавторами рассматривает плиометрические упражнения как процесс, на основании которых происходит растяжение мышц с немедленно следующим за ним сокращением. Упражнения, способные запустить цикл растяжения-укорочения (stretch-shortening cycle) способствуют улучшению экономичности бега за счет повышения амортизационной силы мышц ног, что позволяет эффективно использовать эластичную энергию во время бега, с меньшими энергетическими затратами[40].

Плиометрические упражнения направлены на развитие быстроты, силы, мощности и подразделяются на три фазы последовательного воздействия на спортсмена:

- изометрическую – длина мышцы не изменяется под воздействием внешней силы;
- концентрическую – укорачивание мышцы;
- эксцентрическую – удлинение мышцы. Залогом эффективного выполнения плиометрических упражнений является нахождение в каждой из фаз минимально возможного количества времени. Все движения должны быть быстрыми с максимальным использованием силового потенциала[43].

В современных источниках плиометрикой называют спортивную методику, использующую ударный метод и так называемые «прыжковые» тренировки. Однако в методах плиометрической тренировки появились упражнения, напрямую не связанные с прыжками. Например, такие упражнения как отжимания с хлопком, спринтерский бег, бросок медицинбола, подтягивания с хлопком также относят к классическим плиометрическим упражнениям[47].

Железняк Ю.Д. выделяет плиометрику как методику, в процессе которой совокупность скоростных упражнений, направленных на воспитание взрывной силы, базируется на активном растяжении и сокращении мышц. Плиометрические тренировки характеризуются всесторонней направленностью на развитие спортсмена: увеличение выносливости, быстроты и мышечной силы. В настоящее время плиометрика является базой большинства тренировочных программ и пользуется большой популярностью среди многих тренеров спортсменов разных спортивных направлений[13, с. 10].

В научно-методической литературе в специально-силовой подготовке выделяют взрывную силу и реактивную[24].

Сущность плиометрических упражнений (по Верхошанскому Ю.В.) направлена на развитие взрывной силы и реактивной способности мышц, идея которой заключена в том, чтобы стимулировать мышцы ударным

растягиванием, предшествующим активному усилию. Для этого необходимо использовать не отягощение, а кинетическую энергию, накопленную им при свободном падении с определенной высоты[6, с 133].

Москальонова Н.А. с соавторами подразумевает, что плиометрика (плиометрия, плайометрия, плайометрика), от древнегреческого умножать, изначально – спортивная методика, использующая ударный метод, в данном смысле – прыжковые тренировки. Есть две фазы сокращения мышц во время высоких прыжков или бега. В теоретической основе плиометрических упражнений лежит тот факт, что мышцы и сухожилия упруги, и поэтому после натяжения могут давать отдачу. Мышцы проходят через фазу растяжения, а затем наступает фаза сжатия. Плиометрические упражнения предназначены для сокращения времени цикла между двумя фазами. Быстрое время цикла обеспечивает максимальную передачу энергии между фазой растяжения и сжатия[25].

По мнению Хансена Д. плиометрические упражнения используют естественную реакцию человеческого тела на резкое и краткое растяжение мышц. Исследования показывают, что резкое растяжение мышцы в течении краткого промежутка времени до ее сокращения вызывает более сильное и быстрое сокращение волокон, обеспечивающее прирост силы, энергии и скорости[44].

Акцент именно на плиометрические упражнения, как средства воспитания прыгучести, объясняется тем, что выполнение отталкиваний с места оказывается менее эффективно по сравнению с прыжками, выполняемыми после прыжков в глубину, поскольку последние являются более сильными раздражителями нервно-мышечного аппарата и в большей степени обеспечивают совершенствование его способности к более быстрому проявлению значительного усилия при отталкивании. Подобные упражнения положительно влияют на способность использовать цикл растяжения-сокращения в движении, чего трудно достигнуть путем использования других техник[21].

Хлопцев В.А. и Мелешко Д.Р. рассматривают плиометрику как тренировочную методику, основным принципом которой является максимально быстрое выполнение упражнений, причем положительная фаза амплитуды сопровождается прыжком[45].

Крошкина Ю.А. и Гаврилюк А.А. с соавторами считает, что плиометрику, в современном смысле, можно рассматривать как прыжковые тренировки[8; 21].

Упражнения плиометрического характера повышают уровень мощности мышечного аппарата. Стоит обратить внимание, что взрывной силой следует называть способность организма моментально проявлять свою абсолютную силу.

По мнению Дьячкова В.М. и Хансен Д. первичная задача плиометрики – это превратить энергию отдачи при мышечном сокращении в равную и противоположно направленную силу. Такому процессу обязана сопутствовать тренировка, заключающаяся в быстром растягивании мышц, производящих мощное движение в короткий период времени[11; 44].

С помощью анализа научных исследований Дьячкова В.М. и Хансен Д. про плиометрику можно сформулировать для чего используется спортсменами тренировки плиометрики. Основополагающее, на что стоит обратить внимание, это улучшения спортивных показателей, которые требуют скорости, быстроты и мощи. Иными словами: плиометрика – форма физических упражнений, которая связывает силу со скоростью движения. Эти упражнения помогают мышцам развивать наибольшее усилие за наименьший возможный промежуток времени[11; 44].

По данным журнала *British Journal of Sports Medicine*, чтобы увеличить скорость бега, а также потребление кислорода и энергии, в регулярные тренировки необходимо включать «взрывные» упражнения высокой интенсивности. В настоящее время, эффективность плиометрических тренировок становится очевидна почти всем специалистам, представляющих самые разные спортивные дисциплины. Плиометрические тренировки означают

использование большого количества разнообразных прыжков, которые выполняются в дополнении к стандартной программе тренировок, либо и вовсе являются основным типом тренировки[40; 49].

Техника обычного прыжка не отличается от техники взрывного прыжка. Однако обычные прыжки отличаются от взрывных более долгим контактом с землёй[1].

Целью прыжковых тренировок является напряжение необходимых групп мышц до момента самого прыжка. В конечном итоге, энергия, накопленная в мышцах, будет использована более эффективно для максимально высокого, быстрого прыжка [46, с.37].

Запрыгивания на тумбу представляют собой не просто прыжки, так как данный вид упражнений позволяет развивать взрывную силу и активно тренировать мышцы верхней и нижней частей тела.

Эффективность занятий на плиометрических боксах состоит в следующем:

- развивается и укрепляется дыхательная система;
- повышается общая выносливость;
- увеличивается кардионагрузка;
- сжигается лишний жир и укрепляется мускулатура;
- повышается эластичность мышц.

В настоящее время плиометрические упражнения подразумевают не только прыжковые и беговые упражнения, но и различные вариации «отжимания», «подтягивания», а также применение медицинболов для развития скоростно-силовых качеств[52].

Zatsiorsky V.M. и Kraemer W.J. в научных исследованиях про силовую и кондиционную подготовку выявили, что тренировка на развитие скоростно-силовых способностей вызывает адаптацию нервных волокон, которая предопределяется рядом физиологических изменений, таких как изменения в частоте импульсации мотонейронов, вовлечение правильно подобранных

двигательных единиц и синхронизация активности различных двигательных единиц[99].



## 1.2 Механизм цикла растяжения-сокращения в лыжных гонках

Плиометрические упражнения включают стадию растяжения мышцы и следующее после него немедленное взрывное сокращение, известное как цикл растяжения-сокращения (SSC – stretch-shorten cycle). Эти упражнения используют как тренировочный метод, который формирует способность мышц к выработке силы при большой скорости (power output) в динамических движениях. Существуют многочисленные доказательства их большой эффективности при формировании максимальной силы или скорости[74].

Плиометрическая тренировка использует преимущества быстрого циклического действия мышц, известного как "цикл растяжения-сокращения (ЦРС)", при котором мышца подвергается эксцентрическому сокращению, за которым следует переходный период перед концентрическим сокращением (Рисунок 1)[73].

На рисунке 1 показано, как лодыжка спортсмена движется в последовательности ЦРС (эксцентрично, амортизационно, концентрически) во время прыжка. Поэтому это мышечное действие (т. е. ЦРС) часто называют обратимым действием мышц и оно присутствует во всех формах движения человека всякий раз, когда сегмент тела меняет направление[94].



Рисунок 1 – Механизм цикла растяжение-сокращение

Цикл растяжения-сокращения (ЦРС) - это естественное действие, включающее растяжение, или эксцентричное удлинение активной скелетной мышцы непосредственно перед сокращением[44].

В научных трудах Верхошанского Ю.В. было отмечено о высокой корреляции ( $r=0,785$ ) между способностью сухожилия накапливать энергию упругой деформации и результатами бегунов на длинные дистанции[5].

Кроме того Верхошанский Ю.В. и Voigt с соавторами доказали, что экономичный спринт (т. е. эффективное использование ЦРС в спринте) может восстановить приблизительно 60% общей механической энергии (40% восполняется за счет метаболических процессов в течение следующего цикла)[5; 95].

В механической модели энергия упругой деформации накапливается в мышечно-сухожильных компонентах при быстром растяжении. Когда за этим движением сразу следует концентрическая фаза (или сокращение), высвобождается накопленная энергия, увеличивая показатели направленной силы и мощности. Хилл дает прекрасное описание (представлено на рисунке 2), которое помогает понять поведение скелетных мышц. Из многих элементов механической модели именно ряд эластичных компонентов (РЭК) является рабочей лошадкой плиометрических упражнений. Хотя и состав РЭК включает в себя некоторые мышечные компоненты, именно сухожилия составляют большую часть. Когда мышечно-сухожильная единица растягивается, как в случае эксцентрической фазы, РЭК действует как пружина и удлиняется; по мере его удлинения запасается энергия упругой деформации[65].

Если мышца начинает концентрическое движение сразу после эксцентрического движения, накопленная энергия высвобождается, позволяя РЭК способствовать увеличению показателей силы, естественным образом возвращая мышцы и сухожилия в их нерастянутую конфигурацию.

Если концентрическая мышечная деятельность не происходит сразу после эксцентрической, или если эксцентрическая фаза слишком длинная или требует слишком большого движения вокруг данного сустава, накопленная энергия рассеивается и теряется в виде тепла.

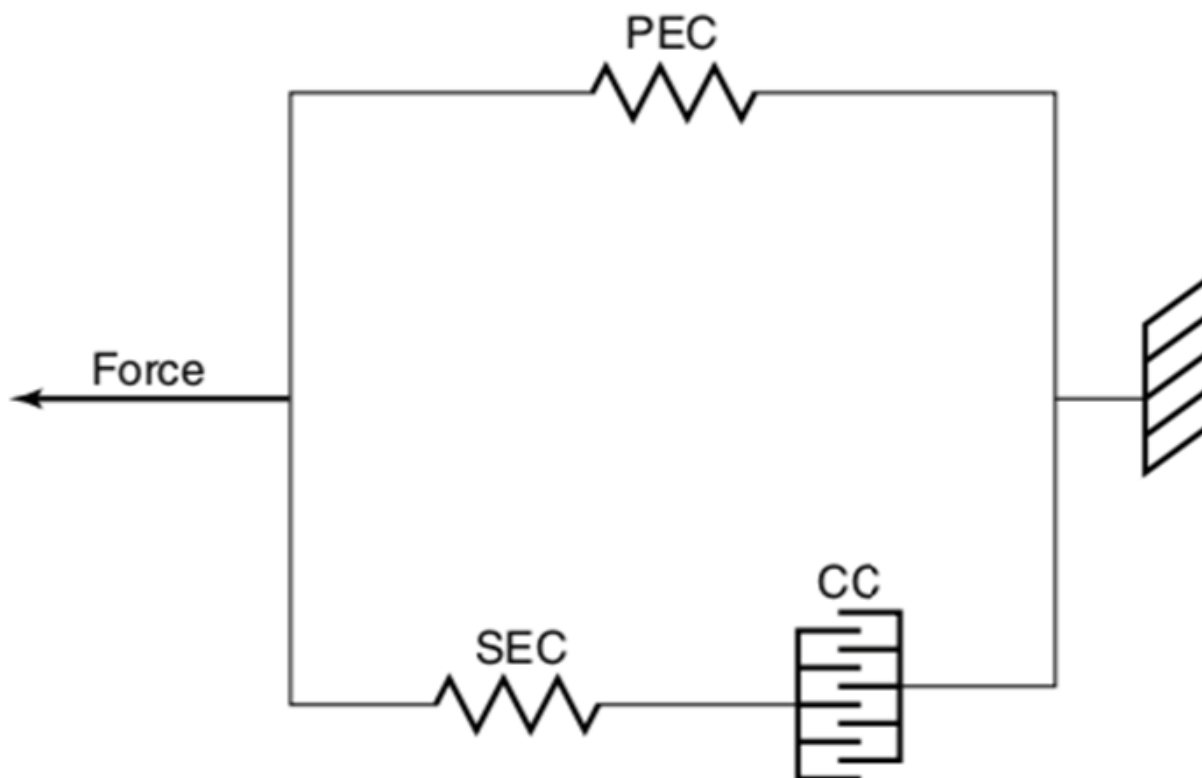


Рисунок 2 – Механическая модель функции скелетных мышц

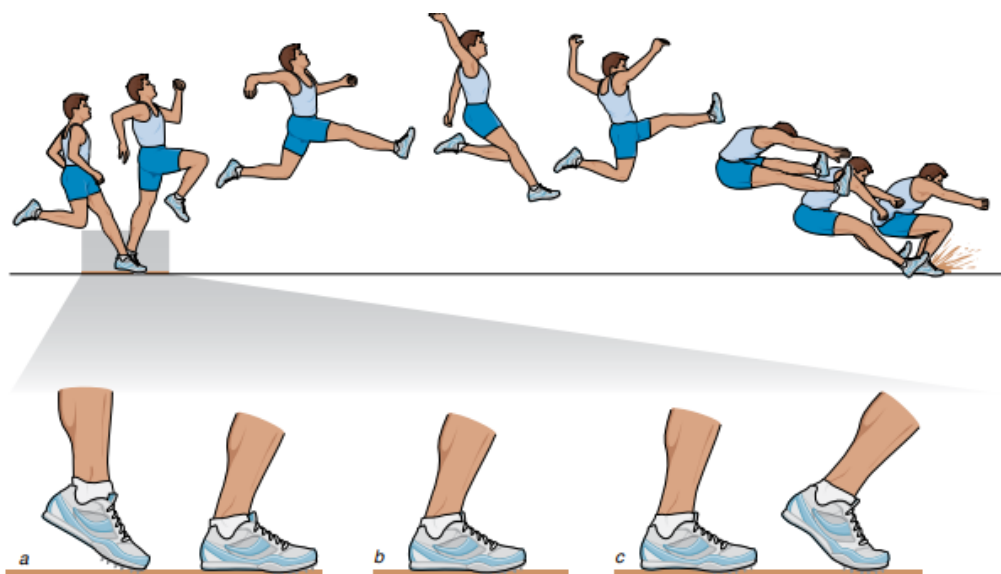
Фаза I - это эксцентрическая фаза, которая включает предварительную нагрузку на группу (группы) мышц-агонистов. Во время этой фазы SEC накапливает энергию упругой деформации, и мышечные веретена стимулируются. Когда мышечные веретена растягиваются, они посылают сигнал к вентральному корешку спинного мозга через афферентные нервные волокна типа Ia. Чтобы визуализировать эксцентрическую фазу, рассмотрим прыжок в длину. Время от касания стопы до нижней части движения является эксцентричной фазой (рисунок 2).

Фаза II — это время между эксцентричной и концентрической фазами и называется фазой амортизации или перехода. Это время от окончания эксцентричной фазы до начала концентрического мышечного действия. Существует задержка между эксцентрическими и концентрическими мышечными действиями, во время которых афферентные нервы типа Ia синапсируют с альфа-мотонейронами в вентральном корешке спинного мозга (см. рисунок 2). Затем альфа-моторные нейроны передают сигналы группе

мышц-агонистов. Эта фаза ЦРС, возможно, является наиболее важной для обеспечения большей выработки электроэнергии; его продолжительность должна быть короткой. Если фаза амортизации длится слишком долго, энергия, накопленная во время эксцентричной фазы, рассеивается в виде тепла, и рефлекс растяжения не увеличит мышечную активность во время концентрической фазы. Рассмотрим прыгуна в длину, упомянутого ранее. Как только прыгун коснулся земли и движение прекратилось, началась фаза амортизации. Как только движение начинается снова, фаза амортизации заканчивается[53].

Концентрическая фаза, фаза III, является реакцией организма на эксцентрическую фазу и фазы амортизации. Во время этой фазы энергия, накопленная в РЭК во время эксцентрической фазы, либо используется для увеличения силы последующего движения, либо рассеивается в виде тепла. Эта накопленная энергия увеличивает силу, создаваемую во время концентрической фазы движения, по сравнению с изолированной концентрической мышечной активностью[92].

Кроме того, альфа-мотонейроны стимулируют группу мышц-агонистов, что приводит к рефлекторному концентрическому мышечному действию (то есть к миотатическому рефлексу). Эффективность этих подсистем необходима для правильного выполнения плиометрических упражнений. Снова попробуем визуализировать прыгуна в длину. Как только начинается движение в восходящем направлении, начинается концентрическая фаза ЦРС и заканчивается фаза амортизации. В этом примере одной из мышц-агонистов является икроножная. При приземлении икроножная мышца быстро растягивается (эксцентрическая фаза), происходит задержка движения (фаза амортизации), а затем мышца концентрически разгибает лодыжку, позволяя спортсмену оттолкнуться от земли (концентрическая фаза).



- а) Эксцентрическая фаза начинается в момент приземления и продолжается до окончания движения. б) Фаза амортизации — это переход от эксцентрической фазы к концентрической; это быстро и без движения. в) Концентрическая фаза следует за фазой амортизации и включает в себя все время отталкивания, пока стопа спортсмена не оторвется от поверхности.

Рисунок 3 – Цикл растяжения-сокращения прыжка в длину

Роль ЦРС на первоначальном этапе заключается в оптимизации механической нагрузки на мышечно-сухожильный комплекс, который приводит к метаболически эффективному и сильному сокращению мышц[44].

В коньковом и классическом стиле для увеличения длины цикла на более высоких скоростях более высокие требования предъявляются к развиваемой движущей силе. Одной из важных стратегий для повышения продолжительности цикла является более эффективное отталкивание палками, с преактивацией и растяжением мышц и активное снижение центра тяжести для достижения более высокой пиковой силы раньше в цикле движения. Соответственно, более скоростно-силовые лыжные ходы, такие как дабл полинг (double poling) модификация одновременного бесшажного хода с более короткой фазой отталкивания и попеременный двухшажный ход в низкой стойке с махами руками были разработаны для использования на равнинной местности[10; 17].

С такими ходами, наиболее взрывные лыжники могут развивать максимальную силу в ходе дабл полинг, достигающую 430 Н в течение 0,05 секунд, а также силу отталкивания ногами выше 1600 Н попеременным двухшажным ходом в низкой стойке с махами руками[83].

На крутых подъемах ускорение лыжников увеличивает скорость цикла при сохранении длины цикла, и чтобы ускориться, используются инновационные техники, такие как «попеременный двухшажный коньковый ход» и «прыжковый вариант одновременного двухшажного хода». Кроме того, в последнее время все больше и больше внимания уделяется холмистым участкам трассы, особенно поворотам на подъемах, где быстрые лыжники более широко используют ускоряющую технику прохождения поворота[83].

В исследованиях Niels Ortenblad (2018 г.) было установлено, что выполнение быстрых отталкиваний требует более широкого участия мышечных волокон II типа (быстрые мышечные волокна). Эти исследования показывают, что увеличение продолжительности времени приложения усилия может способствовать экономии энергии и отсрочить наступление утомляемости в быстрых мышечных волокнах за счет частичного включения волокон I типа[78].

Техника попеременного двухшажного классического хода у победителя соревнований Й. Клэбо на третьем подъеме имеет существенные отличия от традиционной, так как по своей структуре приближена к бегу «кроссовый вариант» – неглубокое подседание на опорной ноге с захлестом голени толчковой ноги, отсутствие проката и уменьшенная амплитуда движений.

Угол сгибания толчковой ноги в коленном суставе составляет  $69^\circ$ , что на 36.7% острее, чем на первом подъеме. Что касается угла отрыва лыжи толчковой ноги от опоры то здесь, напротив, угол заметно увеличивается с  $13^\circ$  до  $30^\circ$ . Такой способ передвижения позволяет уменьшить мышечные усилия и является более эффективным в спринтерских дисциплинах лыжных гонок, где специальная выносливость является основным лимитирующим фактором[4].

На рисунке 4 представлен анализ кинематических характеристик на протяжении спринтерской гонки. В финале дисциплины классическим стилем, стоит отметить, значительное увеличение частоты движений на 3 подъеме. Преодоление ключевого подъема отработано в стиле кроссового варианта, который способствует сократить время скольжения на лыже и минимизировать период времени в процессе контакта лыжного инвентаря со снегом, тем самым создавая активный эффект для цикла растяжения-сокращения.

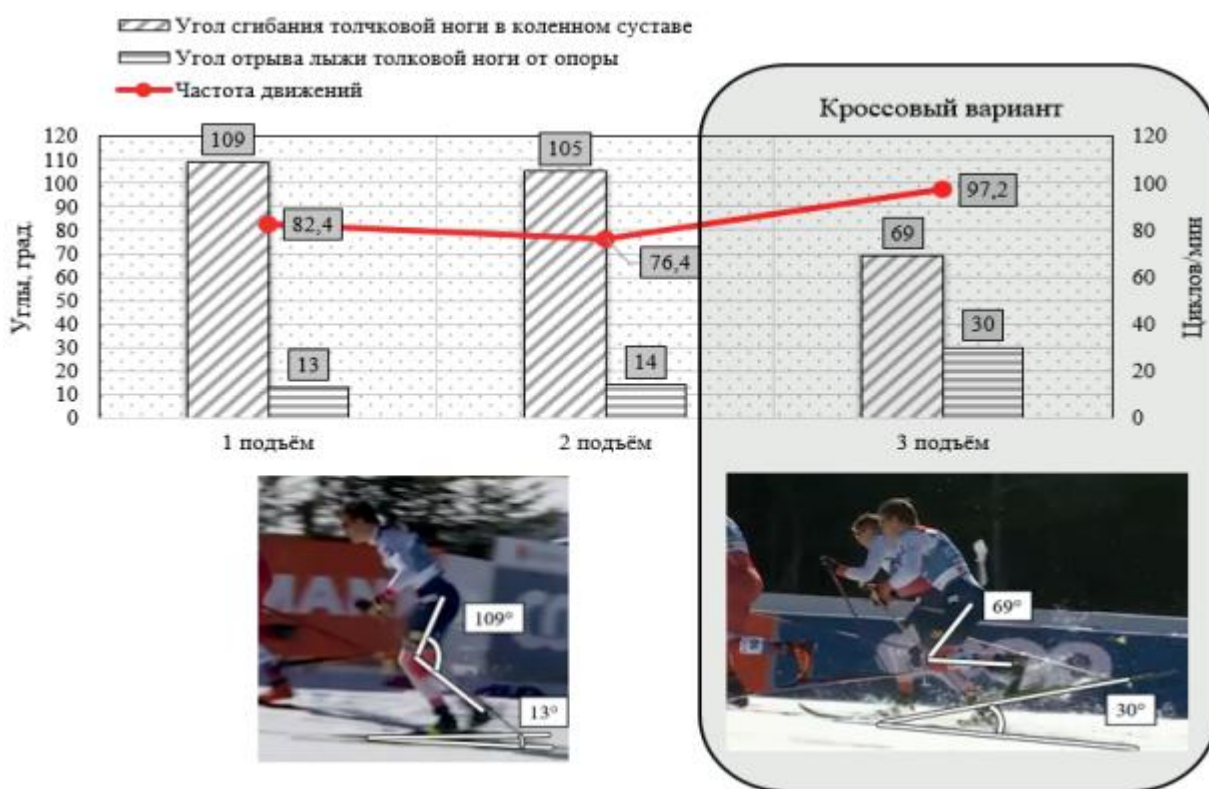


Рисунок 4 – Кинематические характеристики техники попеременного двухшажного классического хода победителя Й. Клэбо на подъемах в финальном забеге индивидуального спринта на ЧМ-2021

ЦРС наблюдается не только в стиле передвижения « кроссовый вариант». Активное применение ЦРС проявляется на верхушке подъемов, в период набора высокой скорости атлета при прохождении финишных створов, равнинных участков, и уходов на спусковую часть дистанции. Видеоанализ и

фиксация кинематических характеристик в цикле двигательного действия позволяет сформировать понятие о развитии ЦРС в лыжных гонках.

Поэтапный анализ цикла попеременного двухшажного хода лыжников-гонщиков во время индивидуальной гонки классическим стилем на 15 км представлен в трудах Новиковой Н.Б.[28].

Автор провел анализ ключевых фаз цикла в двигательном действии на подъеме крутизной 7 градусов. В результате исследования 2-х ключевых фаз цикла: время отталкивания ногой и время проката, была выявлена продолжительность каждой фазы в секундах.

Время цикла составляет менее 1 секунды, время проката приблизительно  $\frac{1}{4}$  часть цикла, время отталкивания приблизительно  $\frac{1}{4}$  часть цикла, фаза переноса центра тяжести на опорную ногу и вынос ноги, принимающей активное участие в следующей фазе занимает  $\frac{1}{4}$  часть цикла.

Результаты кинематических характеристик, представленных в таблице 1, подтверждают, что время каждой фазы двигательного действия в цикле ограничено быстрым плиометрическим движением в ЦРС (цикле растяжение-сокращение), которое не превышает 0.250 сек.

Таблица 1 – Средние кинематические характеристики ПДШХ спортсменов с различными особенностями техники (n = 13)

Дистанция	Скорость (м/с)	Длина шага (м)	Время цикла (с)	Частота движений (цикл./мин)	Время отталкивания ногой (с)	Длина проката (м)	Время проката (с)
1 круг	3,26	2,91	0,89	67,50	0,12	0,51	0,17
$\delta^*$	0,11	0,23	0,06	4,64	0,01	0,13	0,04
2 круг	3,15	2,83	0,90	67,30	0,14	0,51	0,17
$\delta$	0,14	0,25	0,06	4,88	0,01	0,13	0,05
3 круг	3,13	2,73	0,87	69,09	0,14	0,46	0,19
$\delta$	0,18	0,25	0,06	4,77	0,01	0,15	0,12

\*  $\delta$  – среднеквадратичное отклонение.



### 1.3 Анатомо-физиологические особенности цикла растяжения-сокращения (ЦРС)

Turner, A.N. и Jeffreys, I. в исследовании отмечают, что эффективное применение ЦРС приводит к экономии энергии при передвижении и увеличении движущих сил [94].

Степанова Т.А. с соавторами считает, что соединительная ткань выполняет в мышце несколько функций: функцию усиления мышцы, функцию временного сохранения энергии упругой деформации во время циклических движений и функцию передачи энергии, произведённой в циклах взаимодействия актина и миозина. Межмышечная соединительная ткань организована в различные структуры, такие как эндомизим и эктомизим, которые в свою очередь соединяются с сухожилиями. Вторая из них жёстче, чем первая, и поэтому важнее для передачи силы. Подсчитано, что благодаря наличию в составе опорно-двигательного аппарата человека сухожилий экономится около 50% метаболической стоимости бега[2; 40].

Когда мышца и сухожилие резко растягиваются, как в случае быстрого эксцентрического движения, нервная система задействует значительную часть мышечных волокон для генерирования большей силы, чтобы изменить направление движения на обратное. Комплекс «мышца-сухожилие» резко растягивается по направлению волокон митотического веретена, которые являются особого рода чувствительными органами, расположенными внутри мышцы. На рисунке 5 представлено митотическое веретено в мышце в брюшке мышцы[42].

Волокна митотического веретена отслеживают скорость и степень растяжения мышцы, реагируя на них мощным концентрическим сокращением. Эти автоматические реакции на резкое растяжение мышцы позволяют спортсменам не думать о том, как сократить мышцы и выполнить взрывное движение. В общем случае в осуществлении цикла растяжения-сокращения мышцы задействованы следующие механизмы: рефлекс мышечного

растяжения, эластичность сухожилий, предварительная активация и потенцирование. После длительных обсуждений ученые так и не пришли к единому мнению относительно степени влияния каждого из этих элементов на цикл растяжения-сокращения мышцы.

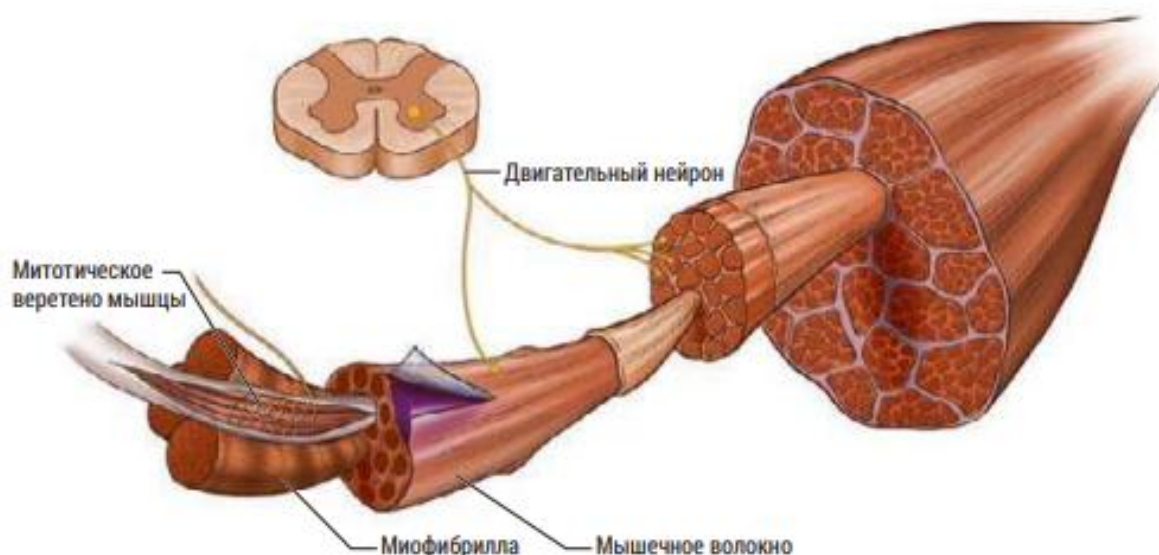


Рисунок 5 – Митотическое веретено мышцы в брюшке мышцы

Рефлекс мышечного растяжения, также называемый миотатическим рефлексом, является ключевым механизмом цикла растяжения-сокращения мышцы и производства силы в плиометрических упражнениях. Часть силы, генерируемой плиометрическим движением, является энергией упругого растяжения мышц и сухожилий (что можно сравнить с растяжением эластичной ленты), однако значительная доля силы обусловлена резким действием мышечных волокон, задействованных рефлексом растяжения[42].

Исследования показали, что стремительное растяжение мышцы приводит к выборочной активации быстро сокращающихся мышечных волокон и деактивации медленно сокращающихся мышечных волокон. Рефлекс мышечного растяжения проверяет врач с помощью резинового молоточка. Быстрый удар по сухожилию четырехглавой мышцы бедра обычно вызывает у

здорового пациента сокращение четырехглавой мышцы бедра и разгибание ноги в колене.

Сигналы, поступающие от волокон митотического веретена мышцы к спинному мозгу, вызывают быструю реакцию, распространяющуюся со скоростью примерно 100 метров в секунду, чтобы задействовать четырехглавую мышцу бедра. Основная задача мышечного рефлекса растяжения состоит в отслеживании степени растяжения мышцы для предупреждения ее чрезмерного растяжения и повреждения. Задействуя значительную часть волокон в крайне короткое время, эта автоматическая реакция позволяет мышце растягиваться только в безопасной степени, прежде чем перейти к сокращению[42].

Данный рефлекс можно считать автоматически регулируемым механизмом защиты, однако тренеры и ученые, занятые в области физиологии упражнений, установили, что он может развиваться в ходе тренировок. Часто, чтобы описать начало концентрического сокращения в плиометрическом движении, специалисты говорят о фазе амортизации или переходной фазе. Фазой амортизации называют период, в течение которого спортсмен готовится к выполнению взрывного движения, такого, например, как прыжок. Для прыгуна в длину фаза амортизации начинается с разбежки и заканчивается отталкиванием от гимнастического мостика, когда центр тяжести спортсмена перемещается вперед.

Для прыгунов в высоту или длину продолжительная фаза амортизации нежелательна, поскольку приводит к существенной потере энергии движения за счет ее рассеивания, а также ограничивает потенциал активации рефлекса растяжения и результирующую силу концентрического сокращения. Таким образом, спортсменам, выполняющим мощные плиометрические движения, лучше сократить продолжительность фазы амортизации. Величина силы, прилагаемой к фазе амортизации, будет определять результирующую силу сокращения мышцы; особенно это актуально для хорошо подготовленных спортсменов[44].

В научных исследованиях Purves D. с соавторами, Kandel E.R. с соавторами, И.Н. Медведева с соавторами часто оценивают функции комплекса Гольджи в процесс ЦРС[42; 68; 81].

Сухожильный орган Гольджи помогает регулировать напряжение мышцы. Сухожильный орган Гольджи представляет собой заключенный в капсулу сенсорный рецептор, через который проходят волокна мышечного сухожилия[68].

Примерно 10-15 мышечных волокон обычно связаны с каждым сухожильным органом Гольджи, и рецептор стимулируется, когда этот небольшой пучок мышечных волокон «напрягается» при сокращении или растяжении мышцы. Таким образом, основное различие в возбуждении сухожильного органа Гольджи по сравнению с мышечным веретеном заключается в том, что веретено определяет длину мышцы и изменение длины мышцы, тогда как сухожильный орган определяет напряжение мышцы, которое изменяет собственное напряжение рецептора. Сухожильный орган, как и первичный рецептор мышечного веретена, имеет динамический и статический ответы, интенсивно реагируя при внезапном увеличении напряжения мышцы (динамический ответ) с последующим снижением активности в течение доли секунды до более низкого уровня устойчивой импульсации, почти прямо пропорционального напряжению мышцы (статический ответ)[81].

Таким образом, сухожильные рецепторы Гольджи обеспечивают нервную систему непрерывной информацией о степени напряжения любого небольшого сегмента каждой мышцы. Передача импульсов от сухожильного органа в центральную нервную систему. Сигналы от сухожильного органа передаются через крупные быстропроводящие нервные волокна типа Ib со средним диаметром 16 мкм, который лишь немного меньше диаметра волокон от первичных окончаний мышечного веретена. Как и волокна от первичных окончаний веретен, быстропроводящие нервные волокна типа Ib передают сигналы в локальные области спинного мозга, а также, после синаптического переключения в заднем роге, через пути длинных волокон (например,

спиноцеребеллярные тракты) в мозжечок, а через другие тракты — к коре большого мозга[68; 81].

Местный сигнал в спинном мозге возбуждает одиночный тормозной вставочный нейрон, который тормозит передний мотонейрон. Этот локальный контур непосредственно тормозит отдельную мышцу, не затрагивая прилежащие мышцы[42].

Когда рецепторы Гольджи мышечного сухожилия стимулируются при увеличении напряжения связанной с ними мышцы, сигналы передаются к спинному мозгу, вызывая рефлекторный ответ соответствующей мышцы. Этот рефлекс полностью тормозной. Он обеспечивает механизм отрицательной обратной связи, предупреждающий развитие слишком сильного напряжения мышцы. Когда напряжение мышцы и, следовательно, сухожилия становится чрезмерным, мощное тормозное влияние от сухожильного органа может привести к внезапной реакции спинного мозга, которая вызывает мгновенное расслабление всей мышцы. Такой эффект называют реакцией удлинения; этот защитный механизм, вероятно, предупреждает разрыв мышцы или отрыв сухожилия от места его прикрепления к кости[81].

Известно, например, что в лабораторных условиях прямая электрическая стимуляция мышц, которой не может противодействовать этот отрицательный рефлекс, иногда приводит к таким пагубным эффектам. Возможная роль сухожильного рефлекса для выравнивания силы сокращения среди мышечных волокон[68].

Другой вероятной функцией рефлекса от рецепторов Гольджи является выравнивание силы сокращения отдельных мышечных волокон. Это значит, что избыточно напряженные волокна рефлекторно тормозятся, тогда как слабо напряженные волокна из-за отсутствия их торможения возбуждаются сильнее[42].

Это равномерно распределяет мышечную нагрузку по всем волокнам и предупреждает повреждение изолированных участков мышцы, где небольшому числу волокон грозит перерастяжение[42].

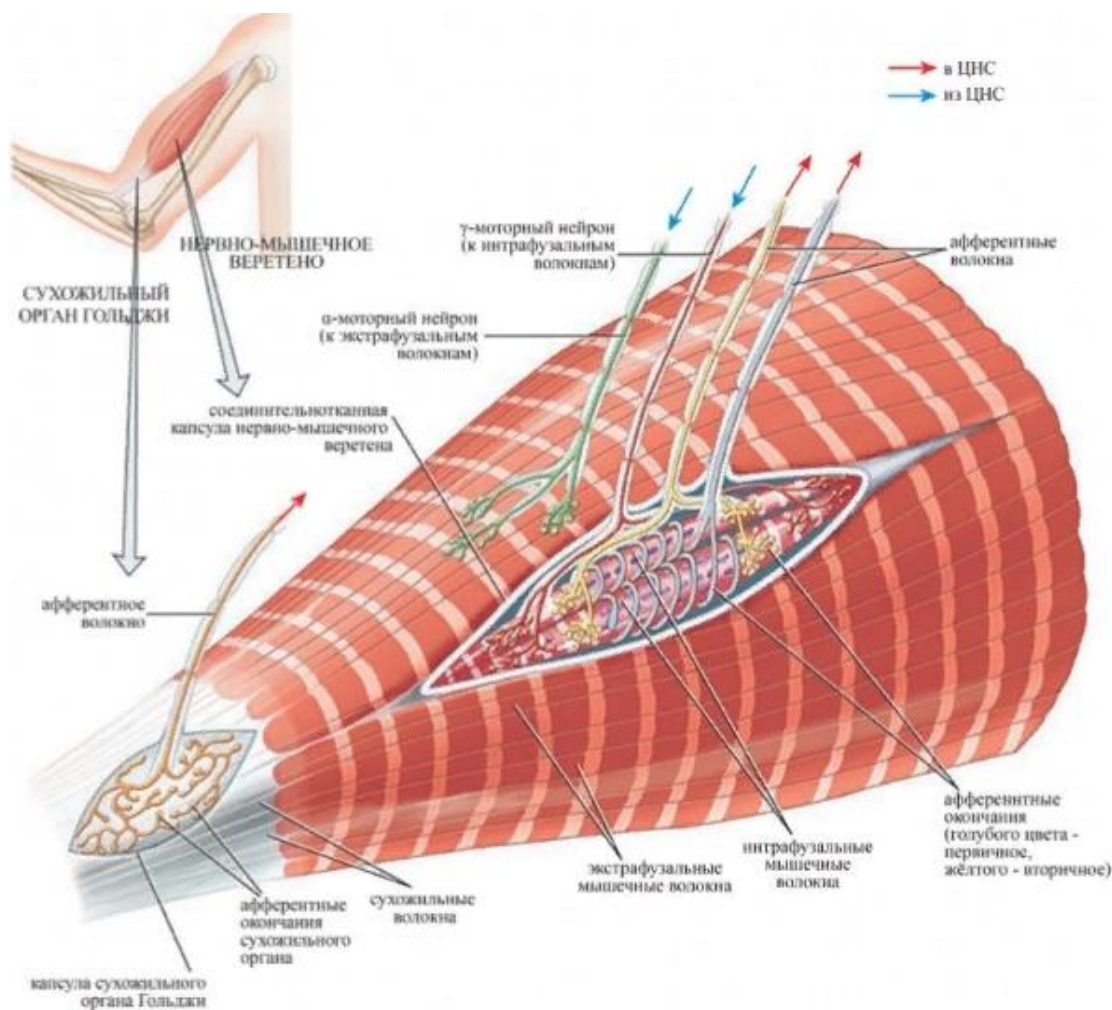


Рисунок 6 – Сухожильный рефлекс Гольджи

Считается, что существует множество нейрофизиологических механизмов, способствующих развитию ЦРС, некоторые из которых включают: накопление эластичной энергии, произвольные нервные процессы, активное состояние, характеристики растяжения, напряжение перед активностью и улучшенная координация движений[51; 56; 75; 77; 89].

Несмотря на этот большой список, принято считать, что существует три основных механизма, ответственных за эффекты ЦРС, повышающие производительность. Turner, A.N. и Jeffreys I. в научных исследованиях определили три ключевых механизма, отвечающих за процесс ЦРС[94].

Эти три механизма являются:

- Накопление эластичной энергии
- Нейрофизиологическая модель

– Активное состояние

Зациорский В.М. и Kraemer W.J. в научных трудах представили модельную характеристику механизмов накопления эластичной энергии. В результате аналитических исследований и практических работ была представлена следующая концепция проявления в ЦРС - концепция упругой энергии. Данная концепция аналогична концепции растянутой резиновой ленты. Когда лента растягивается, происходит накопление запасенной энергии, которая при высвобождении заставляет ленту быстро сжиматься, возвращая ей первоначальную форму. Количество накопленной упругой энергии (иногда называемой 'деформацией' или 'потенциальной' энергией) потенциально равно приложенной силе и вызванной деформации[99].

Другими словами, сила, используемая для растягивания ленты, должна быть эквивалентна силе, создаваемой лентой, чтобы вернуться в предварительно растянутое состояние.

Во время эксцентрической фазы мышцы и сухожилия, участвующие в движениях растягиваются. В процессе растяжения возникает сила упругости. В законе Гука описано, что сила, возникающая при растяжении или сжатии тела пропорциональна его удлинению. Сила увеличивается по мере увеличения длины мышц и сухожилий. К тому же мышцы и сухожилия сокращаются не одновременно и с разной скоростью. Сначала мышца растягивается сама и растягивает сухожилие, потом сокращается и остается практически в изометрическом состоянии, в таком виде она передает энергию в сухожилие, которое быстро сокращается и происходит накопление энергии упругой деформации уже в сухожилиях, которое передается во время концентрической фазы обратно мышцам уже в качестве кинетической энергии. Стоит отметить, что и в мышцах накапливается упругая энергия, но в сухожилиях скорость отдачи и количество выше. В районе 85% энергии передается от сухожилий и около 60% от мышц. Остальное рассеивается в виде тепла. Так этот механизм способствует экономии бега на длинные дистанции. Так как организм часть

энергии получает от сухожилий и соответственно экономит собственные ресурсы энергообеспечения.

У людей это растяжение и накопление эластичной энергии вместо этого воздействует на мышцы и сухожилия во время движения. Однако, из-за эластичных свойств сухожилия, принято считать, что сухожилие является основным местом для хранения упругой энергии. В отличие от мышц, сухожилия не могут добровольно сокращаться, и в результате они могут оставаться только в состоянии напряжения[71].

Это означает, что мышца должна сокращаться и напрягаться до начала ЦРС во время контакта с землей, известного как ‘мышечная предварительная активность’. Затем мышца должна оставаться сокращенной / жесткой в течение первых двух процессов ЦРС (фазы эксцентрика и амортизации), чтобы передавать изометрические усилия в сухожилие. Это вызывает деформацию / удлинение сухожилия и развитие запаса упругой энергии.

Во время концентрической фазы ЦРС (часто называемой фазой ‘положительного ускорения’) мышца затем способна концентрически сокращаться и обеспечивать дополнительную движущую силу[94].

Неспособность придать жесткость на этапах эксцентрической фазы - амортизации означает, что эффект цикла растяжение-сокращение, повышающий производительность, будет потерян, и сустав, скорее всего, разрушится. Это демонстрирует важность мышечной жесткости во время ЦРС и ее способность улучшать производительность. Это также предполагает, что спортсмены с более высоким уровнем мышечной силы могут поглощать больше силы (т. е. более высокая скорость загрузки), и, следовательно, имеют лучшую способность использовать ЦРС.

Многочисленные исследования показали, что более сильные спортсмены обладают лучшей способностью накапливать энергию упругости по сравнению с более слабыми людьми. Также было продемонстрировано, что элитные спортсмены из видов спорта, основанных как на силе, так и на выносливости,



обладают превосходной способностью накапливать эластичную энергию[50; 66].

Кроме того, эффективное использование ЦРС во время спринта, как показано, восстанавливает примерно 60% общей механической энергии, предполагая, что остальные 40% восстанавливаются за счет метаболических процессов[95].

В аэробном беге на длинные дистанции также было показано, что более высокие показатели ЦРС повышают экономичность бега – это говорит о том, что спортсмены с лучшими показателями ЦРС могут экономить больше энергии во время бега[64].

Это указывает на важность ЦРС как для высвобождения энергии, так и для энергосбережения. Однако такое накопление энергии упругости в сухожилии не может длиться вечно, и было показано, что период полураспада составляет 850 миллисекундх[96].

#### **1.4 Концепция проявления скоростных свойств цикла растяжения-сокращения**

Разновидностями скоростно-силовых способностей являются быстрая, взрывная и амортизационная силы. Быстрая сила характеризуется непределемым напряжением мышц со значительной, но не предельной скоростью; взрывная сила отражает способность достигать максимальных показателей силы в возможно короткое время; амортизационная сила – способность как можно быстрее закончить максимально быстрое движение. Эти способности составляют основу быстроты спринта и «рывковых» ускорений, прыжков и пр. в игровых видах спорта[15; 38; 39].

Реактивная сила была впервые введена Warren Young, как мера применения ЦРС конечностей в прыжках. Реактивная сила определяется как «Способность использовать растяжение мышц, а затем быстро переходить от эксцентрики к концентрическому сжатию». Прыжковые движения, которые

включают высокие нагрузки на растяжение мышечно-сухожильного комплекса, не всегда обладают высокими способностями в цикле растяжения сокращения.

Таблица 2 – Структурная модель цикла растяжение-сокращение

Фаза	Действие	Физиологическое событие
1 - Эксцентрическая	Растяжение мышцы агониста	Упругая энергия накапливается в последовательной упругой составляющей. Стимулируются мышечные веретена
2 - Амортизационная	Пауза между фазами 1 и 2	Афферентные нервы типа Ia синапсируют с альфа-мотонейронами. Альфа-мотонейроны передают сигналы группе мышц-агонистов.
3 - Концентрическая	Сокращение мышечных волокон - агонистов	Упругая энергия высвобождается из последовательной упругой составляющей. Альфа-мотонейроны стимулируют группу мышц-агонистов.

Время контакта  $\leq 0.250$  (сек.) классифицируется как быстрый ЦРС (цикл растяжение-сокращение). Прыжковое движение с участием времени контакта  $\geq 0.251$  (сек.) классифицируется как медленный ЦРС[94].

Во время ходьбы, бега и прыжков наши ноги постоянно касаются земли, а затем снова отрываются от нее ответным образом – это означает, что когда одна нога отрывается от земли, другая быстро соприкасается с ней. Период времени, в течение которого нога соприкасается с землей, известен как "время контакта с землей". Например, во время спринта время контакта стопы может составлять от 80 до 90 миллисекунд[93].

ЦРС возникает не только во время одиночных прыжков или отскоков, но и во время любой формы движения человека, когда конечность меняет направление. Например, во время ходьбы, прыжков, бега, скручивания или даже опускания, а затем поднятия руки. Поскольку конечности постоянно

меняют направление, в этот момент используется цикл растяжения-сокращения для изменения направления движения конечности.

В таблице 3 приведены некоторые примеры распространенных упражнений и их возможная классификация по ЦРС. Как показано в таблице 3, прыжок в длину обычно классифицируется как быстрое движение ЦРС, поскольку время контакта с землей составляет 140-170 миллисекунд[90].

В то время как беговая ходьба, время контакта с землей которой составляет 270-300 миллисекунд, обычно классифицируется как медленное движение ЦРС[79].

Таблица 3 – Результаты времени контакта с землей в распространенных упражнениях

<b>Упражнение</b>	<b>Время контакта с землей(мс)</b>	<b>Классификация ЦРС</b>
Спортивная ходьба	270-300	медленный
Спринт	80-90	быстрый
Прыжок с контрдвижением	500	медленный
Прыжок в глубину	130-300	Быстрый/медленный
Прыжок в длину	140-170	быстрый
Многократные прыжки с препятствиями	150	быстрый

Лобна Хаидар Махмуд и Мироненко И. Н. в исследовании оценивают взрывную силу спортсменов. Они считают, что взрывная сила определяется в основном силовыми возможностями сократительной составляющей мышц, а реактивность нервно-мышечной составляющей определяется совместным функционированием сократительного и упругого компонентов нервно-мышечного аппарата спортсменов. В практике спорта есть возможность определять уровень этих компонентов, выполняя следующий тест – «двойной прыжок-спрыгивание с места с высоты 40 см на одной ноге». В практике тренировки этот тест существенно минимизирует время тестирований и

позволяет получать больше информации о состоянии нервно-мышечного аппарата спортсменов[23].

Скоростные способности в своих элементарных и комплексных проявлениях позволяют спортсмену выполнять двигательные действия за минимальное время. К элементарным можно отнести латентное время простых и сложных двигательных реакций, скорость выполнения отдельного движения при незначительном внешнем сопротивлении, частоту движений. Комплексными можно считать способность к достижению высокого уровня дистанционной скорости, умение быстро набирать скорость на старте, выполнять с высокой скоростью движения, продиктованные игровой ситуацией[26; 32; 33].

Исследования свойств мышечных веретен свидетельствуют о том, что активность первичных окончаний чувствительного нерва зависит не только от длины, но и от скорости растяжения мышцы. Способность менять частоту своей импульсации в зависимости от скорости удлинения мышцы была названа динамической чувствительностью веретенных афферентов. Зависимость между скоростью растяжения мышц и частотой импульсации первичного афферента также близка к линейной[68; 87].

Преобладание статического или динамического ответов у веретенных афферентов зависит от соотношения скорости растяжения и длины мышц. При малых скоростях растяжения (менее 5 мм/с) мгновенная частота импульсации первичных веретенных афферентов отражает в основном мгновенную длину мышцы. При скоростях растяжения выше 5 мм/с импульсация первичных веретенных афферентов определяется в основном скоростью растяжения мышцы. Частота импульсации вторичных афферентов зависит в основном от степени удлинения мышцы[68].

Эксцентрическая перегрузка может происходить за счет увеличения скорости. Некоторые из методов, которые используются для увеличения эксцентрической скорости, - это приседания в бандажном прыжке, ускоренные взмахи и прыжки в глубину (в этой категории существует большой диапазон

интенсивности. Например, прыжки в глубину намного более напряженные, чем прыжки в бандажах или приседания). Как и в традиционных методах прыжков, увеличение эксцентрической скорости приближает к имитации реальных спортивных движений.

Более высокая эксцентрическая скорость может фактически вызвать большую нагрузку на ткани (фасции и сухожилия), чем при предыдущем более медленном эксцентрическом сокращении. Высокая скорость также может играть важную роль в торможении сухожилия Гольджи, однако у “более слабого” нетренированного спортсмена более высокие скорости могут подвергнуть спортсмена большому риску, поэтому начинать с таких упражнений может быть нецелесообразно.

Прыжки с бандажным ускорением / ассистированием - гораздо менее изученный метод улучшения ЦРС. Их можно настроить с помощью лент, подвешенных либо к подтягивающей планке, стойке, либо к какому-либо типу прочной верхней опоры. Бандажи существенно нейтрализуют гравитацию и позволяют прыгать с уменьшенным весом тела. Снижение массы тела и активного сопротивления при предварительной нагрузке может немного затруднить выполнение быстрых эксцентричных действий. Однако при правильном выполнении могут быть вызваны быстрые эксцентричные действия (обычно наблюдаемые при непрерывных прыжках). Прыжки с бандажом теоретически полезны по нескольким причинам.

1) Уменьшенный вес тела позволяет тренировать более быстрое концентрическое сокращение и, следовательно, более высокую концентрическую скорость, что может быть связано с более высокой частотой возбуждения нервной системы.

2) Уменьшенный вес тела позволяет быстро перейти от эксцентрического к концентрическому движению, поскольку усилие (вес тела), необходимое для перехода к движению, намного меньше (возможно, улучшается внутримышечная координация).

3) Более быстрое время сокращения может фактически увеличить способность мышц развивать более высокую скорость (увеличивая их максимальную скорость). Увеличение максимальной скорости теоретически может работать аналогично идее «резерва прочности».

Скорость выполнения глубоких приседаний значительно медленнее, чем приседаний в частичной амплитуде с последующими выпрыгиваниями. И поскольку скорость растяжения мышцы мала, то не возникает рефлекторной реакции на сокращение. Так же, глубокое приседание заставляет мышцы очень сильно растягиваться, что выводит их из состояния оптимальной длины. И чем сильнее изменяется оптимальное растяжение, тем труднее вызвать сильное сокращение. Если говорить в двух словах, то в плиометрических тренировках лучше использовать сокращенную амплитуду для того, чтобы иметь возможность развить максимальную взрывную силу и показать лучшие результаты. За исключением тех случаев, когда целью ставится получение результата в движении в полной амплитуде.

Время перехода между эксцентрическим и концентрическим сокращением увеличивается. Тогда эти механизмы, скорее всего, будут способствовать быстрому ЦРС, который имеет более высокую эксцентрическую скорость и более короткий переходный период, чем медленный ЦРС.

Активность цикла растяжение-сокращения может быть в первую очередь обусловлена медленной эксцентрической фазой, позволяющей увеличить время для развития силы[57].

Более медленные, продолжительные эксцентрические фазы и большее время перехода между эксцентрическим–концентрическим соединением, наблюдаемые при медленной активности ЦРС, вызывают сомнение в том, существуют ли такие механизмы. При участии цикла растяжение-сокращение рефлекс мышечного веретена и вклад упругой энергии и потенцирование могут быть столь же активны при выполнении медленных задач ЦРС по сравнению с быстрыми действиями ЦРС.

В результате была выдвинута гипотеза, что медленный и быстрый ЦРС могут представлять различные модели мышечных действий, которые основаны на различных биомеханических механизмах, которые могут по-разному влиять на производительность[57].

Различные упражнения или способы их выполнения могут вызывать различные механизмы действия ЦРС. Активность цикла растяжение-сокращение может оказаться не столь полезной для спортсменов, которые в основном полагаются на быструю активность ЦРС в выбранных ими видах спорта, и наоборот.

Скорость мышечно-сухожильного растяжения жизненно важна для плиометрических упражнений. Высокая скорость растяжения приводит к большей рекрутации мышц и активности во время концентрической фазы ЦРС. Важность скорости растяжения можно проиллюстрировать тремя различными тестами вертикального прыжка: статический присед, прыжок в обратном направлении и прыжок с разбегом в несколько шагов.

По мере увеличения скорости растяжения абсолютные результаты спортсмена в этих тестах улучшаются; прыжок со статическим приседом приводит к наименьшей высоте прыжка, а прыжок с разбегом - к самой высокой.

Статический прыжок с приседанием требует, чтобы спортсмен занял положение на корточках (т. е. согнул тазобедренный сустав на  $90^\circ$  и согнул колено на  $90^\circ$ ), а затем выпрыгнул вверх. Этот прыжок не использует накопленную упругую энергию и слишком медленный, чтобы обеспечить потенциал рефлекса растяжения, потому что эксцентрическая фаза практически отсутствует.

Прыжок с контрдвижением использует быстрый эксцентрический элемент (т. е. частичное приседание), за которым немедленно следует быстрая концентрическая мышечная активность (т. е. прыжок вверх). Быстрая эксцентрическая фаза позволяет спортсмену накапливать (и использовать) энергию упругой деформации в растянутой мышечно-сухожильной единице и

стимулирует рефлекс растяжения, тем самым усиливая мышечную активность[51].

Прыжок с набегания использует еще более быструю и мощную эксцентрическую фазу, чем прыжок с контрдвижением; увеличение скорости растяжения во время эксцентрической фазы позволяет дополнительно увеличить высоту вертикального прыжка[51].



## 1.5 Индекс реактивной силы (ИРС)

Реактивная сила - это ключевая сила и силовая способность, определяющая спортивные результаты. Силовые и силовые способности включают максимальную мышечную силу (сколько силы спортсмен может генерировать независимо от времени) и скорость развития силы (СРС - как быстро спортсмен генерирует силу). Однако реактивная сила уникальна тем, что она включает в себя способность сочетать движения, которые удлиняют мышечно-сухожильную ткань (эксцентрическое движение), а затем те, при которых мышечно-сухожильная ткань укорачивается (концентрическое движение). Эти движения называются циклами растяжения-сокращения (ЦРС), и они легко встречаются во всех видах человеческой деятельности, таких как бег, прыжки и движения с изменением направления. Движения, в которых задействованы ЦРС, часто называют плиометрикой, а реактивная сила и плиометрические способности иногда используются взаимозаменяемо.

Реактивную силу можно оценить с помощью индекса реактивной силы (ИРС), полученного из вариаций вертикального прыжка.

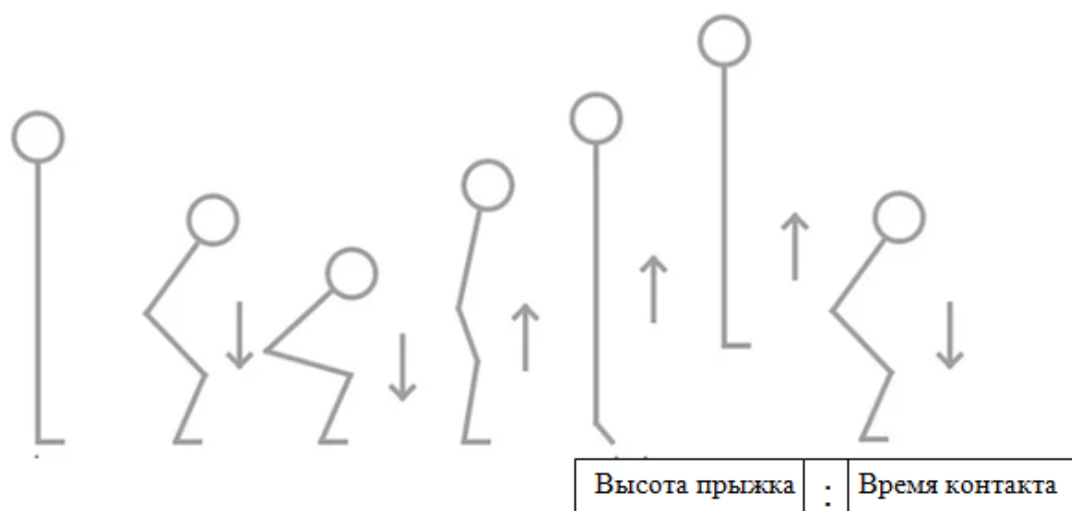


Рисунок 7 – Индекс реактивной силы

Оценка ИРС (индекса реактивной силы) является функциональным фактором для планирования плиометрических тренировок. Не все спортсмены обладают одинаковой реактивной способностью, и это будет определять уровень и качество плиометрических тренировок. Эти факторы могут варьироваться в зависимости от возраста, предыдущего опыта, уровня силы, состава тела, истории травм.

В области литературы существуют различные предложения по интенсивности, контролю и количественной оценке плиометрических тренировок, которые отличаются друг от друга. Но отношения между ними могут быть установлены для создания единого положения, используя взаимосвязь между ИРС и интенсивностью.

Индекс реактивной силы (ИРС) — это способность игрока быстро перейти от эксцентрического сокращения к концентрическому сокращению и развить максимальную силу за минимальное время.

Индекс реактивной силы был разработан для измерения реактивной прыгучести спортсменов и определения того, как они справляются со стрессом, оказываемым на их организм плиометрическими упражнениями.

Реактивная сила связана со скоростью ускорения, скоростью изменения направления и даже ловкостью. Существует множество достоверных тестов, используемых для измерения индекса реактивной силы, наиболее распространенным из которых является тест «прыжок с тумбы». Время контакта с землей в тесте индекса реактивной силы является важным параметром, который необходимо учитывать при тестировании спортсменов и особенно для интерпретации информации. Предполагается, что спортсмены должны иметь достаточный уровень технических плиометрических навыков, прежде чем они будут допущены к тестированию.

По данным в исследовании Young, W. индекс реактивной силы (ИРС) первоначально был разработан как часть теста для оценки силовых качеств, разработанного Австралийским институтом спорта, который включает[98]:

- Максимальная сила
- Скорость-сила при высокой нагрузке ( $> 30\%$  от максимальной)
- Скорость-сила при низкой нагрузке ( $< 30\%$  от максимальной)
- Скорость развития силы
- Реактивная сила (изменение движения с быстрого эксцентрического на быстрое концентрическое)
- Эффективность навыка (координация мышечных сокращений в специфическом для спорта действии)

Flanagan, E.P. с соавторами считает, что ИРС был разработан с целью изучения реакции атлета на нагрузку во время плиометрических упражнений, путем измерения мышечно-сухожильного напряжения и их реактивной прыгучести[58].

Индекс реактивной силы демонстрирует способность спортсмена быстро переходить от эксцентрического движения к концентрическому мышечному сокращению и является выражением его динамической взрывной способности к вертикальному прыжку[98].

ИРС является одним из надежных инструментов для мониторинга нагрузки на мышечно-сухожильный комплекс. Тестирование ИРС использовалось в основном во время плиометрических измерений, таких как глубина прыжка, которые имеют отчетливую фазу контакта с землей.

Глубина прыжка является одним из наиболее часто используемых и наиболее изучаемых плиометрических упражнений. При прыжке в глубину спортсмен падает с фиксированной высоты и сразу после приземления выполняет взрывной вертикальный прыжок.

Индекс реактивной силы - это соотношение между высотой и временем контакта с землей, таким образом, эти переменные следует рассматривать в сочетании с общим показателем ИРС.

Инкрементный ИРС также может быть использован для предоставления рекомендаций по оптимальной высоте падения спортсмена при выполнении плиометрических упражнений[76].

Кроме того, тесты ИРС, являющиеся полезным маркером для измерения производительности и прогресса в тренировках, также широко используются для измерения нервно-мышечной усталости во время соревнований в командных видах спорта[54; 62].

Поскольку ИРС демонстрирует способность спортсмена быстро и эффективно переходить от эксцентрического сокращения к концентрическому, он, следовательно, отражает способность использовать цикл растяжения-сокращения и взрывные качества во время динамичных прыжков[76].

Способность спортсмена быстро и эффективно выполнять цикл растяжения-сокращения мышц важна для различных видов спорта.

Существует три распространенных метода расчета эффективности теста ИРС. Это:

- Метод 1: ИРС = высота прыжка / время контакта с землей.
- Метод 2: ИРС = время полета / время контакта с землей
- Метод 3: ИРС = высота прыжка / время до взлета

Высота прыжка - это оценка изменения высоты центра масс спортсмена. Высоту прыжка лучше всего измерять, используя данные о скорости с силовой платформы. Его можно рассчитать по следующей формуле:

$$\text{Высота прыжка} = 9,81 * (\text{время полета})^2 / 8$$

Время полета – это общее время, в течение которого спортсмен находится в воздухе во время прыжка - с момента разрыва контакта с полом до момента первого касания при приземлении. Его часто измеряют с помощью прыжкового / контактного коврика, однако на результаты может легко повлиять положение тела во время взлета и посадки. Например, если спортсмен сгибает ноги во

время полета, это может изменить результаты и повлиять на точность теста. Время до взлета включает эксцентрическую и концентрическую фазы цикла растяжения-сокращения[55].

По данным исследования Garcia-Lopez J. с соавторами высоту прыжка и время полета можно измерить напрямую и точно, многие профессионалы предпочитают использовать время полета, а не высоту прыжка, потому что его легче получить и оно занимает меньше времени. Не имеет большого значения, какой расчет используется, поскольку высота прыжка и время полета сильно коррелируют, оба являются прямым математическим выводом[60].

Время контакта с землей в плиометрических упражнениях является важной переменной, которую должны учитывать тренеры по силовым упражнениям и физической подготовке. Изучая время контакта с землей во время выполнения плиометрического упражнения, высококвалифицированный тренер может точно оценить, какой тип ЦРС (быстрый или медленный) используется.

Принцип специфичности диктует, что требования вида спорта спортсмена или задачи, в которой спортсмен желает улучшить свои результаты, будут непосредственно определять режим интенсивности выполнения плиометрического упражнения[57].

Спортсмены, целью тренировок которых является просто увеличение максимальной высоты прыжка, такие как прыгуны с линии в регби, могут извлечь выгоду из более длительного времени контакта с землей, что позволяет им развить максимальную силу и максимальную высоту прыжка. Спортсмены, желающие улучшить свою максимальную скорость в спринтерском беге, которая в первую очередь зависит от резкого использования ЦРС, потребовало бы плиометрической тренировки с более коротким временем контакта. Изучение времени контакта его или ее спортсменов с землей во время плиометрической тренировки придаст им силы и тренер по физической подготовке - отличный показатель того, насколько эффективно выполняется упражнение для конкретного вида спорта[57].

При использовании силовой пластины лучше использовать высоту прыжка, основанную на силах реакции грунта, поскольку это было предложено для обеспечения более достоверного показателя ИРС. Если нет силовой пластины, то использование времени полета, рассчитанного по контактному коврику, также хорошо работает и часто используется в исследованиях и практике.

Существуют нормативы оценки индекса реактивной силы, основанные на данных исследования A.N. Turner и I. Jeffreys [94].

#### Нормативы для индекса реактивной силы

- Менее 1.5 - Слабый ИРС, низкий общий атлетизм. Необходима работа над силовой частью, и плиометрика низкого уровня
- 1.5-2 - Средний ИРС, плиометрика среднего уровня, ИРС - этот тот аспект, который нужно улучшать
- 2-2.5 - Хороший ИРС, можно выполнять плиометрику высокого уровня
- 2.5-3 - Высокий ИРС, уменьшение эффективности плиометрики для данных атлетов и более - ИРС атлетов мирового уровня, эффективность плиометрики ограничена

По словам Фланагана, ИРС можно использовать для определения наиболее подходящей интенсивности плиометрических тренировок в зависимости от уровня спортсмена. Оценка ИРС, равная 2,0 – 2,5, предполагает, что спортсмены готовы выполнять плиометрику высокой интенсивности (например, прыжки с трамплина), в то время как оценка 1,5 - 2,0 означает плиометрику средней интенсивности (например, прыжки с подтягиванием), а спортсмену, набравшему менее 1,5 баллов, следует выполнять плиометрику низкой интенсивности или экстенсивную (например, экстенсивные прыжки пого).

Индекс реактивной силы является мерой способности реактивного прыжка и показывает, как спортсмен справляется с плиометрическими упражнениями и выполняет их. В настоящее время существует пять

известных действительных и надежных тестов, используемых для измерения ИРС. ИРС, по-видимому, связан с ускорением, маневренностью и скоростью изменения направления.

## **2 Организация и методы исследования**

### **2.1 Организация исследования**

**1 этап** – сентябрь 2021 года – апрель 2022года выбор темы исследования, поиск и анализ научно-методической литературы по виду спорта лыжные гонки, кондиционной подготовке, плиометрии и её проявлении в двигательных действиях с точки зрения физиологических особенностей при изменении показателей индекса реактивной силы в цикле растяжение-сокращение мышечно-сухожильного комплекса. Были проанализированы материалы научно-методической литературы для выбора теста измерения индекса реактивной силы.

**2 этап** определение контрольной группы, в которую вошли 10 спортсменов мужского пола, занимающиеся лыжными гонками на этапе совершенствования спортивного мастерства, возрастом от 17-18лет и спортивной квалификацией «кандидат в мастера спорта» для оценки индекса реактивной силы. Тренировочный процесс был организован на базе Академия биатлона, в Спортивной школе олимпийского резерва «Академия биатлона». Тестирование проводилось с декабря 2022 года по март 2023 года.

**3 этап** - Тестирование проводилось в восстановительном микроцикле соревновательного периода, данный этап подготовки характеризуется небольшой по продолжительности тренировочной нагрузки и невысокими показателями интенсивности относительно ЧСС. Тренировки, направленные на развитие силы, выполнялись 2-3 раза в неделю. Продолжительность ежедневной тренировки в неделю составила 90минут. Тренировки проводились 8-9 раз в неделю. Использовались следующие средства подготовки: кросс с палочками, лыжи (низкая зона интенсивности) силовая в зале с дополнительным весом 75%-60% от максимума 6-5 упражнений (5 из которых на верхний плечевой пояс). Вся группа тренировалась по одной программе подготовки.



**4 этап** март 2023 года – проводился сравнительный анализ и обоснование, полученных результатов индекса реактивной силы, времени контакта с поверхностью снега, используя классический стиль передвижения («кроссовый вариант»). В процессе сравнительного анализа удалось выявить активное участие цикла растяжение-сокращение в лыжных гонках.

**5 этап** – март – апрель 2023 года – оформление текста магистерской диссертации, формулирование выводов по проведенной научно-исследовательской работе.

## **2.2 Методы исследования**

Для проведения нашего исследования мы использовали следующие методы:

- анализ литературных источников;
- педагогическое наблюдение;
- педагогическое тестирование (индекс реактивной силы);
- методы математической статистики (описательная статистика, ранжирование, ранговый корреляционный анализ).

**А) Анализ литературных источников.**

**В) Педагогическое тестирование.**

Тестирование – метод исследования, направленный на выявление и оценку уровня развития какого-либо свойства, качества или навыка. Одно из ключевых требований для тестирования это качественный подбор надежных и информативных тестов. Для тестирования будут использованы следующие тесты:

1. Индекс реактивной силы. Оценка показателей ИРС (индекс реактивной силы) происходила с помощью диагностического комплекса VERT. Система VERT позволяет оценить показатели высоты прыжка, времени полета, мощности, жесткости приземления, кинетической энергии в двигательном действии, ИРС и др. . ИРС считается как отношение высоты отскока (в метрах), ко времени контакта перед этим отскоком (в секундах). Для измерения совершается два последовательных прыжка вверх, первый прыжок выполняется не в полную силу, а вот 2-ой как раз таки с максимальным усилием вверх. Тренировочная программа на момент тестирования была у всех одинаковая. Перед тестированием была произведена качественная разминка, включая бег на беговой дорожке, а после обще развивающие упражнения с воздействием на весь опорно-двигательный аппарат. Результат ИРС формировался из 3

контрольных сетов. В дополнение мы повторно проводили 3 попытки, из которых отбирали один результат по среднему арифметическому.

2. Тест на «время контакта с поверхностью снега», используя попеременный классический стиль передвижения («кроссовый вариант»). Данный тест проводился после разминки на лыжах в 1-ой зоне интенсивности относительно ЧСС по продолжительности в 30 минут, а также после 3-7 повторений взрывных ускорений не в полную силу. Основное задание при выполнении теста – максимально аккумулировать все усилия при использовании классического попеременного стиля(кроссовый вариант). На рисунке 8 представлено использование техники попеременного классического стиля(кроссовый вариант).



Рисунок 8 – Техника попеременного двухшажного классического хода (кроссовый вариант)

При измерении времени контакта с землей во время двигательного действия в избранном виде спорта (бег попеременным стилем в гору) результат был зафиксирован с помощью видеосъемки и приложения контрольно-измерительной системы Mu Jump Lab. Данная система имеет широкий спектр тестов и функций[63].

В процессе тестирования можно получить показатели высоты прыжка, ИРС, времени контакта с поверхностью земли, времени полета в каждом шаге, графический анализ сила-скорость, ассиметрии, диагностики биомеханики движений и др. При измерении времени контакта с поверхностью снега была

осуществлена видеосъемка 3 попыток передвижения на лыжах классическим стилем «кроссовый вариант».

В дальнейшем была проведена диагностика каждого цикла движения, и выявлено среднее значение времени контакта, относительно выполненных шагов. В исследовании Turner A.N. и Jeffreys I. было установлено, что время контакта  $\leq 0.250$  (сек.) классифицируется как быстрый ЦРС (цикл растяжение-сокращение). Прыжковое движение с участием времени контакта  $\geq 0.251$  (сек.) классифицируется как медленный ЦРС[94].

3. Тест 100м попеременным классическим стилем (кроссовый вариант) в подъем с углом наклона 7-9 градусов. При проведении данного теста были использованы секундомер и часы Polar. По команде: Марш! Испытуемый начинал забег с максимальным усилием. На финише стоял контролер для отсечки времени.

### **Г) Методы математической статистики**

#### **Корреляционный анализ**

Под корреляцией понимают связь между признаками, которая имеет статистический характер. В случае функциональной связи, одному значению аргумента соответствует только одно значение функции. Для реальных объектов, однако, характерна статистическая связь, то есть, для каждого значения аргумента существует ряд значений функции. Сила и направление такой связи измеряется с использованием методов корреляционного анализа. С его помощью определяют фактическую степень параллелизма между двумя рядами изучаемых признаков, и дают оценку тесноты установленной связи с помощью количественного выраженного коэффициента.

Степень, сила или теснота корреляционной связи определяется по величине коэффициента корреляции. Сила связи не зависит от её направленности и определяется по абсолютному значению коэффициента корреляции. Максимальное возможное абсолютное значение коэффициента корреляции  $r_{xy} = 1$ ; минимальное  $r_{xy} = 0$ .

Рассмотрим общую классификация корреляционных связей:

- сильная, или тесная при коэффициенте корреляции  $|r_{xy}| > 0,70$ ;
- средняя при  $0,50 < |r_{xy}| < 0,69$ ;
- умеренная при  $0,30 < |r_{xy}| < 0,49$ ;
- слабая при  $0,20 < |r_{xy}| < 0,29$ ;
- очень слабая при  $|r_{xy}| < 0,19$ .

Применяемый нами коэффициент корреляции – это коэффициент Браве-Пирсона применим в том случае, если измерение значений исследуемых признаков производится в шкале отношений или интервалов и форма зависимости является линейной. Коэффициент корреляции характеризует только линейную взаимосвязь. Линейная взаимосвязь двух случайных величин состоит в том, что при увеличении одной случайной величины другая случайная величина имеет тенденцию возрастать по линейному закону[20].

Первый этап расчета – нахождение среднего арифметического данных и стандартного отклонения, которые будут предоставлены после педагогического тестирования. Для расчета значения среднего арифметического используется формула (1), а для расчета стандартного отклонения используется формула (2):

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

Второй этап расчета – использование метода Браве-Пирсона параметрический показатель, для вычисления которого сравнивают средние и стандартные отклонения результатов двух измерений. Для расчета значения используется формула (3).

$$r_{xy} = \frac{n*\sum X*y-\sum x*\sum y}{\sqrt{(n*\sum x^2-(\sum x)^2)*(n*\sum y^2-(\sum y)^2)}} \quad (3)$$

### **3 Обоснование спортивного результата на основе плиометрических показателей тестирования лыжников-гонщиков**

#### **3.1 Результаты тестирования плиометрических показателей лыжников-гонщиков (показатели ЦРС при измерении времени контакта с поверхностью снега)**

Анализ результатов тестирования времени контакта с поверхностью снега при использовании попеременного классического стиля (кроссовый вариант) позволяет более детально изучить ЦРС лыжников-гонщиков с применением лыжного инвентаря в процессе специального двигательного действия.

После обработки результатов была изучена кинограмма движения при использовании попеременного классического лыжного хода (кроссовый вариант).

Анализ кинограммы движений лыжников-гонщиков помог в изучении времени контакта с поверхностью снега, подсчета количества циклов и аналитических данных о времени полета.

Проанализировав результаты в приложении My Jump Lab, был получен основной показатель, характеризующий проявление плиометрических способностей и цикла растяжение-сокращение в лыжных гонках, преимущественно классическим стилем при «забегании кроссом на лыжах». Результаты представлены в таблице 4.

Параметры времени контакта с поверхностью снега были оцифрованы после 20-ти циклов движения. На основании данных циклов каждого участника вычислено среднее время контакта с поверхностью снега. Время контакта позволяет сформировать понимание о стадии развития ЦРС, на каком уровне активации происходит цикл. Быстрый цикл растяжения сокращения наблюдается во многих упражнениях избранного вида спорта, но качественное его определение помогает провести сравнительный анализ и актуальность применения в спортивной подготовке. Особое влияние на изменение результатов времени контакта с поверхностью снега оказывает вклад скорости

и силы двигательного действия. Отличительной характеристикой при отталкиваниях от поверхности снега является цикл растяжения-сокращения, в котором активное участие принимает весь сухожильно-мышечный комплекс. Для наиболее эффективного отталкивания в тренировочном процессе лыжников-гонщиков нужно создать сбалансированное воздействие на развитие силы и скорости. Показатели времени контакта с поверхностью снега оцениваются как составная часть оценочных методов плиометрических показателей.

Таблица 4 – Результаты плиометрических показателей лыжников-гонщиков

№ Испытуемого	Среднее время контакта с поверхностью снега (сек)	Среднее время полета(сек)
1	0,067	0,3
2	0,119	0,229
3	0,104	0,213
4	0,11	0,246
5	0,128	0,231
6	0,103	0,214
7	0,124	0,207
8	0,126	0,231
9	0,122	0,226
10	0,127	0,208

После теста классическим стилем (кроссовый вариант) с помощью контрольно-измерительной системы My Jump Lab было подсчитано среднее арифметическое показателя – среднее время контакта с поверхностью снега(сек). Показатели среднего арифметического представлены в таблице 5 и по данным исследования Turner A.N. и Jeffreys относятся к быстрому типу цикла растяжение-сокращение. По данным исследования Turner A.N. и Jeffreys I. Время контакта  $\leq 0.250$  (сек.) классифицируется как быстрый ЦРС (цикл растяжение-сокращение). Прыжковое движение с участием времени контакта  $\geq 0.251$  (сек.) классифицируется как медленный ЦРС[94].

Цикл растяжения-сокращения сочетает в себе механические и нейрофизиологические механизмы и является основой плиометрических

упражнений. Быстрое эксцентрическое мышечное действие стимулирует рефлекс растяжения и накопление энергии упругой деформации, которые увеличивают силу, создаваемую во время последующего концентрического действия.

Таблица 5 – Среднее значение плиометрических показателей лыжников-гонщиков в процессе использования лыжного классического стиля («кроссовый вариант»)

Среднее время контакта с поверхностью снег (сек) (n=10)	Среднее время полета(сек) (n=10)
0,113+-0,019	0,230+-0,027

Средний результат времени контакта с поверхностью снега у 10 спортсменов получился следующим – 0,113 сек. Результаты времени контакта с поверхностью снега у спортсменов составили менее 0.250 секунд.

Полученные в ходе исследования данные подтверждают, что цикл растяжение-сокращение в лыжных гонках имеет относительно высокий показатель при использовании попеременного классического хода «кроссовый вариант». После анализа результатов времени контакта с поверхностью снега у квалифицированных лыжников-гонщиков можно.

### **3.2 Результаты тестирования индекса реактивной силы у квалифицированных лыжников-гонщиков**

После проведения обследования результатов плиометрических показателей (индекса реактивной силы) можно произвести аналитику показателей. В ходе сравнительной характеристики вывели следующие параметры индекса реактивной силы, результаты представлены в таблице 6 Показатели ИРС лыжников-гонщиков находятся на достаточно хорошем уровне[94].



При изучении темы исследования индекса реактивной силы была сформирована шкала оценивания уровня развития плиометрических способностей учеными Turner A.N. и Jeffreys I.[94]. Авторы указывают на то, что уровень развития плиометрических способностей позволяет сформировать наиболее грамотный подход в спортивной подготовке квалифицированных атлетов, выстраивая за счет двух ключевых качеств 1) сила и 2) скорость.

Результаты квалифицированных лыжников-гонщиков в тестировании плиометрического показателя ИРС представлены в таблице 5. Ключевые маркеры при определении индекса реактивной силы это высота прыжка и время контакта с поверхностью земли. При изучении этих двух маркеров можно отличить за счёт какого качества происходит наибольший прирост. В результате определения маркера можно корректировать тренировки направленные на развитие скоростно-силовых качеств. При наличии высокого показателя времени контакта с землей нужно провести анализ тренировочной программы на развитие скоростных способностей цикла растяжения-сокращения. Если результаты высоты прыжка имеют низкий уровень развития для избранного вида спорта, то стоит рассмотреть программу тренировок, направленных на развитие плиометрических способностей.

Показатели квалифицированных лыжников-гонщиков в таблице 6 отражают способность цикла растяжение-сокращение создать.

Таблица 6 – Результаты индекса реактивной силы лыжников-гонщиков

№ Испытуемого	ИРС (м/с)	Высота прыжка (м)	t контакта с поверхностью земли (сек)
1	2,03	0.71	0.349
2	1,77	0.45	0.264
3	1,70	0.51	0.287
4	1,53	0.39	0.258
5	1,73	0.48	0.277
6	2,10	0.64	0.304
7	1,86	0.58	0.313
8	1,61	0.45	0.279
9	1,58	0.56	0.354
10	1,44	0.41	0.284

После анализа результатов 10-ти испытуемых был рассчитан результат среднего арифметического значения плиометрических показателей лыжников-гонщиков. Результаты представлены в таблице 7. Для группы испытуемых результаты теста индекса реактивной силы находятся на достаточно хорошем уровне развития относительно оценочной шкалы, предложенной учеными A.N. Turner и I. Jeffreys [94].

#### Нормативы для индекса реактивной силы

- Менее 1.5 - Слабый ИРС, низкий общий атлетизм. Необходима работа над силовой частью, и плиометрика низкого уровня
- 1.5-2 - Средний ИРС, плиометрика среднего уровня, ИРС - этот тот аспект, который нужно улучшать
- 2-2.5 - Хороший ИРС, можно выполнять плиометрику высокого уровня
- 2.5-3 - Высокий ИРС, уменьшение эффективности плиометрики для данных атлетов и более - ИРС атлетов мирового уровня, эффективность плиометрики ограничена

Таблица 7 – Среднее значение плиометрических показателей лыжников-гонщиков

<b>ИРС (м/с)</b>	<b>Высота прыжка (м)</b>	<b>Время контакта с поверхностью земли (сек)</b>
1,74 +- 0,12	0,51 +- 0,07	0,297 +- 0,03

$$1.5(\text{м/с}) > \underline{1.74(\text{м/с})} > 2.0 (\text{м/с})$$

Оценка данных показателей позволяет определить взаимосвязь с результатами лыжников-гонщиков в попеременном классическом стиле (кроссовый вариант). Взрывные качества спортсменов определяют способность аккумулировать высокий потенциал в двигательных действиях избранного вида спорта, что создает положительный эффект на результат атлета. Определяя индекс реактивной силы, можно определить насколько эффективно спортсмен обладает скоростными или силовыми способностями. Для спринтерских

дисциплин в лыжных гонках характерно развитие скоростных и силовых способностей.

### **3.3 Влияние плиометрического показателя (ИРС) на результат квалифицированных лыжников-гонщиков при передвижении классическим стилем (кроссовый вариант)**

После проведения тестирования классическим стилем (кроссовый вариант) и оценки плиометрического показателя(ИРС) были получены следующие результаты.

Специфика теста на 100 метров классическим попеременным стилем (кроссовый вариант) заключалась в применении активного цикла растяжения-сокращения в максимальное короткое время контакта с поверхностью снега. Отрезок был подобран с целью изучения цикла растяжения-сокращения при использовании гликолитических мышечных волокон, что наиболее актуально для лыжников-гонщиков, специализирующихся на спринтерских дисциплинах.

Результаты теста в забеге кроссовым вариантом представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты теста 100м попеременным классическим стилем (кроссовый вариант) в подъем с углом наклона 7-9 градусов.

<b>№ Испытуемого</b>	<b>Время (сек)</b>
1	20.44
2	21.03
3	22.66
4	20.32
5	21.71
6	19.87
7	20.92
8	22.43
9	22.89
10	23.08

На основе полученных результатов в забеге попеременным классическим стилем (кроссовый вариант) мы определили корреляционный анализ.

Для определения связи и значимости влияния полученных показателей ИРС и результатов теста лыжников-гонщиков попеременным классическим стилем (кроссовый вариант) мы использовали корреляционный анализ Брава-Пирсона, результаты которого приведены на рисунке 9.

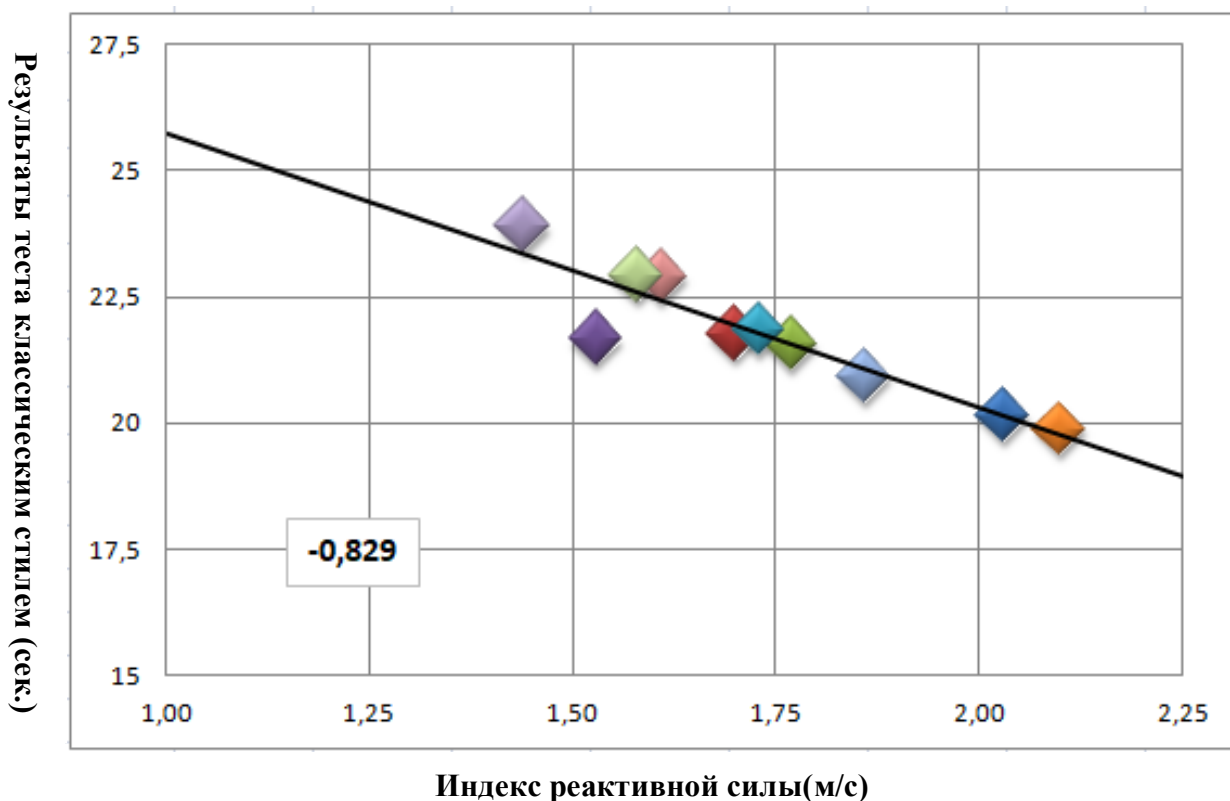


Рисунок 9 – Взаимосвязь плиометрического показателя(ИРС) и результата лыжников-гонщиков при передвижении классическим стилем (кроссовый вариант)

Таким образом, определив коэффициент корреляции Брава-Пирсона, мы выявили степень связи и провели оценку значимости влияния плиометрического показателя(ИРС) лыжников-гонщиков на результат теста попеременным классическим стилем (кроссовый вариант). Выяснилось, что показатель расчетного значения корреляции между плиометрическим

показателем(ИРС) и результатами теста лыжников-гонщиков равен ( $r_s$ ) = -  
**0,829**.

Это подтверждает наличие сильной связи между плиометрическим показателем(ИРС) лыжников-гонщиков и результатами теста классическим стилем (кроссовый вариант) и положительного влияния на спортивный результат в спринтерских дисциплинах лыжников-гонщиков. На основе полученного расчетного значения можно сказать, что сильная взаимосвязь формирует высокий потенциал в развитии программы тренировок, связанной с улучшением плиометрических способностей квалифицированных лыжников-гонщиков.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования была рассмотрена тема плиометрики в лыжных гонках. Также была проведена оценка специальных плиометрических показателей лыжников-гонщиков.

По итогу проведенной работы можно сформулировать следующие выводы:

1. Понятие плиометрики используется относительно недавно, но тренировочный процесс с использованием «ударного метода» был осуществлен в 60-х годах XX века. Один из первооткрывателей данного направления является Верхошанский Ю.В., впоследствии улучшение спортивных результатов при помощи тренировок с элементами плиометрики приобрело необходимость для ее изучения среди спортсменов и тренеров в различных видах спорта. Стоит отметить высокий вклад Wilt F. и Yessis M. в формулировки и изучения направления «плиометрика».

Плиометрика – форма физических упражнений, которая связывает силу со скоростью движения. Эти упражнения помогают мышцам развивать наибольшее усилие за наименьший возможный промежуток времени.

2. В процессе использования движений плиометрического характера у спортсменов активное участие принимает цикл растяжения-сокращения. Плиометрическая тренировка использует преимущества быстрого циклического действия мышц, известного как "цикл растяжения-сокращения (ЦРС), при котором мышца подвергается эксцентрическому сокращению, за которым следует переходный период перед концентрическим сокращением. Основные особенности цикла растяжения-сокращения заключаются во времени контакта с поверхностью земли. Время контакта  $\leq 0.250$  (сек.) классифицируется как быстрый ЦРС (цикл растяжение-сокращение). Прыжковое движение с участием времени контакта  $\geq 0.251$  (сек.) классифицируется как медленный ЦРС. Для оценки реактивной силы специалисты в области кондиционной подготовки разработали формулу расчета индекса реактивной силы. ИРС

демонстрирует способность спортсмена быстро переходить от эксцентрического движения к концентрическому мышечному сокращению и является выражением его динамической взрывной способности к вертикальному прыжку

3. После проведения тестирования плиометрических показателей были получены следующие результаты времени контакта с поверхностью снега при использовании попеременного классического стиля (кроссовый вариант) Средний результат времени контакта с поверхностью снега у 10 спортсменов получился следующим – 0,113 сек. Результаты времени контакта с поверхностью снега у спортсменов составили менее 0.250 секунд. Время контакта  $\leq 0.250$  (сек.) классифицируется как быстрый ЦРС (цикл растяжение-сокращение).

4. Установлена взаимосвязь результата в тесте попеременным классическим стилем (кроссовый вариант) с показателями индекса реактивной силы лыжников-гонщиков. Выяснилось, что показатель расчетного значения корреляции между плиометрическим показателем(ИРС) и результатами теста лыжников-гонщиков равен  $(r_s) = - 0,829$ . Это подтверждает наличие сильной связи между плиометрическим показателем(ИРС) лыжников-гонщиков и результатами теста классическим стилем (кроссовый вариант) и положительного влияния на спортивный результат в спринтерских дисциплинах лыжников-гонщиков.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамишвили Г.А., Карпов В.Ю. Современные технологии развития взрывной силы ног и мощности отталкивания у юных баскетболисток / Г.А. Абрамишвили, В.Ю. Карпов // Научный поиск. – 2015. – 67-69 с.
2. Аикин В.А. Беговая экономичность и особенности ее повышения у легкоатлетов-стайеров (Зарубежный опыт) / В.А. Аикин, Ю.В. Корягина // Наука и спорт: современные тенденции. – 2014. – Т. 3. – С. 86-90.
3. Баталов, А.Г. Нормирование интенсивности тренировочных нагрузок в лыжных гонках: методические разработки / А.Г. Баталов. – М. : Физическая культура и спорт, 1991. – 96 с
4. Братчиков С.А. Анализ кинематических показателей техники элитных лыжников-гонщиков в индивидуальном спринте классическим стилем / С.А. Братчиков, В.Г. Сенатская, С.С. Дубровинский // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2021. – Т. 16, № 2. – С. 9-15.
5. Верхошанский Ю.В. Быстрота в спортивных движениях. / Ю.В. Верхошанский // В легкой атлетике. - 1996. – Т. 11. – С. 29-37
6. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю.В. Верхошанский. – М. : Физкультура и спорт, 1977. – 215 с.
7. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю.В. Верхошанский, - М., 1998. – С. 1-4.
8. Гаврилюк А.А., Петрова М.А., Еремеева А.С. Влияние плиометрических тренировок на скоростно-силовые показатели регбисток / А.А. Гаврилюк, М.А. Петрова, А.С. Еремеева // Физическое воспитание в условиях современного образовательного процесса сборник материалов V-ой Международной научно-практической конференции. Шуя, 2023. С. 289-291



9. Гурский В.П. Педагогическая концепция управления системой двигательных действий лыжников-гонщиков: автореферат диссертации доктора педагогических наук / Гурский, Александр Викторович; Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2016. - 51 с.

10. Гурский, А.В. Современные средства и методы специальной подготовки лыжника-гонщика: монография / А.В. Гурский, В.В. Ермаков, В.С. Шевцов. - Смоленск: СГАФКСТ, 2012.- 146 с.

11. Дьячков, В.М. Экспериментальное обоснование и разработка системы тренировки в скоростно-силовых видах спорта: автореферат диссертации д-ра пед. наук. / Дьячков Владимир Михайлович – Москва, 2013. – 50с.

12. Ермаков В.В. Современные средства и методы специальной подготовки лыжника-гонщика : монография / Смоленская гос. академ. физич. культуры, спорта и тур-ма. Смоленск : 2012. 149 с.

13. Железняк Ю.Д. Юный волейболист: Учеб. пособие для тренеров. - М., 1988. - 192 с.

14. Загурский, Н.С. Тестирование физической подготовленности спортсменов с использованием акселерометра «Myotest Pro» / Н. С. Загурский, Л. Я. Сидорова // Проблемы совершенствования физической культуры, спорта и олимпизма. Физическая культура и спорт. – 2016. – № 1. – С. 79-87.

15. Кайгородова, А.В. Физические упражнения для развития скоростно-силовых способностей: учеб.-метод. пособие / А.В. Кайгородова, Р.Х. Митриченко. – Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2015. – 35 с.

16. Колыхматов В. И. Развитие специальной выносливости высококвалифицированных лыжников-гонщиков, специализирующихся в спринтерских видах гонок, в годичном цикле подготовки: автореферат диссертации кандидата педагогических наук / Колыхматов, Владимир Игоревич; Федеральный научный центр физической культуры и спорта. - Москва, 2014. - 24 с.

17. Корягина Ю.В. Техника лыжных ходов: современные зарубежные классификации и терминология / Ю.В. Корягина // Физкультурное образование Сибири. – 2015. – Т. 33, № 1. – С. 100-104.
18. Корягина, Ю.В. Современная лыжная техника: сочетание мощности и экономичности (по данным зарубежной литературы) / Ю. В. Корягина, В. И. Михалев, О. С. Антипова, В. А. Аикин, Е. М. Сухинин // Ученые записки университета Лесгафта. – 2015.– № 4 (122). – С. 132–139.
19. Корягина, Ю.В. Современные аспекты спортивной подготовки в биатлоне и лыжных гонках (по данным материалов международного научного конгресса «Наука и лыжный спорт: от теории к практике») / Ю.В. Корягина, Н.С. Загурский // Ученые записки ун-та имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 8 (126). – С. 80–87.
20. Коэффициент ранговой корреляции Браве-Пирсона [Электронный ресурс] : Медицинский информационно-аналитический центр «ИнфаМед». – 2015. –Режим доступа: <http://www.infamed.com/stat/s05.html>
21. Крошкина Ю.А. Плиометрика как средство развития прыгучести волейболистов среднего школьного возраста / Педагогические науки: Актуальные вопросы теории и практики: сборник статей IV Международной научно-практической конференции // Пенза, 2022. С. 142-144
22. Манжосов В.Н. Анализ техники конькового и полуконькового ходов и их эффективности. М., 1985. 81 с.
23. Махмуд Л.Х. Тест «двойной прыжок-спрыгивание с высоты 40 см» для оценки взрывной и реактивной силы / Л.Х. Махмуд, И.Н. Мироненко // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 11 (177).
24. Мироненко, И.Н. Сальтология: основы прыжковых локомоций / И.Н. Мироненко. – Воронеж : Научная книга, 2019. – 222 с.
25. Москальонова Н.А., Варнина А.С., Ваньков П.Ю. Повышение скоростно-силовой подготовленности баскетболисток на основе плиометрии / Н.А. Москальонова, А.С. Варнина, П.Ю. Ваньков // Физическая культура и спорт в современном обществе материалы Всероссийской научно-практической

конференции, посвященной 75-летию Великой Победы. Хабаровск, 2020. С. 206-210.

26. Никитушкин, В.Г. Современная подготовка юных спортсменов / В.Г. Никитушкин. – М., 2009. – 113 с.

27. Никонов, В.И. Методы контроля за специальной физической подготовленностью спортсменов на этапе спортивного совершенствования / В.И.Никонов, И.И.Никонов, Н.В.Никонов и др. // Международный научноисследовательский журнал. - 2016. - № 1 (43). Часть 4. - С. 29-35.

28. Новикова Н.Б. Анализ динамики угловых характеристик попеременного двухшажного классического хода сильнейших лыжников / Н.Б. Новикова, Г.Г. Захаров, Н.Б. Котелевская // Вестник спортивной науки. – 2018. – Т. 2. – С. 17-20.

29. Оганджанов, А.Л. Комплексный контроль технической и физической подготовленности легкоатлетов-прыгунов с использованием видеоанализа и акселерометрии / А.Л. Оганджанов, В.П. Косихин, А.В. Жигалов // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. – 2016. – № 1. – С. 182-189.

30. Петров Р. Е. Физическая подготовка лыжников-гонщиков с учетом биоэнергетических типов: автореферат диссертации кандидата педагогических наук / Петров Роман Евгеньевич; Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма. - Набережные Челны, 2014. - 22 с.

31. Пирог А.В. Исследование структуры движений и пути ее совершенствования в одновременных лыжных ходах. 23 с.

32. Платонов В.Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов / В. Н. Платонов. – Москва: Спорт., 2019. – 656 с.: ил.

33. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения/ В.Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.

34. Правила вида спорта «лыжные гонки»: утв. Приказом Минспорта России от 05.12.2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://minsport.gov.ru/2022/doc/06122022/ПРАВИЛА%20ПО%20ЛЫЖНЫМ%20ГОНКАМ.pdf>

35. Правила международных соревнований по лыжным гонкам (ФИС) / International Competition Rules (ICR) Cross-Country [Электронный ресурс]. // Международная федерация лыжного спорта – Режим доступа: [https://assets.fisiski.com/image/upload/fisprod/assets/ICR\\_CrossCountry\\_2023\\_clean\\_Nov.2022.pdf](https://assets.fisiski.com/image/upload/fisprod/assets/ICR_CrossCountry_2023_clean_Nov.2022.pdf)

36. Приказ Минспорта России от 20.03.2019 № 250 "Об утверждении Федерального стандарта спортивной подготовки по виду спорта лыжные гонки" (Зарегистрировано в Минюсте России 04.06.2019 N 54833)

37. Рыженков В.Н. Особенности техники отталкивания ногой и рукой у лыжников-гонщиков в переменных условиях передвижения // Моделирование двигательной деятельности лыжника-гонщика: сб. науч. тр. / Смоленский государственный институт физической культуры. Смоленск, 1984. С. 23-29.

38. Рязанов, А.А. Развитие скоростно-силовых способностей волейболистов / А.А. Рязанов, М.Ю. Богданов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. Тамбов, 2019. – Т. 24, № 178. – С. 53–59.

39. Сидоров Д.Г. Развитие физических качеств в игровых видах спорта. [Текст]: учеб. пособие / Д.Г. Сидоров Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун-т. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2019. – 125 с.

40. Степанова Т.А. Основы силовой подготовки бегунов на длинные дистанции с целью повышения экономичности бега / Т.А. Степанова, Э.В. Мануйленко, А.А. Тациян // Известия балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. – 2021. – С. 185-188

41. Тимофеев, М.Ю. Построение тренировочного процесса квалифицированных лыжников-гонщиков в бесснежном периоде с применением лыжероллеров: автореферат диссертации канд. пед. наук /

Тимофеев Михаил Юрьевич; – Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена. - Санкт-Петербург, 2002. – 151 с.

42. Физиология мышечной и нервной систем: учебное пособие / И. Н. Медведев, С. Ю. Завалишина, Н. В. Кутафина, Т. А. Белова. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 176 с.

43. Фонарев Д.В. Влияние плиометрических упражнений на физическую подготовленность студентов-бейсболистов / Д.В. Фонарев, А.С. Попов // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2020. – 136-144 с.

44. Хансен, Д. Анатомия плиометрики / Д. Хансен, С. Кеннели, пер. с англ. В.М. Боженков. – Минск : Попурри. – 2018. – 280 с. : ил.

45. Хлопцев В.А., Мелешко Д.Р. Плиометрические упражнения и методика их применения / В.А. Хлопцев, Д.Р. Мелешко // Наука - образованию, производству, экономике материалы 75 Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов. – Витебск. – 2023. – С. 644-646.

46. Холодов Ж.К., Кузнецов В.С. Теория и методика физического воспитания и спорта: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. - 2-е изд., испр. и доп. - М., 2002. - 480 с.

47. Цекунов С.О. Влияние плиометрической тренировки на скоростно-силовые показатели спортсменов, занимающихся смешанным боевым единоборством / С.О. Цекунов, Н. А. Мудренко, А.В. Сторожук // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 2 (168). – 381-383 с.

48. Ярошенко, Д.В. Методика повышения взрывной силы в каратэ на этапе совершенствования спортивного мастерства / Д.В. Ярошенко // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. — 2022. — Т. 7, № 2. — С. 52—55.

49. Anderson T. Biomechanics and running economy / T. Anderson // Sports Medicine. – 1996. – Т. 22(2). – P. 76-89

50. Arampatzis A. Mechanical properties of the triceps surae tendon and aponeurosis in relation to intensity of sport activity / A. Arampatzis, K. Karamanidis, G. Morey-Klapsing, G. De Monte, S. Stafilidis // *Journal Sports Biomechanics*. – 2007. – T. 40. – P. 1946–1952
51. Bobbert M.F. Is the countermovement on jump height due to active state development? / M.F. Bobbert, L.J. Casius // *Medicine Science Sport Exercise*. – 2005. – T. 37 – P. 440–446.
52. Carter A.B. Effects of high-volume upper extremity plyometric training on throwing velocity and functional strength ratios of the shoulder rotators in collegiate baseball players / A.B. Carter, T.W. Kaminski, A.T. Douex Jr, C.A. Knight, J. G. Richards // *The Journal of strength and Conditioning research*. - 2007. – T. 21. №. 1. – P. 208– 215.
53. Cavagna, G.A. Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. In: *Exercise and Sport Science Reviews*, vol. 5, R.S. Hutton, ed. Santa Barbara, CA: Journal Affiliates. 1977. pp. 80-129.
54. Cormack, S.J. Neuromuscular and endocrine responses of elite players during an Australian rules football season / S.J. Cormack, R.U. Newton, M.R. McGuigan, P. Cormie // *International Journal Sports Physiology Performance*. – 2008. – T. 3 №(4).
55. Ebben W.P. Using the reactive strength index modified to evaluate plyometric performance / W.P. Ebben, E.J. Petushek // *Journal Strength Condition Research*. – 2010. – T. 24(8) – P. 1983–1987
56. Finni T. In vivo behaviour of vastus lateralis muscle during dynamic performances / T. Finni, S. Ikegawa, V. Lepola, P. Komi // *European Journal Sport Science*. – 2001.T. 1 P. 1–13
57. Flanagan E.P. The use of contact time and the reactive strength index to optimise fast stretch-shortening cycle training / E.P. Flanagan, T.M. Comyns // *Strength Condition Journal*. – 2008. – P. 33– 38

58. Flanagan, E.P. Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps / E.P. Flanagan, W.P. Ebben, R.L. Jensen // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2008. – T. 22 №5. – P.1677–1682.
59. Formenti, F. Human locomotion on snow: Determinants of economy and speed of skiing across the ages / F. Formenti, P. Luca, A. E. Minetti // *Proceedings of the Royal Society B*. – 2005. – Vol. 272 №(1572). – P. 1561–1569.
60. Garcia-Lopez, J. The type of mat (contact vs. photocell) affects vertical jump height estimated from flight time / J. Garcia-Lopez, J.C. Morante, A. Ogueta-Alday, J.A. Rodriguez Marroyo // *Journal Strength Condition Research*. – 2013. – T. 27(4). – P. 1162–1167
61. Gloersen, O.N. Oxygen demand, uptake, and deficits in elite cross-country skiers during a 15-km race / O.N. Gloersen, M. Gilgien, D.K. Dysthe, A. Malthe-Sorensen, T.J. Losnegard // *Medicine Science Sports Exercise*. – 2020. – T. 52. – P. 983–992.
62. Hamilton, D. Drop jumps as an indicator of neuromuscular fatigue and recovery in elite youth soccer athletes following tournament match play / D. Hamilton // *Journal of Australian Strength and Conditioning*. – 2009. – T. 17 №(4).
63. Haynes, T. The validity and reliability of the my jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance / T. Haynes, C. Bishop, M. Antrobus, J. Brazier // *Journal Sports Medicine Physical Fitness*. – 2019. – T. 59 №2. – P. 253-258.
64. Heise G.D. «Leg spring» characteristics and the aerobic demand of running / G.D. Heise, P.E. Martin // *Medicine Science Sports Exercise*. – 1998. – T. 30. – P. 750– 754
65. Hill, A.V. *First and Last Experiments in Muscle Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press. 1970.
66. Hobara H. Determinants of difference in leg stiffness between endurance- and power-trained athletes / H. Hobara, K. Kimura, K. Omuro, K. Gomi, T. Muraoka, S. Iso, K. Kanosue // *Journal Sports Biomechanics*. – 2008. – T. 41. – P. 506–514

67. Holmberg, H.C. Integrative biomechanics and physiology in cross-country skiing / H.C. Holmberg // Six International Congress on Science and Skiing. – St. Christoph a. Arlberg, Austria. – 2013. – P. 7.

68. Kandel E.R. Principles of Neural Science, 5th Edition / E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessell, S.A. Siegelbaum, A.J. Hudspeth // 2012. – New York. – P. 1760

69. Karlof, L. Snow – the performance surface for alpine skiing / L. Karlof, M. Supej, H.C. Holmberg // Routledge Handbook of Ergonomics in Sport and Exercise / ed. Y. Hong. – London, 2013. – P. 323–334.

70. Karlsson, O. Exercise intensity during cross-country skiing described by oxygen demands in flat and uphill terrain / O. Karlsson, M. Gilgien, O.N. Gloersen, B. Rud, T. Losnegard // Frontiers in Physiology. – 2018. – T. 9. – P. 846.

71. Lichtwark G.A. Is Achilles tendon compliance optimised for maximum muscle efficiency during locomotion? / G.A. Lichtwark, A.M. Wilson // Journal Sports Biomechanics. – 2007. – T. 40. – P. 1768–1775

72. Lindinger S.J. Changes in upper body muscle activity with increasing doublepoling velocities in elite cross-country skiing / S.J. Lindinger, H.C. Holmberg, E. Muller, W. Rapp // European Journal of Applied Physiology. – 2009. – Vol. 106. – P. 353–363.

73. Lloyd, R.S. The effects of 4-weeks of plyometric training on reactive strength index and leg stiffness in male youths / R.S. Lloyd, J.L. Oliver, M.G. Hughes, C.A. Williams // Journal of Strength and Conditioning Research. - 2012. – T. 26 № (10). - P. 2812–2819.

74. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. / G. Markovic // British Journal Sports Medicine. – 2007. – T. 41 №(6) – P. 349–355.

75. McBride J.M. Influence of preactivity and eccentric muscle activity on concentric performance during vertical jumping / J.M. McBride, G.O. McCaulley, P. Cormie // Journal Strength Condition Research. – 2008. – T. 23. – P. 750–757



76. McClymont, D. Use of the reactive strength index (RSI) as an indicator of plyometric training conditions / D. McClymont // In: Proceedings of the 5th World Conference on Science and Football. – 2003. – P. 408–416.
77. Myer G.D. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes / G.D. Myer K.R. Ford, J.L. Brent, T.E. Hewett // Journal Strength Condition Research. – 2006. – T. 20 – P. 345–353
78. Ortenblad, N. The muscle fiber profiles, mitochondrial content, and enzyme activities of the exceptionally well-trained arm and leg muscles of elite cross-country skiers. / N. Ortenblad, J. Nielsen, R. Boushel , K. Soderlund, B. Saltin, H.C. Holmberg // Frontiers in Physiology. – 2018. – T. 2 №(9). – P. 1031.
79. Padulo, J. Footstep analysis at different slopes and speeds in elite race walking / J. Padulo, G. Annino, S. D'Ottavio, G. Vernillo, L. Smith, G.M. Migliaccio, J. Tihanyi // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2013. – T. 27 №(1) – P. 125–129.
80. Pellegrini, B. Developments in the biomechanics and equipment of Olympic cross-country skiers / B. Pellegrini, T. L. Stoggl, H. C. Holmberg // Frontiers in Physiology. – 2018. – Vol. 9 (976). – P. 112–119.
81. Purves D. Neuroscience, 6th Edition / D. Purves, G.J. Augustine, D. Fitzpatrick, W.C. Hall, A.-S. LaMantia, R.D. Mooney, M.L. Platt, L.E. White // 2018. – Oxford University Press. – P. 960
82. Saibene, F. The energy cost of level cross-country skiing and the effect of the friction of the ski / F. Saibene, G. Cortili, G. Roi, A. Colombini // European Journal Applied Physiology. – 1989. – T. 58. – P. 791–795.
83. Sandbakk, O. A Reappraisal of success factors for Olympic cross country skiing / O. Sandbakk, H. C. Holmberg // International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2014. – Vol. 9. – P. 117–121.
84. Sandbakk, O. Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: Approaching the upper limits of human endurance / O. Sandbakk,

H.C. Holmberg // International Journal Sports Physiology Performance. – 2017. – T. 12. – P. 1003–1011

85. Sandbakk, O. Physiological determinants of sprint and distance performance level in elite cross-country skiers / O Sandbakk, C.A. Grasaas, E. Grasaas // Six International Congress on Science and Skiing. – St. Christoph a. Arlberg, Austria, 2013. – P. 93.

86. Sandbakk, O. The influence of incline and speed on work rate, gross efficiency and kinematics of roller ski skating / O. Sandbakk, G. Ettema, H.C. Holmberg // European. Journal Applied Physiology. – 2012. – T. 112. – P. 2829–2838.

87. Schmidbleicher D. Effects of stretch shortening time training on the performance capability and innervation characteristics of leg extensor muscles. In: Biomechanics XI-A / D. Schmidbleicher, A. Gollhofer, U. Frick // 1988. – Vol 7-A. – P. 185–189.

88. Smith, G. Nordic skiing biomechanics and physiology / G. Smith, H.C. Holmberg // 28th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports. – Northern Michigan University, Marquette, Michigan, USA. – 2010. – P. 89.

89. Spurrs R.W. The effect of plyometric training on distance running performance / R.W. Spurrs, A.J. Murphy, M.L. Watsford // European Journal Applied Physiology – 2003. – T. 89. – P. 1–7

90. Stefanyshyn, D. Contribution of the lower extremity joints to mechanical energy in running vertical jumps and running long jumps / D. Stefanyshyn, B. Nigg // Journal of Sport Sciences. – 1998. – №16. – P. 177-186.

91. Stoggl T. Double-poling biomechanics of elite cross-country skiers: flat versus uphill terrain / T. Stoggl, H.C. Holmberg // Medicine and science in sports and exercise. – 2016. – Vol. 48 (8). – P. 1580–1589.

92. Svantesson, U., G. Grimby, and R. Thomee. Potentiation of concentric plantar flexion torque following eccentric and isometric muscle actions. Acta Physiol Scand 152:287-293. 1994

93. Taylor, M.J.D. Spring Mass Characteristics of the Fastest Men on Earth / M.J.D. Taylor, R. Beneke // International journal of sports medicine. – 2012. – T. 33(8). – P. 667.
94. Turner, A.N. The stretch-shortening cycle: proposed mechanisms and methods for enhancement / A.N. Turner, I. Jeffreys // Journal of Strength and Conditioning Research. – 2010. - №17. – P. 60-67.
95. Voigt, M. The influence of tendon Youngs modulus, dimensions and instantaneous moment arms on the efficiency of human movement / M. Voigt, F. Bojsen-Moller, E.B. Simonsen, P. Dyhre-Poulsen // Journal Biomechanics. – 1995. – №28. – P. 281-291.
96. Wilson, G.J. Musculotendinous stiffness: Its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance / G.J. Wilson, A.J. Murphy, J.F. Pryor // Journal of Applied Physiology. – 1994. – T. 76(1). – P. 2714–2719
97. Wilt, F. Soviet Theory, Technique and Training for Running and Hurdling / F. Wilt, M. Yessis // Championship Books. – T. 1. – 1984.
98. Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. New Study Athletics. 10, pp.88–96.
99. Zatsiorsky V.M. Science and Practice of Strength Training. Champaign / V.M. Zatsiorsky W.J. Kraemer // Human Kinetics. – 2006. - P. 33–39.

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт физической культуры, спорта и туризма  
Кафедра теории и методики спортивных дисциплин

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.Ю. Близневский

« 23 » 06 2023 г.

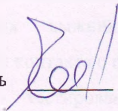
## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

### ПЛИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ

49.04.01 Физическая культура и спорт

49.04.01.04 Спорт высших достижений в избранном виде спорта

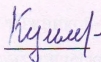
Научный руководитель



к. п. н. доцент

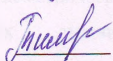
А.И. Чикуров

Выпускник



В.Ю. Куимов

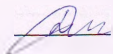
Рецензент



к. п. н. доцент

Ю.А. Тимошенко

Нормоконтролер



М.В. Думчева

Красноярск 2023