



МИНИСТЕРСТВО СПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ СПОРТА «ГЦОЛИФК»



ФГБОУ ВО «МОСКОВСКАЯ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ»

Посвящается 90-летию со дня рождения
Защиорского Владимира Михайловича



БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В СПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ

**X Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции**

24-25 ноября 2022 г.





МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СПОРТА «ГЦОЛИФК»

МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В СПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ

X Всероссийской с международным участием научно-
практической конференции

(Москва, 24-25 ноября 2022 г.)

Под общей редакцией А. Н. Фураева

МАЛАХОВКА
МГАФК
2022



УДК 796.012(063)

ББК 75.7

Б 63

Под общей редакцией канд. пед. наук, профессора А. Н. Фураева

Рецензенты:

*д-р пед. наук, профессор Ан. А. Шалманов (ФГБОУ ВО РУС
«ГЦОЛИФК»)*

канд. тех. наук, доцент С. Н. Зубарев (ФГБОУ ВО МГАФК)

Б 63 Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураева. – Малаховка, 2022 : МГАФК. – 412 с.

ISBN 978-5-00063-088-4

В сборник вошли материалы научных исследований, представленные на X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте», посвящённой 90-летию доктора педагогических наук, профессора Российского университета спорта «ГЦОЛИФК» Заиорского Владимира Михайловича. Конференция проводилась совместно ФГБОУ ВО «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК» г. Москва и ФГБОУ ВО «Московская государственная академия физической культуры» (МГАФК) п. Малаховка при содействии Министерства спорта Российской Федерации. Конференция проходила на базе ФГБОУ ВО РУС «ГЦОЛИФК» 24-25 ноября 2022 года. В сборник вошли материалы, доложенные на конференции и присланные для заочного участия.

Материалы приведены, в основном, в авторской редакции и представлены специалистами различных учебных заведений и НИИ России и ближнего зарубежья. В статьях рассматриваются вопросы анализа биомеханики двигательного аппарата человека, проявление двигательных способностей и биомеханические основы техники спортивных двигательных действий. Обсуждаются современные инструментальные методы контроля биомеханических характеристик, математическое и педагогическое моделирование в спорте.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов в сфере физической культуры и спорта, преподавателей вузов, тренеров, аспирантов и студентов.

УДК 796.012(063)

ББК 75.7

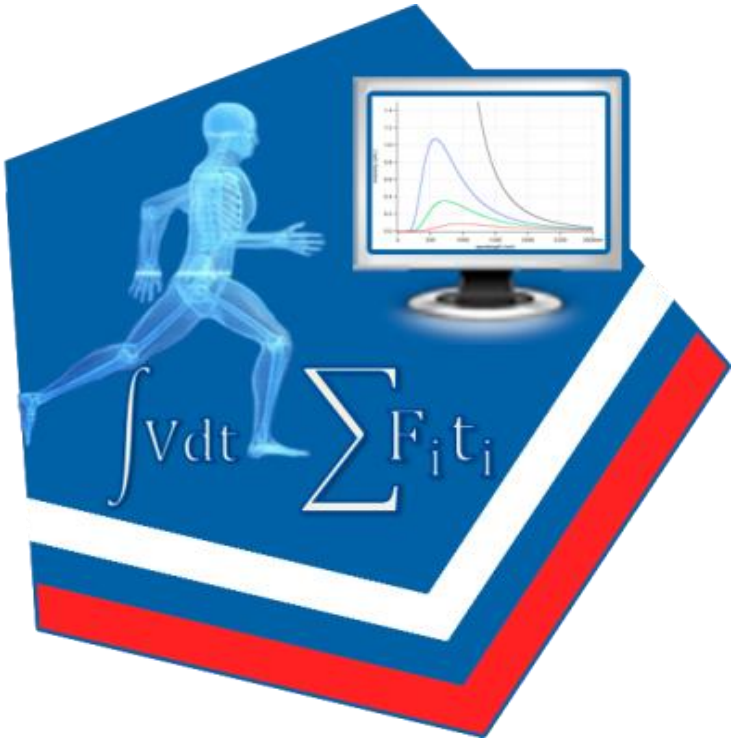
ISBN 978-5-00063-088-4

© Московская государственная академия
физической культуры, 2022



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ:

- ✓ ***БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА***
- ✓ ***БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИКИ СПОРТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ***
- ✓ ***БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ***
 - ✓ ***МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СПОРТЕ***
- ✓ ***ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В СПОРТЕ***
- ✓ ***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО БИОМЕХАНИКЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ***
- ✓ ***ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНТРОЛЕ И КОРРЕКЦИИ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ***





СОДЕРЖАНИЕ

<i>Шалманов А. А., г. Москва, Россия</i> Научная школа биомеханики профессора В. М. Зацюрского.....	11
<i>Алджархи Сузана Мохаммад Эжаб, Мельников А. А., г. Москва, Россия</i> Биомеханическая характеристика низкой стойки лыжника.....	20
<i>Алексеева К. М., Парахин В. А., г. Москва, Россия</i> Сравнительный анализ выполнения элемента поворот на одной ноге на 360° в женской спортивной гимнастике.....	26
<i>Вагин А. Ю., г. Москва, Россия</i> Биомеханические особенности выполнения техники удара ногой в каратэ – «усиро ура маваси гери» у спортсменов юниоров.....	33
<i>Васильев Р., Ахмедзянов Э. Ф., Васильева И. В., г. Казань, Россия</i> Биомеханический расчет соотношения давления стопы на опору и силы удара в боксе.....	42
<i>Васильев Р., Жигалина А. В., Васильева И. В., г. Казань, Россия</i> Возможно ли определить характеристики давления на сиденье у байдарочников?	50
<i>Воронович В. Ю., Покатило А. Е., Евдокимов А. В., г. Могилев, Беларусь</i> Сравнительный анализ временных показателей движения штанги в упражнении «рывок» у спортсменов различной спортивной квалификации.....	56
<i>Гаджиев А. М., Расулова З. А., Мамедова С. Ш., Мамедова К. С., г. Баку, Азербайджан</i> Кинетика потребления кислорода и биомеханические показатели при различных мощностях физических нагрузок.....	64



Дышко Б. А., г. Москва, Россия

Кочергин А. Б., г. Санкт-Петербург, Россия

**Универсальная дыхательная труба для плавания «русский
споркель – новое дыхание» как средство создания
искусственной управляющей среды в плавании..... 72**

Загревский В. И., г. Могилев, Беларусь, г. Томск, Россия

**Визуализация программного управления биомеханической
системы в вычислительном эксперименте на компьютере..... 78**

Загревский В. И., г. Могилев, Беларусь, г. Томск, Россия

Загревский О. Н., г. Томск, Россия

Лавишук Д. А., г. Могилев, Беларусь

**Приведение биомеханической системы в заданное
кинематическое состояние в вычислительном эксперименте
на компьютере 85**

Иванова Г. П., Биленко А. Г., Бородин А. В., Голигузов В. А.,

г. Санкт-Петербург, Россия

**Исследования работы ног в настольном теннисе на основе
модели вертикального прыжка..... 91**

Конаков А.В., Склизков В.А., г. Москва, Россия

**Сравнительный анализ техники выполнения болевых
приёмов в партере и стойке в единоборствах..... 100**

*Корольков А. Н., Анисимова В. Р., Гудинов Е. Р., г. Мытищи,
Россия*

Лангуева О. В., г. Москва, Россия

**Методологические проблемы исследования крутильных
колебаний туловища: результаты формирующего
эксперимента..... 105**

Коряк Ю. А., г. Москва, Россия

**Влияние реальной микрогравитации на функцию и
архитектуру скелетной мышцы у человека..... 114**

Коряк Ю. А., Прочий Р. Р., Кнутова Н. С., г. Москва, Россия

**Способность человека к производству взрывной силы после
21-суточного строгого постельного режима..... 129**



<i>Лапыгина О. В., г. Красноярск, Россия</i> Биомеханика человеческого позвоночника при патологиях.....	144
<i>Лукунина Е. А., г. Москва, Россия</i> Использование специализированных программ обработки данных при проведении лабораторных работ по биомеханике и спортивной метрологии	149
<i>Любкевич А. А., Кручинин П. А., г. Москва, Россия</i> Диффузионный анализ в стабилотрии.....	157
<i>Мальцева О. Н., Аксенов А. Ю., г. Санкт-Петербург, Россия</i> Использование видеонализа для реконструкции и оценки опорно-двигательного аппарата пациента с протезом голени при ходьбе.....	164
<i>Мелихова Е. М., Померанцев А. А., г. Липецк, Россия</i> Анализ техники выполнения элемента паркура с использованием доступных биомеханических технологий.....	170
<i>Мельников А. А., г. Москва, Россия</i> <i>Смирнова П. А., г. Ярославль, Россия</i> Эффекты силовой тренировки на кинематические показатели моноопорной позы у физически активных девушек.....	176
<i>Милуков А. И., Ерёмин М. В., Демидова Т. Е., г. Москва, Россия</i> Биомеханика двигательных способностей у лиц пожилого возраста в процессе занятий оздоровительной ходьбой.....	187
<i>Моисеев С. А., г. Великие Луки, Россия</i> Кинематические синергии в системе управления локомоторным циклом.....	195
<i>Напалков К. С., Медведев В. Г., г. Москва, Россия</i> Разработка специальных упражнений для повышения эффективности техники маневрирования в хоккее на этапе начальной подготовки.....	202



<i>Патрина А. Д., Лалаева Е. Ю., г. Волгоград, Россия</i> Кинематические параметры сложного преакробатического упражнения в художественной гимнастике.....	209
<i>Петрачева И. В., Котов Ю. Н., г. Москва, Россия</i> Возрастные изменения показателей точности выполнения бросков гандболистами.....	217
<i>Покатилов А. Е., Воронович Ю. В., Евдокимов А. В., Ходакова С. Н., г. Могилев, Беларусь</i> Исследование динамических уравнений целенаправленного движения спортсмена.....	222
<i>Попов Г. И., г. Москва, Россия</i> Воздействие упругих рекуператоров энергии на биомеханическую цепь нижних конечностей в велоспорте.....	229
<i>Рассудихин Е. А., г. Москва, Россия</i> <i>Тамбовский А. Н., п. Малаховка, Россия</i> Надежность и значимость 45-секундного максимального теста для оценки скоростно-силовой подготовленности квалифицированных гребцов-слаломистов.....	236
<i>Родин А. В., Кондрашенкова А. В., Прохорова К. В. Рожков Е. Г., г. Смоленск, Россия</i> Экспериментальное обоснование биомеханического компонента индивидуальной тактической подготовки спортсменов в игровых видах спорта.....	248
<i>Сапаров А. С., Чарыев Я., Мамметгулыев Ч., г. Ашхабад, Туркменистан</i> Биомеханический анализ двигательных действий спортсменов-лучников с использованием ИТ.....	257
<i>Скрыгин С. В., Скрыгин Т. С., г. Москва, Россия</i> <i>Скрыгин С. С., г. Химки, Россия</i> Контроль специальной готовности юных спринтеров.....	265
<i>Спиридонов Д. В., г. Санкт-Петербург, Россия</i> Опорная асимметрия в технике теннисной подачи.....	271



<i>Тараховский Д. Ю., п. Малаховка, Россия</i> Автоматизация планирования оздоровительной тренировки в тренажерном зале.....	277
<i>Тарханов И.В., г. Москва, Россия</i> Естественная классификация технических элементов квикстепа.....	283
<i>Темерева В. Е., Зубарев Н. С., п. Малаховка, Россия</i> Формирование навыков анализа биомеханики движений спортсменов с помощью программы DARTFISH.....	292
<i>Тё С. Э., г. Омск, Россия</i> <i>Тё С. Ю., г. Санкт-Петербург, Россия</i> <i>Мухамедьяров Н. Н., г. Симферополь, Россия</i> Анализ биомеханических параметров техники выполнения тяжелоатлетических упражнений в спорте высших достижений.....	300
<i>Тё С. Ю., г. Санкт-Петербург, Россия</i> <i>Тё С. Э., г. Омск, Россия</i> <i>Мухамедьяров Н. Н., г. Симферополь, Россия</i> Двигательный аппарат тяжелоатлета как «живая» система рычагов и звеньев.....	308
<i>Тихонов В. Ф., г. Чебоксары, Россия</i> Определение терминов «активное» и «пассивное» дыхание в физических упражнениях.....	317
<i>Федулова Д. В., г. Екатеринбург, Россия</i> Диагностика нейродинамических нарушений у лиц с умственной отсталостью на основе анализа биомеханики двигательных действий.....	324
<i>Фураев А. Н., п. Малаховка, Россия</i> Некоторые закономерности регулирования силовыми показателями при выполнении рывка штанги.....	331
<i>Халимов А. З., Юнусова А. А., г. Казань, Россия</i> Биомеханика двигательного аппарата человека.....	339



<i>Хасин Л. А., Дроздов А. Л., п. Малаховка, Россия</i> оценка асимметричности рывка и подъема штанги на грудь по результатам скоростной 3D съемки и математического моделирования.....	345
<i>Хасин Л. А., Подточили А. М., Аткишикина Т. Д., п. Малаховка, Россия</i> Оценивание вариативности техники рывка и толчка штанги с использованием визуализации движения.....	352
<i>Хурбатов С. С., г. Гомель, Беларусь</i> Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте.....	359
<i>Ципин Л. Л., Захаров Ф. Е., Шориков М. С., г. Санкт-Петербург, Россия</i> Анализ относительной силы мышц-стабилизаторов у занимающихся оздоровительным фитнесом.....	369
<i>Шалманов А. А., г. Москва, Россия</i> Основные ошибки в технике толчка у юных тяжелоатлетов на начальном этапе спортивной подготовки.....	376
<i>Шестаков М. П., Корчагин А. Ю., г. Москва, Россия</i> Компьютерное моделирование экономизации техники бега.....	384
<i>Шульгин Г. Е., Юрченко Е. Д., п. Малаховка, Россия</i> Развитие быстроты у футболистов 18-20 лет с использованием специального контактного устройства.....	393
<i>Аикин В. А., Аксельрод А. Е. Крамарь В. С., г. Омск, Россия</i> Опорные реакции современного старта пловца.....	401



УДК 796.012:612.816+612.73/.74

НАУЧНАЯ ШКОЛА БИОМЕХАНИКИ ПРОФЕССОРА В. М. ЗАЦИОРСКОГО

Анатолий Александрович Шалманов¹, *д-р пед. наук, профессор*
¹*Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия*

Аннотация. Представлены некоторые биографические данные основателя советской и российской школы спортивной биомеханики, первого заведующего кафедрой биомеханики ГЦОЛИФК, профессора В.М. Зациорского, которому в декабре этого года исполняется 90 лет. Перечислены основные научные труды и учебные материалы, опубликованные в нашей стране и за рубежом, ученики школы и подготовленные кандидаты и доктора наук. Основное внимание уделено методике подготовки научных кадров, особенно научным семинарам и разработанным биомеханическим методам, и методикам исследования.

Ключевые слова: спортивная биомеханика, наука, Зациорский В. М., биография

Для цитирования: Шалманов А. А. Научная школа биомеханики профессора В. М. Зациорского / Шалманов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 11-19.

SCIENTIFIC SCHOOL OF BIOMECHANICS OF PROFESSOR V. M. ZATSIORSKY

Anatoly A. Shalmanov¹, *Candidate of Pedagogical Sciences, Professor*
¹*The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia*

Abstract. Some biographical data of the founder of the Soviet and Russian School of Sports Biomechanics, the first head of the Department of Biomechanics of the GCOLIFC, Professor V.M. Zatsiorsky, who turns 90 this December, are presented. The main scientific works and educational materials published in our country and abroad, school students and trained candidates and doctors of sciences are listed. The main attention is paid to the methodology of training scientific personnel, especially scientific seminars and developed biomechanical methods and research methods.



Keywords: sports biomechanics, science, Zatsiorsky V. M., biography

For citation: Shalmanov A. A. Scientific School of Biomechanics of Professor V. M. Zatsiorsky / Shalmanov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 11-19.

26 декабря 2022 года исполняется 90 лет выдающемуся ученому и педагогу в области биомеханики профессору В.М. Зациорскому. В 1954-м году закончил Львовский институт физической культуры, а в 1956 году получил звание мастера спорта по акробатике (рис. 1).

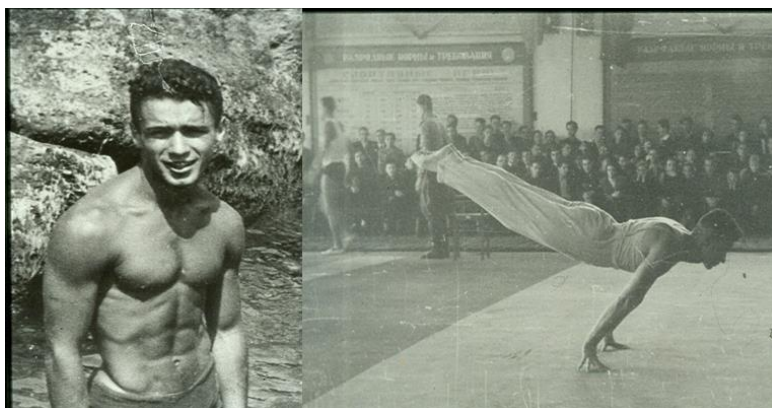


Рисунок 1 – Спортивные достижения.

Свою научную деятельность начал в 1957 году аспирантом в ГЦОЛИФКе и уже в 1969 году защитил докторскую диссертацию «Двигательные качества спортсмена» (рис. 2). За время работы на кафедре теории и методики физического воспитания организовал научно-исследовательскую лабораторию биомеханики, которая после переезда института в новое здание на Сиреневом бульваре укомплектовывалась новыми методиками и стала базой для подготовки научно-педагогических кадров в области спортивной биомеханики.

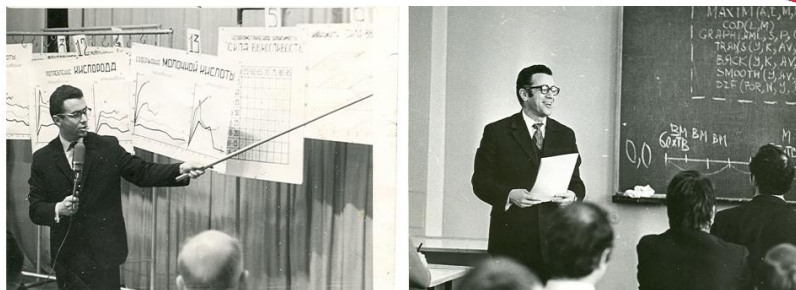


Рисунок 2 – Защита докторской диссертации (слева) и руководство научным семинаром (справа).

Особую роль в подготовке специалистов играли научные семинары, во время проведения которых докладчику необходимо было сделать сообщение о результатах собственных исследований или доложить результаты только какой-либо иностранной статьи. Причем, статьи раздавал Зациорский, не спрашивая, знает ли докладчик язык, на котором она написана или нет. Во время доклада первые 10 минут никто не мог прерывать докладчика, а затем ему задавали вопросы до тех пор, пока в этом была необходимость. Такая форма проведения семинаров воспитывала лекторское мастерство и умение держать в голове содержание, последовательность и логику изложения материала. Это особенно трудно, когда докладываешь результаты чужой работы. Кроме того, содержание статьи подвергалось жесточайшей критике, если она этого заслуживала.

Большое внимание уделялось созданию методик исследования спортивных упражнений и оценке двигательных возможностей спортсменов. Для этого в лаборатории создавались исследовательские группы, использующие оптические (рис. 3) и механо-электрические методики и методику электромиографии (рис. 4), а также радиоизотопную методику измерения масс-геометрических характеристик тела человека (рис. 5).



Рисунок 3 – Методика пространственной фотоциклосъемки.

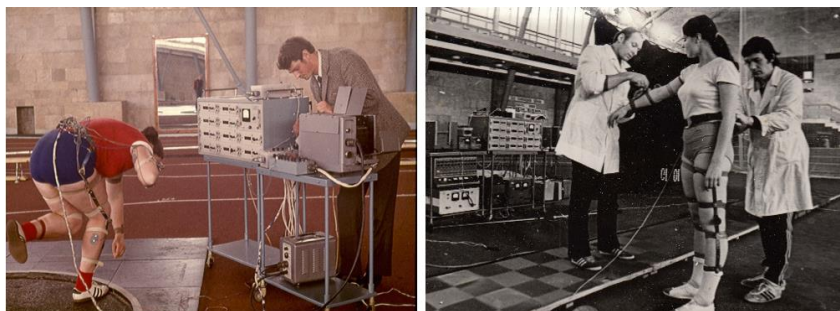


Рисунок 4 – Механо-электрические методики регистрации кинематики движений в толкании ядра (слева) и гандболе (справа).

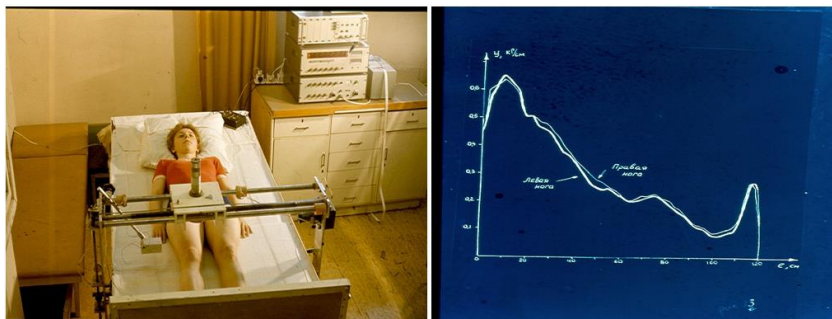


Рисунок 5 – Радиоизотопная методика измерения масс-геометрических характеристик тела человека.



Поскольку большинство методик того времени создавались вручную, многие сотрудники лаборатории должны были получить дополнительное образование по основам электроники и программированию. При создании методик В.М. Зацюрский преследовал главную цель – решение обратной задачи динамики, т.е. определение сил и моментов сил в суставах тела человека по кинематике движений и данным о масс-геометрических характеристиках тела человека. Эти данные использовались при построении механико-математических моделей, в частности, была построена 18-тизвенная модель тела человека.

С появлением компьютерных технологий и фирм-изготовителей современных биомеханических аппаратно-программных комплексов стали создаваться современные методики исследования. Методику фото и киноциклографии сменила цифровая видеосъемка (рис. 6), появились промышленно изготавливаемые динамометрические платформы и изокинетические динамометры (рис. 7), более качественные электромиографы (рис. 8) и многое другое.

Аппаратно-программный комплекс «Qualisys»

- Трехмерная видеосъемка
- Частота съемки до 500 кадр/с
- Видеокамеры Qcuz - 3



Рисунок 6 – Пространственная видеосъемка и динамометрические платформы.



Многофункциональный изокинетический динамометр BIODEX-3



Рисунок 7 – Динамометрическая платформа и изокинетический динамометр.



Положение электродов на мышце



Рисунок 8 – Восьмиканальный электромиограф и положение электродов на теле испытуемого.

За время научной работы в нашей стране В.М. Зацiorский опубликовал 10 книг и примерно 200 статей, всего 18 книг и 469 публикаций.

Книги, опубликованные до 1990-го года, года переезда в Северную Америку, были написаны на русском языке.

(1) В. М. Зацiorский. Физические качества спортсмена. ФиС, Москва (1е издание 1966; 2е издание 1970; 3е издание 2009). Книга также опубликована на немецком языке- шесть раз, два раза в ГДР и четыре раза в ФРГ; на японском – четыре раза; на итальянском и сербско-хорватском –



по два раза, а также на китайском, польском, румынском, болгарском, и чешском языках.

(2) В. М. Зациорский. Кибернетика, математика, спорт. ФиС, Москва, 1969. Книга была также издана на немецком, чешском, болгарском и сербско-хорватском.

(3) В. М. Зациорский (редактор и соавтор всех глав). Биодинамика спортивной техники. ГЦОЛИФК, Москва, 1978. Это сборник работ лаборатории, которой он руководил.

(4) Д.Д. Донской, В. М. Зациорский. Биомеханика, ФиС, Москва, 1979. Это учебник для институтов физической культуры. Книга также была издана на китайском, итальянском, испанском и сербско-хорватском языках.

(5) В. М. Зациорский. Основы спортивной метрологии. ФиС, Москва, 1979. Книга также издавалась на болгарском языке.

(6) В. М. Зациорский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. Биомеханика двигательного аппарата человека. ФиС, Москва, 1981. Опубликована также в ГДР, один раз в виде отдельных глав в журнале и второй как книга.

(7) В. М. Зациорский. (Редактор и автор большинства глав.) Спортивная метрология. ФиС, Москва, 1982. Это первый учебник по данной дисциплине. Книга также издавалась на испанском и китайском языках.

(8) В. М. Зациорский, С.Ю. Алешинский, Н. А. Якунин. Биомеханические основы выносливости. ФиС, Москва, 1982. Издавалась также на немецком в ГДР.

(9) В. М. Зациорский, Г.С. Туманян (Составители и редакторы). Наука и спорт. Издательство Прогресс, Москва. 1982.

(10) А.С. Аруин, В. М. Зациорский. Эргономическая биомеханика. Машиностроение, Москва. 1989.

После переезда в Северную Америку книги писались на английском языке.

(11) Zatsiorsky V.M. Science and Practice of Strength Training. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois, 1995. Книга была также издана на немецком (два раза) и на португальском языках (в Бразилии).

(12) Zatsiorsky V.M. Kinematics of Human Motion. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers. 1998. Переведена на японский.

(13) Zatsiorsky V.M. (Editor-in-Chief) Biomechanics in Sports: Performance Enhancement and Injury Prevention, The IOC Encyclopaedia of Sports Medicine. Oxford, UK; Blackwell Science Ltd. 2000. Издавалась также на китайском и португальском языках.

(14) Latash ML, Zatsiorsky VM (eds.) Classics in Movement Science. Champaign, IL: Human Kinetics. 2001.



(15) Zatsiorsky V.M. Kinetics of Human Motion. Champaign, IL: Human Kinetics. 2002.

(16) Zatsiorsky V.M., W. Kraemer. Science and Practice of Strength Training (2nd edition). Champaign, IL: Human Kinetics. 2006. Это значительно переработанное издание, в которое я добавил новый материал, а Dr. William Kraemer дописал три главы о тренировке женщин, пожилых людей и детей. Книга издавалась в Бразилии (на португальском), Германии, Италии, Румынии, Сербии, Японии, Китае и Чехии.

(17) Zatsiorsky V.M., Prilutsky B.I. Biomechanics of Skeletal Muscles. Champaign, IL: Human Kinetics. 2012. Книга также была издана на японском языке.

(18) Latash M.L., Zatsiorsky V.M. Biomechanics and Motor Control. Defining Central Concepts. Amsterdam a.o., Academic Press. 2015.

Работа с учениками, а их было около 80 человек, как говорил сам В.М. Зациорский, была одним из основных удовольствий в жизни. Отметим, что при написании диссертаций особое требование Зациорский предъявлял к литературному обзору, и, если его содержание соответствовало этим требованиям, работа принималась к защите. Вот имена защитившихся кандидатов наук (в США докторов).

В СССР

М.Годик, О. Фролов, Н. Кулик, Ю. Арестов, Е. Матвеев, А. Орлов, Ю. Попов, Э. Аверкович, С. Сарсания, Ю. Смирнов, В. Запорожанов, В. Чепик, Ю. Примаков, И. Дегтярев, М. Кремлева, И. Тер-Ованесян, Ю. Крылатых, С. Неверкович, И. Сафарян, Као Ван Тхы (Вьетнам), С. Голомазов, Л. Сергиенко, Ю. Ярмицкий, Ю. Резников, В. Хвостиков, Л. Райцин, С. Алешинский, Ю. Мельников, А. Г.Смирнов, Воронцов, И. Всеволодов, К. Бартониетс (ГДР), В. Селуянов, М. Каймин, Х.Г. Коро (Куба), Б. Суслаков, Н. Якунин, В. Тюпа, В. Михаленя, А. Петросян, Ан. Шалманов, Ал. Шалманов, А. Аруин, В. Зайцев, Я. Ланка, Н. Чаплинский, А. Тышлер, В. Балахничев, Н. Михайлов, С. Саидов, Р. Вершинкас, М. Казиев, Б. Прилуцкий, В. Сазонов, Д. Саткунскиене, Р. Зульфугаров, И. Бабаева, Б. Яковлев, Т. Байдиченко, Гамаль Мухамед Ахмед Алаа Ель Дин (Египет).

В США

Sherry Werner, Deborah King, Zong-Ming Li, Deric Wisleder, Andrew Hardyk, Robert Gregory, Todd Pataky, Fan Gao, Jae Kun Shim, Xun Niu, Joel Martin, Yang Xu.

В.М. Зациорский вел большую общественную работу. С 1982-го по 2002-й год был членом Медицинской Комиссии МОК. Дважды был награжден золотыми медалями Госкомспорта СССР за лучшую научную работу в спорте. Неоднократно избирался почетным профессором различных Вузов, в том числе ГЦОЛИФКа.



Сотрудники кафедры биомеханики и благодарные ученики сердечно поздравляют профессора Владимира Михайловича Зациорского с юбилеем и желают крепкого здоровья и благополучия.

© Шалманов А. А., 2022



УДК 796.92.012

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НИЗКОЙ СТОЙКИ ЛЫЖНИКА

Сузана Мохаммад Экаб Алджархи¹, аспирант

Андрей Александрович Мельников², д-р биол. Наук, профессор

^{1,2}Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

Аннотация. Цель работы – определить величины углов в суставах нижних конечностей в низкой стойке лыжника с поднятой и опущенной головой вниз. Для определения углов в суставах нижних конечностей, тазобедренного сустава и наклона головы использована фотосъемка и приложение для определения углов по фотографии (Angulus). Установлено, что величина углов в голеностопном, коленном, тазобедренном суставах в стойке с поднятой головой составили: $77 \pm 10,4$ градусов, $92 \pm 21,4$ градусов, $49 \pm 16,6$ градусов. Среднее значение углов в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах между стойками с опущенной и поднятой головой статистически не отличались. Однако угол наклона поднятой вверх головы был существенно больше, чем угол наклона головы вниз: $167 \pm 9,6$ град. И $147 \pm 8,5$ град. ($p < 0,01$), соответственно. Таким образом, в работе установлены углы основных суставов в низкой стойке лыжника, которые дают представление о положении лыжника в низкой стойке.

Ключевые слова: лыжники-гонщики, низкая стойка лыжника, регуляция позы, биомеханика

Для цитирования: Алджархи, С. Биомеханическая характеристика низкой стойки лыжника / С. Алджархи, Экаб Мохаммад, А. А. Мельников // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 20-25.

BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF A SKIER'S LOW STANCE

Suzana Mohammad Ekab Aljarhi¹, PhD student

Andrey A. Melnikov², Doctor of Biological Sciences, Professor

^{1,2}Russian State University of Physical Education, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia



Abstract. The aim of the work is to determine the values of angles in the joints of the lower extremities in a low stance of a skier with his head raised and lowered down. To determine the angles in the joints of the lower extremities, the hip joint and the tilt of the head, photography and an application for determining angles from photography (Angulus) were used. It was found that the angles in the ankle, knee, hip joints in the stand with the head raised were: 77 ± 10.4 degrees, 92 ± 21.4 degrees, 49 ± 16.6 degrees. The average value of the angles in the hip, knee and ankle joints between the stands with lowered and raised head did not differ statistically. However, the angle of inclination of the head raised up was significantly greater than the angle of inclination of the head down: 167 ± 9.6 degrees and 147 ± 8.5 degrees. ($p < 0.01$), respectively. Thus, the angles of the main joints in the skier's low stance are established in the work, which give an idea of the skier's position in a low stance.

Keywords: cross-country skiers, skier's low stance, posture regulation, biomechanics

For citation: Aljarkhi, S. Biomechanical characteristics of a skier's low stance / S. Aljarkhi, Ekab Mohammad, A. A. Melnikov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 20-25.

Введение. В последнее время замечено, что в видах спорта, требующих большой выносливости, спортсмены высшей квалификации мало отличаются друг от друга по показателям физической подготовленности (максимальное потребление кислорода, максимальный кислородный долг и т. Д.). Успех в ответственных состязаниях сегодня достигается преимущественно за счет более эффективной техники двигательных действий и тактики двигательной деятельности. Каждому тренеру необходимо иметь ясное представление о современных методах биомеханического контроля и владеть наиболее полезными и доступными из них [2].

Основой биомеханического контроля в любом виде спорта является измерение биомеханических характеристик. Биомеханические характеристики — это количественные показатели, позволяющие объективно оценить положения тела в статических положениях и амплитуды движений частей тела в пространстве [1].

В низкой стойке у лыжника отмечается самая высокая скорость спуска, что требует особое внимание к устойчивости позы. Способность спортсмена поддерживать равновесие низкой позы является одним из важнейших факторов достижения высоких результатов. Равновесие тела в



различных положениях зависят от взаимного расположения звеньев тела относительно друг друга и относительно площади опоры. Поскольку оси отдельных звеньев тела не располагаются в одной плоскости и между ними образуются углы, создаются моменты сил, то сохранение любого положения тела обеспечивается напряжением мышц. При этом чем больше момент силы тяжести звеньев, тем большая нагрузка падает на мышцы, сохраняющие их в определенном положении [3].

Для оценки устойчивости лыжника в низкой стойке необходимо знать величину суставных углов в этой позе. Поэтому в данной работе мы поставили задачу дать биомеханическую характеристику низкой стойки лыжника. Целью нашей работы было изучение величины суставных углов нижних конечностей и наклона головы в статическом положении низкой стойки у высококвалифицированных лыжников.

Методы и организация исследования.

Испытуемые. В эксперименте приняли участие 20 мужчин-лыжников-гонщиков высокой спортивной квалификации от 1 разряда до мастера спорта.

Оценка суставных углов в низкой стойке. Лыжники по команде произвольно по своим ощущениям принимали положение низкой стойки с двумя положениям головы: 1) поднятая голова, глаза смотрят вперед и 2) опущенная голова, глаза смотрят вниз на стопы ног. Спортсмены были в легкой одежде без обуви и находились в двух положениях по 15 секунд. На 5-10 секунде статического положения низкой стойки в обоих положениях выполнялась фотосъемка испытуемого на смартфон. Определение углов в голеностопном, коленном, тазобедренном суставах, а также угол наклона головы выполнялось с помощью мобильного приложения «Angulus». Лучи угламера располагались по стандартным анатомическим точкам (Рис. 1).

Статистическая обработка суставных углов проводилась с помощью программы Statistica 12. Рассчитывали среднюю арифметическую (М, градусов), минимальное (Min, градусов), максимальное (Max, градусов), стандартное отклонение (Ст. Откл, градусов) и коэффициент вариации (КВ, %) всех углов. Средние значения углов во всех избранных суставах сравнивали между стойкой с опущенной и поднятой головой.

Результаты исследования и их обсуждение.

Согласно данным таблицы 1, после статистической обработки данных, было отмечено, что средний угол тазобедренного сустава в низкой стойке (голова вниз) составил 47 град. С КВ 11,3%, а в низкой стойке (голова вверх) среднее значение угла тазобедренного сустава составило 49 град. С КВ 16,6%. Средний угол коленного сустава в низкой стойке (голова вниз) составил 92 град. С КВ 13,6%, а в низкой стойке (голова вверх) средний угол коленного сустава составило 92 град. С КВ 21,4%. Средний



угол голеностопного сустава в стойке (голова вниз) составил 77 град. С КВ 10,1%, а средний угол голеностопного сустава в стойке (голова вверх) составил также 77град. С КВ 10,4%. Средний угол наклона головы в низкой стойке (голова вниз) составил 147 град. С КВ 8,5% и был существенно меньше, чем в низкой стойке с положением голова вверх (167 град. С КВ 9,6%).

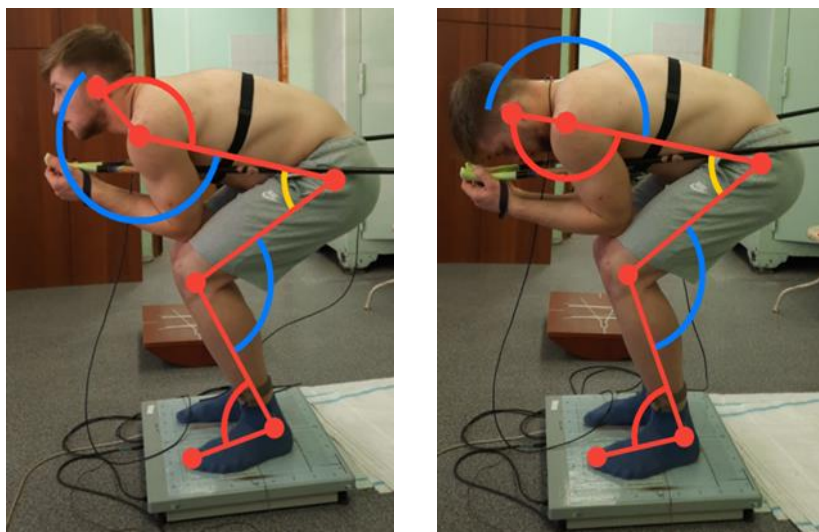


Рисунок 1 – Определение углов в основных суставах нижних конечностей и наклона головы в низкой стойке с помощью мобильного приложения «Angulus».



Таблица 1 – величины углов в тазобедренном, коленном, голеностопном суставе и угол наклона головы в низкой стойке с разным положением головы

	М, град	Min, град	Max, град	Ст. Откл., град.	КВ,%
1	2	3	4	5	6
<i>Низкая стойка, голова вниз</i>					
Угол тазобедренный	47	38	57	5	11,3
Угол коленный	92	70	111	13	13,6
Угол наклона головы	147	129	179	12	8,5
Угол голеностопный	77	62	87	8	10,1
<i>Низкая стойка, голова вверх</i>					
Угол тазобедренный	49	38	75	8	16,6
Угол Коленный	92	43	116	20	21,4
Угол наклона головы	167** *	143	205	16	9,6
Угол голеностопный	77	63	89	8	10,4

Примечание: ***- $p < 0,001$ по сравнению с низкой стойкой, голова вверх

Выводы. Исходя из полученных данных, нами было выявлено, что среднее значение углов в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах статистически не отличались в низких стойках с разным положением головы. Единственное отличие было в большем угле наклона головы назад, по сравнению с углом наклона головы вниз в низкой стойке.

Данные, полученные в нашем исследовании, помогут нам в дальнейшем более подробно анализировать физиологические и биомеханические особенности регуляции низкой стойки лыжника. Данная работа дает возможность тренеру и спортсмену рассмотреть наиболее оптимальную стойку лыжника с точки зрения биомеханики, а



соответствующий анализ позволяет дать заключение о правильности выполняемых действий.

© Алджархи С., Мохаммад Экаб, Мельников А. А., 2022

Список источников

1. Биомеханика : курс лекций / сост.: Д. С. Борщ, Г. Б. Шацкий. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2021 – 63 с.
2. Донской, Д. Д. Биомеханика : учебник для институтов физической культуры / Д. Д. Донской, В. М. Зацюрский. – Москва : Физкультура и спорт, 1979. – 264 с.
3. Загrevский, В. И. Биомеханика физических упражнений : учебное пособие : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 032101-Физическая культура и спорт / В. И. Загrevский, О. И. Загrevский ; Федеральное агентство по образованию, Томский гос. ун-т, Фак. физической культуры. - Томск : Томский гос. ун-т, 2007. – 271 с.

References

1. Biomechanics : a course of lectures / comp.: D. S. Borsch, G. B. Shatsky. – Vitebsk : VSU named after P.M. Masherov, 2021 – 63 p.
2. Donskoy, D. D. Biomechanics : textbook for institutes of physical culture / D. D. Donskoy, V. M. Zatsiorsky. – Moscow : Physical Culture and Sport, 1979. – 264 p.
3. Zagrevsky, V. I. Biomechanics of physical exercises : textbook : for students of higher educational institutions studying in the specialty 032101-Physical culture and sport / V. I. Zagrevsky, O. I. Zagrevsky ; Federal Agency for Education, Tomsk State University, Fac. physical culture. - Tomsk : Tomsk State University, 2007. – 271 p.



УДК 796.41

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА ПОВОРОТ НА ОДНОЙ НОГЕ НА 360° В ЖЕНСКОЙ СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКЕ

Ксения Михайловна Алексеева¹, студент

Парахин Виктор Александрович², канд. пед. наук, доцент

^{1,2}Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация: В статье представлен сравнительный обзор возможных вариантов выполнения элемента поворот на одной ноге на 360° с указанием их различий и особенностей в технике выполнения.

Ключевые слова: спортивная гимнастика, женская спортивная гимнастика, вольные упражнения, поворот на одной ноге на 360°, правила соревнований по спортивной гимнастике

Для цитирования: Парахин, В. А. Двигательный аппарат тяжелоатлета как «живая» система рычагов и звеньев / В. А. Парахин, К. М. Алексеева // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураева. – Малаховка, 2022. – С. 26-32.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF THE 360° ROTATION ON ONE LEG ELEMENT IN WOMEN'S GYMNASTICS

Ksenia M. Alekseeva¹, student

Parakhin V. Aleksandrovich², Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

^{1,2}The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia

Abstract. The article presents a comparative overview of possible variants of the 360° rotation on one leg element, indicating their differences and features in the technique of execution.

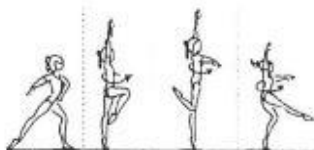
Keywords: gymnastics, women's gymnastics, floor exercises, 360° rotation on one leg, rules of gymnastics competitions

For citation: Parakhin, V. A. The motor apparatus of a weightlifter as a "living" system of levers and links / V. A. Parakhin, K. M. Alekseeva // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports: materials of the X All-Russian



Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka, 2022. – pp. 26-32.

Введение: Программа вольных упражнений в женской спортивной гимнастике строится на представлении не только акробатических, но и хореографических элементов: прыжков и поворотов, выполнение которых может являться специальным требованием. В условиях сильной конкуренции гимнастки стремятся выполнять более сложные элементы. На поворотах это отражается увеличением количества вращений. Поворот на одной ноге на 360° считается базовым элементом, а наибольшее количество вращений, отмеченное в правилах, – $4\backslash 1440^\circ$ - (Гомез).^[1] Но несовершенство техники в исполнении может стать препятствием к получению желанной сложности, а трудности, возникающие при обучении элементу, часто происходят из-за недостатка понимания законов биомеханики движений. К тому же в правилах WAG 2022-2024 указывается, что рассматриваемом повороте маховая нога может находиться в любом положении ниже горизонтали.



И это еще не все варианты. Многие гимнастки в комбинациях на бревне приводят и удерживают маховую ногу у щиколотки. Также нет особых требований к положению рук при выполнении поворота. Бывает, что поворот исполняется со сгибанием локтей и приведением их к телу. Получается, «классическая техника» - не единственное решение.

Для создания представления о биомеханике гимнастических движений может стать их видеоанализ через программное обеспечение «Kinovea». Эта программа используется для анализа видео с открытым исходным кодом, позволяя осуществлять отслеживание движения, измерение различных угловых, пространственно-временных параметров, осуществлять сравнение и анализ, аннотирование и многое другое. А рассмотрение некоторых биомеханических нюансов в выступлениях лидирующих спортсменок - для дополнения образа «эталонной техники».

Объект исследования: Процесс обучения поворотам на вольных упражнениях у гимнасток на тренировочном этапе.



Предмет исследования: Техника исполнения поворотов на 360° в вольных упражнениях.

Цель работы: Выявление особенностей техники исполнения поворотов на 360° и боле в вольных упражнениях.

Задачи исследования: 1) Рассмотреть классическую технику выполнения поворота пассе вместе с возможными ее вариациями. Выделить самые эффективные. 2) Выявить особенности в технике у лучших исполнительниц данного поворота, сделать обобщающий вывод.

Методы исследования: 1) анализ методической литературы, видеоматериалов, 2) биомеханический видеоанализ движения с использованием программного обеспечения «Kinovea».

Результаты исследования и их обсуждение: *Структура и техника поворота на 360° .* [2] Подготовительные действия выражаются мало в небольшом замахе назад руками. Также замах может быть и у маховой ноги, если она заранее освобождена. Основные действия выражаются в следующих фазах. I – «взмах с началом поворота маховой ноги». Делая взмах ногой и руками, гимнастка одновременно отклоняет плечи назад, уравниваясь так на опорной ноге, сам взмах носит ускоренный характер. По мере подъема ноги гимнастка начинает разворачивать ее в сторону опорной. В этой фазе сохраняется закрытая осанка. II – «торможение взмаха и основной поворот». В конце маха движение ноги вверх энергично затормаживается мышцами-разгибателями, что происходит в положении с небольшим сгибанием в тазобедренных суставах. Пользуясь этим, гимнастка, разгибаясь, быстро поворачивается назад и, вовлекая в движение опорную ногу, доводит поворот до полных 180° . Выполнение данной части облегчается разворотом маховой ноги в фазе взмаха. III – «завершающие действия» - фиксация положения, в сохранении которого важную роль играет приближение ОЦМ к оси после взмаха, и в исполнении последующих связующих движений: остановка приставлением свободной ноги к опорной, торможение опусканием на всю стопу или постепенное «затухание» в равновесии на носке.

После рассмотрения лучших попыток поворотов с различными позами удерживаемого равновесия было подтверждено, что максимальное приближение общего центра масс (ОЦМ) тела к оси вращения обеспечивает наибольшую стабильность, а траектория движения свободной ноги напоминала при этом выравнивающуюся «пружинку» (рис. 1).

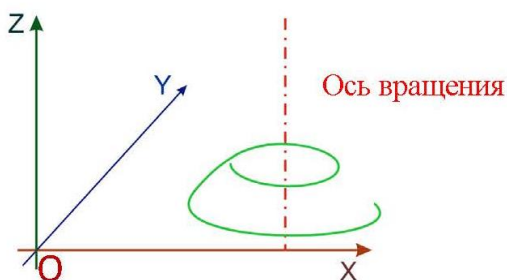


Рисунок 1 – траектория движения свободной ноги.

Получается, чтобы добиться наибольшей стабильности в удержании равновесия, нужно стремиться не только к общему приближению ОЦМ к оси, но и к отсутствию колебаний в вертикальной плоскости при удержании свободной ноги. Но теперь рассмотрим некоторые особенности в технике при выполнении различных поворотов.

1) *Поворот в равновесии, нога согнута вперед – «классический».* Хорошо выполняется как с замаха свободной ногой, так и без него, когда гимнастка начинает вращение с шага на опорную ногу. Желательно не допускать никакого наклона туловища и обеспечить доведение рук до вертикали оси вращения так, чтобы линия опорная нога-спина-руки совпадала с ней. Но вполне допускается небольшой прогиб в спине, но он обязательно должен быть скомпенсирован небольшим дополнительным заведением рук «за голову». Здесь ОЦМ также будет приближаться к оси вращения, просто находясь за пределом туловища гимнастки.

2) *Поворот в равновесии, нога согнута вперед у щиколотки.* Поворот с согнутой ногой в колене и низко опущенным носком помогает избежать лишних отклонений от оси. Но такое положение ноги из-за маленького радиуса в замахе дает недостаточный крутящий момент, поэтому выполнение более 2-х поворотов представляется сложным. Удобно выполнение такого варианта поворота даже не с замаха, а с шага с последующим приведением свободной ноги сзади. Если делать приведение свободной ноги из начального положения полуприседа, стоит обеспечить работу руками. Данный поворот хорошо подойдет для выполнения 1-1,5 вращений на бревне.

3) *Поворот в полуприседе, нога выпрямлена вперед.* В данном повороте нужен небольшой наклон вперед, руки лучше тоже удерживать спереди, так как именно в таком положении происходит наименьшее от



вращения, как в повороте в приседе. Отклонение тела назад ведет к колебаниям свободной ноги и общей потере равновесия.

4) *Поворот в равновесии, нога согнута назад.* Известно, что для создания хорошего крутящего момента нужен хороший замах и «прохождение» свободной ногой максимально возможного углового расстояния. Но это никак не сочеталось бы со сгибанием ноги назад без одной вещи: последовательности движений! Хитрость кроется в выполнении по завершении полноценного замаха и выведения свободной ноги вперед довольно резкого «подкручивания» тазом с одновременным сгибанием ноги назад. Образовавшееся ранее центростремительное ускорение поможет в приведении ноги в требуемую позу и сохранении скорости. То же получится и при выполнении таким образом поворота в атитюде.

5) *Поворот в равновесии назад.* Данный поворот отлично показывает приближение ОЦМ к оси вращения, обеспечиваемое через прогиб в спине. С недостаточного замаха этот элемент не будет получаться, и здесь «подкручивание» тазом будет лишь приводить свободную ногу к телу, что только помешает в принятии нужной позы с потерей в скорости. Но почему так происходит? В «пружинке» траекторий движения радиус полуокружности, создаваемый свободной ногой при замахе – «первый» радиус – намного больше, чем «второй» с последующими при приведении ее к опорной. (При этом наибольший радиус - при подъеме свободной ноги на 90°). И если в повороте в равновесии, нога согнута назад и в атитюде - радиус вращения за счет сгибания ноги становится меньше (рис. 2 – (а), (б)), то в повороте в равновесии назад этого не происходит и... движение стопорится ((в) 1). Поднятие свободной ноги вверх после «подкручивания» приведет к выполнению маха вверх. Можно конечно попробовать сделать более высокий замах и после «подкручивания» опустить ногу ниже ((в) 2), но столько колебаний во фронтальной оси... не помешает ли балансу?

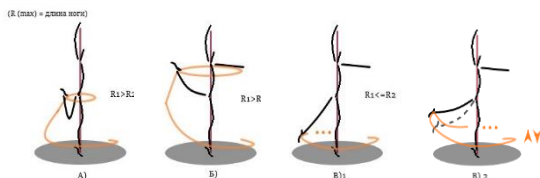


Рисунок 2 – повороты со сгибанием ноги и в равновесии назад.

В другом случае: «возвращение» ноги после замаха в ее исходное положение создаст нежелательную асимметрию и отклонение от оси и



также приведет к потере скорости. Здесь скорее подойдет одноименное движение руками и телом гимнастки в направлении вращения из положения выпада и только толчок свободной ноги сзади вверх без начального отведения.

Одной из лучших в мире в выполнении наибольшего количества вращений считается Лике Веверс. Гимнастка стабильно демонстрирует 3,5 поворота, начиная выполнение элемента из положения выпада. Далее из небольшого скручивания идет замах руками и плавное следование за ним маховой ноги. И интересно, что спортсменка не поднимает рук вверх, а приводит их к телу (такое можно увидеть и в выступлениях многих спортсменок из Китая), но при этом не сводя локти. Носок свободной ноги не прижат к колену, а сильно выходит назад. Скорее всего это помогает ей держать баланс, отдавая часть масс на «заднюю» сторону, так как руки находятся спереди. Однако в художественной гимнастике многое сочли бы ошибкой.^[3]

Выводы: По мере эффективности в создании крутящего момента и стабильности успешного выполнения повороты можно условно расположить в следующем порядке: 1- поворот в равновесии, нога согнута вперед – «классический», 2- поворот в равновесии, нога согнута вперед у щиколотки, 3 - поворот в равновесии, нога согнута назад, 4 - поворот в полуприседе, нога выпрямлена вперед, 5- поворот в равновесии назад. Несмотря на большую вариацию положений удержания равновесия, в правилах WAG данный поворот обозначается под одним номером, не учитывая некоторых биомеханических сложностей, в других «вариантах поворота». Разграничение этих вариантов может дать плодородную почву для появления новых элементов и создания более творческих комбинаций.

© Алексеева К. М., Парахин В. А., 2022

Список источников

1. Бутова, А. В. Техника исполнения поворотов в художественной гимнастике / А. В. Бутова // Арзамас. – 2012. – URL: <https://www.prodlenka.org/metodicheskie-razrabotki/116008-tehnika-ispolnenija-povorotov-v-hudozhestvenn> (дата обращения: 21.09.2022).

2. Женская спортивная гимнастика: правила соревнований 2022 – 2024 г.г. / FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE GYMNASTIQUE. – URL: <https://clck.ru/32i6nB> (дата обращения: 21.09.2022).

3. Wevers Lieke (NED) - 2019 Artistic Worlds, Stuttgart (GER) - Qualifications Floor Exercise . – URL:



<https://www.youtube.com/watch?v=pKhIAmMuYPA> (дата обращения: 21.09.2022).

References

1. Butova, A.V. Technique of performing turns in rhythmic gymnastics / A.V. Butovo // Arzamas. – 2012. – URL: <https://www.prodlenka.org/metodicheskie-razrabotki/116008-tehnika-ispolnenija-povorotov-v-hudozhestvenn> (accessed: 21.09.2022).
2. Women's gymnastics: competition rules 2022 – 2024 / FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE GYMNASTIQUE. – URL: <https://clck.ru/32i6nB> (date of application: 21.09.2022).
3. Wevers Like (NEW) - 2019 Artistic Worlds, Stuttgart (GER) - Qualifications Floor Exercise . – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=pKhIAmMuYPA> (accessed: 21.09.2022).



УДК 796.853.26.012

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНИКИ УДАРА НОГАМИ В КАРАТЭ – «УСИРО УРА МАВАСИ ГЕРИ» У СПОРТСМЕНОВ ЮНИОРОВ

Андрей Юрьевич Вагин¹, канд. пед. наук, доцент

¹Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

Аннотация. В статье приведены экспериментальные данные по изучению техники удара ногой «усиро ура маваси гери» в каратэ. Получены кинематические и динамические характеристики изучаемого ударного действия для спортсменов юниоров. Найдена взаимосвязь между угловой кинематикой коленного сустава ударной ноги и реализацией разгона ударного звена в изучаемом ударном действии.

Ключевые слова: ударные действия в каратэ, биомеханические характеристики, механизм разгона ударного звена, контроль технической подготовленности

Для цитирования: Вагин, А. Ю. Биомеханические особенности выполнения техники удара ногой в каратэ – «усиро ура маваси гери» у спортсменов юниоров / А. Ю. Вагин // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Малаховка, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 33-41.

BIOMECHANICAL FEATURES OF THE EXECUTION OF THE KICK TECHNIQUE IN KARATE – "USIRO URA MAVASI GERI" FOR JUNIOR ATHLETES

Andrey Y. Vagin¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

¹Russian State University of Physical Education, Sports, Youth and Tourism, Moscow, Russia

Abstract. The article presents experimental data on the study of the technique of kicking "usiro ura mawasi geri" in karate. The kinematic and dynamic characteristics of the studied impact action for junior athletes are obtained. The relationship between the angular kinematics of the knee joint of the impact leg and the implementation of the acceleration of the impact link in the studied impact action is found.



Keywords: impact actions in karate, biomechanical characteristics, mechanism of acceleration of the impact link, control of technical readiness

For citation: Vagin, A. Yu. Biomechanical features of performing the kick technique in karate – "usiro ura mavasi geri" among junior athletes / A. Yu. Vagin // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports: Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 33-41.

Каратэ относится к технически сложным видам спорта, так как в арсенал данного спортивного единоборства входит большой объем разнообразных технических приемов, каждый из которых, в свою очередь, имеет множество вариантов выполнения [2, 3]. К наиболее технически сложным действиям в каратэ можно отнести удар ногой, выполняемый с вращением через спину – «Уси́ро ура маваси гэри» (УУМГ) [1].

В настоящее время обоснование рациональности выполнения тех или иных вариантов выполнения данного ударного действия носит в основном эмпирический характер и не имеет экспериментального обоснования. Подобное обоснование, основанное на изучении биомеханических характеристик, позволит создать отправную точку для дальнейшей реализации инструментального контроля технической подготовленности спортсменов юниоров в каратэ.

В связи с этим **целью** данного исследования стало проведение биомеханического анализа техники удара ногой с вращением через спину «усиро ура маваси гэри» (УУМГ) у спортсменов-юниоров в каратэ.

Для достижения поставленной цели нами были использованы следующие методы исследования:

- Лабораторный эксперимент с использованием метода трехмерной биомеханической съёмки и динамометрии.
- Методы математической статистики.

Для изучения кинематической структуры ударных действий нами использовался аппаратно-программный комплекс (АПК) «Qualisys» с программным обеспечением «QTM». С помощью программы «Qualisys Track Manager (QTM)» производился первичный сбор данных с восемью высокоскоростных видеокамер «Oqus» 3-й серии. Частота съёмки в нашем случае составляла 200 Гц. Точность измерения координат маркеров в трехмерной системе координат определялась погрешностью при калибровке системы, которая не превышала 1,6 мм.

После проведения биомеханической съёмки с помощью программы «Qualisys Track Manager (QTM)» осуществлялся расчет кинематических характеристик выбранных опорных точек, а также построение



многозвенной модели тела человека, позволяющей определять угловую кинематику движения в суставах (Рисунок 1).

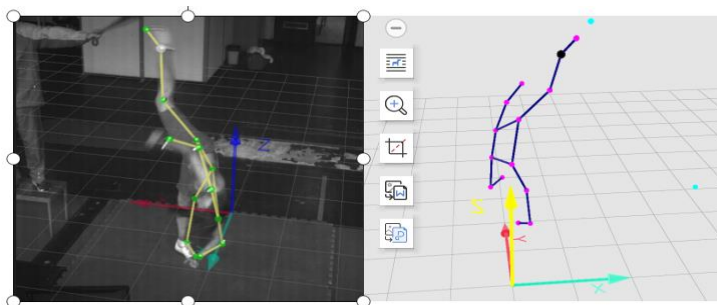


Рисунок 1 – Многозвенная модель тела человека на основе проведения трехмерной биомеханической съемки при выполнении удара ногой.

Для измерения опорных реакций при выполнении ударных действий в единоборствах были использованы две динамометрические платформы фирмы АМТИ (США). Размеры платформ – 40×60 см, высота – 8 см. Платформы позволяют определять вертикальную и две горизонтальных составляющих силы реакции опоры под каждой ногой.

Лабораторный эксперимент проводился на базе лаборатории биомеханики НИИ Спорта РГУФКСМиТ. В нем приняли участие 10 спортсменов-юношей в возрасте 18–20 лет, имеющих уровень КМС по каратэ в соревновательном разделе «кумитэ». Рост спортсменов составил 170–180 см, вес – 65–75 кг.

В ходе лабораторного эксперимента испытуемым предлагалось выполнение удара ногой УУМГ в верхний сектор тела, соответствующий уровню головы каждого из испытуемых.

Ударное действие выполнялось из левосторонней боевой позиции правой ногой с имитацией соударения, с двигательной установкой на достижение максимальной скорости разгона ударного звена.

После проведения лабораторного эксперимента с помощью специализированного программного обеспечения «Qualisys Track Manager (QTM)» нами рассчитывались следующие кинематические и динамические характеристики изучаемого ударного действия:

1. Максимальные значения скорости голеностопного (ГС), коленного (КС) и тазобедренного (ТС) суставов ударной ноги.
2. Значения угла при сгибании ударной ноги в коленном суставе ударной ноги.



3. Время выполнения отдельных фаз ударного действия.
4. Максимальные значения вертикальной составляющей силы реакции опоры во время выполнения удара ногой.

Для интерпретации полученных экспериментальных данных нами рассчитывались средние значения измеряемых кинематических характеристик, а также их стандартные отклонения и коэффициенты вариации. Для определения статистической связи между измеряемыми характеристиками мы использовали корреляционный анализ с расчётом коэффициента корреляции Бравэ-Пирсона.

Полученные в ходе обработки проведенного лабораторного эксперимента кинематические характеристики удара УУМГ представлены в таблице 1.

Ключевые опорные точки ударного действия определялись нами по характеру изменения скоростей ТС, КС и ГС ударной ноги, а также гониграммы КС ударной ноги с синхронным пок кадровым анализом кинетораммы изучаемого ударного действия (Рисунок 2).

Кроме этого, проводился анализ динамограммы изменения силы реакции опоры. Подобный анализ позволил нам выделить следующие опорные точки ударного действия, а также особенности каждой из фаз ударного действия:

Таблица 1 – Кинематические характеристики ударного действия (n=10)

Биомеханические характеристики ударного действия	Среднее арифметическое	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Время выполнения предварительной фазы разгона (с)	0,41	0,15	36
Время выполнения финальной фазы разгона (с)	0,19	0,07	40
Максимальная скорость тазобедренного сустава (ТС) (м/с)	3,2	0,55	17
Максимальная скорость коленного сустава(КС) (м/с)	5,7	0,9	16
Максимальная скорость голеностопного сустава (ГС) (м/с)	9,4	1	11
Угол в КС ударной ноги при ее сгибании в окончании фазы предварительного разгона (град)	100	34	33

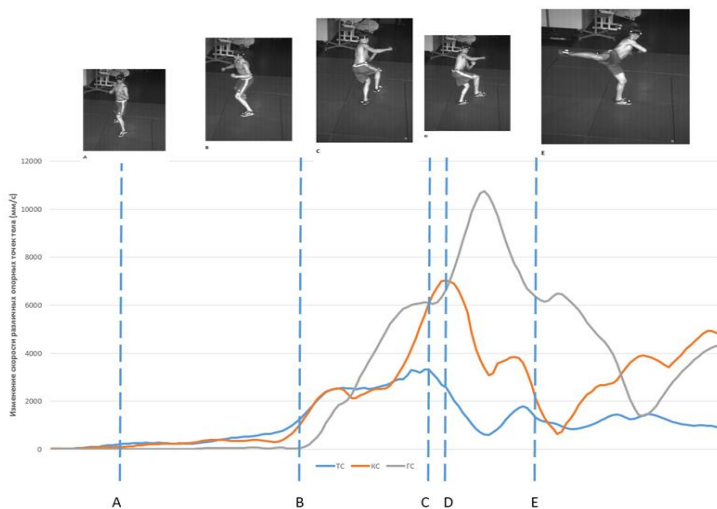


Рисунок 2 – Основные ключевые моменты удара ногой УУМГ в соответствии с характером изменения скоростей тазобедренного, коленного и голеностопного суставов ударной ноги. А – Момент времени, соответствующий началу выполнения ударного действия, характеризуется одновременным плавным началом изменения скоростей выбранных опорных точек тела. Момент времени В – соответствует моменту отрыва ударной ноги от опоры. Момент времени С – характеризуется достижением минимального значения угла в КС при сгибании ударной ноги после отрыва от опоры. Момент времени D – соответствует достижению максимального значения скорости КС ударной ноги. Момент времени E – соответствует моменту выпрямления ударной ноги в КС.

На основе этих опорных точек ударного действия нами были выделены две основные фазы изучаемого ударного действия:

1. Фаза предварительного разгона (от момента времени А до момента времени С).
2. Фаза финального разгона (от момента времени С до момента времени D).

Значения времени выполнения этих двух фаз ударного действия для нашей группы испытуемых представлены в таблице 1.

Время выполнения предварительной фазы разгона составило 0,41 ($\pm 0,15$) с, а время выполнения финальной фазы разгона – 0,19 ($\pm 0,07$) с. Таким образом, общее время выполнения удара ногой составило в среднем



0,6 с. При этом большую часть времени занимает выполнение предварительной фазы ударного действия.

Значение максимальной скорости ГС составило в среднем по группе – 9,4 (± 1) м/с. Для КС – 5,7 ($\pm 0,9$) м/с, а для ТС – 3,2 ($\pm 0,55$) с.

Величина сгибания ударной ноги в КС в окончании фазы предварительного разгона составила в среднем 100 (± 34) град.

Практически все полученные характеристики изучаемого ударного действия имеют высокое значение коэффициента вариации, что свидетельствует о существенных индивидуальных отличиях навыка выполнения данного ударного действия у наших испытуемых.

Наименьшее значение коэффициента вариации наблюдается в нашем эксперименте для максимальной скорости ударного звена (ГС) – 11%. Наибольшее значение коэффициента вариации наблюдается для времени выполнения финальной фазы ударного действия, которое составило 40%.

Таким образом, можно сказать, что при относительно стабильной для экспериментальной группы величине разгона ударного звена, которая выражается в значении максимума скорости ГС, наблюдается довольно вариативный способ реализации этого разгона, что может отражаться в индивидуальных особенностях техники выполнения изучаемого ударного действия.

Нами обнаружено положительное влияние максимальной силы отталкивания от опоры в вертикальном направлении (ВСРО) на изменение максимальной скорости ТС ударной ноги. Это доказывается обнаруженной нами статистически значимой положительной корреляцией между максимальной скоростью ТС ударной ноги и максимумом ВСРО при отталкивании от опоры до начала отрыва ударной ноги в фазе предварительного разгона.

Коэффициент корреляции составил 0,9 (при $p \leq 0,01$) (Рисунок 3).

Таким образом, более сильное отталкивание от опоры в фазе предварительного разгона увеличивает скорость разгона ТС ударной ноги.

Наиболее рациональным с позиции достижения максимального значения скорости ударного звена, а также с позиции уменьшения времени фазы предварительного разгона удара «Усиро маваси гэри» стал вариант разгона ударного звена по малому радиусу.

Это доказывается обнаруженными нами статистически значимыми корреляциями между значением угла в КС и максимальной скоростью ударного звена ($r = -0,8$ при $p \leq 0,05$) (Рисунок 4), а также между значением этого же угла и временем выполнения фазы предварительного разгона ударного звена ($r=0,8$ при $p \leq 0,05$) (Рисунок 5).

Таким образом, полученные экспериментальные данные, характеризующие технику удара ногой УУМГ у спортсменов юниоров в



крате, показали, что при относительно стабильном значении максимума скорости ударного звена большинство других биомеханических характеристик имеют большую вариативность, что говорит о различных механизмах реализации разгона ударного звена в этом ударном действии.

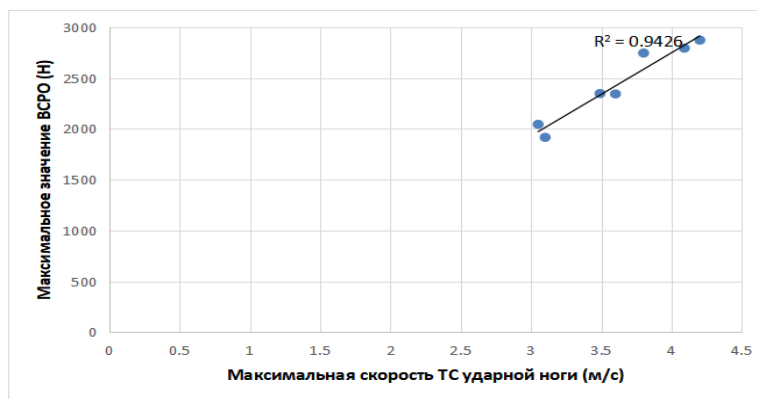


Рисунок 3 – Взаимосвязь между максимальной силой отталкивания от опоры и максимальной скоростью ТС ударной ноги.

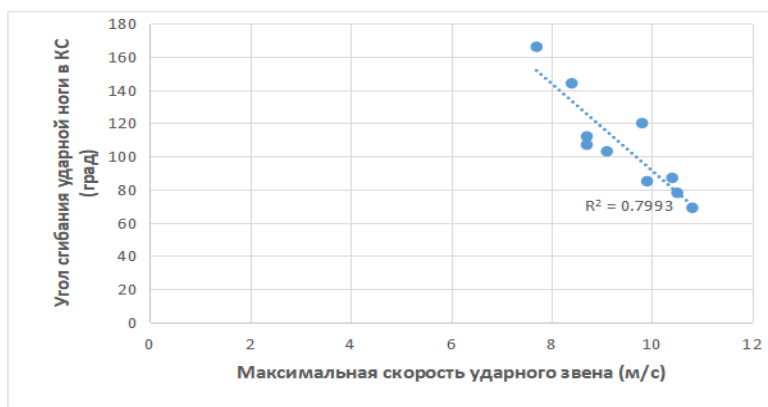


Рисунок 4 – Взаимосвязь между углом сгибания ударной ноги в КС и максимальной скоростью ударного звена.

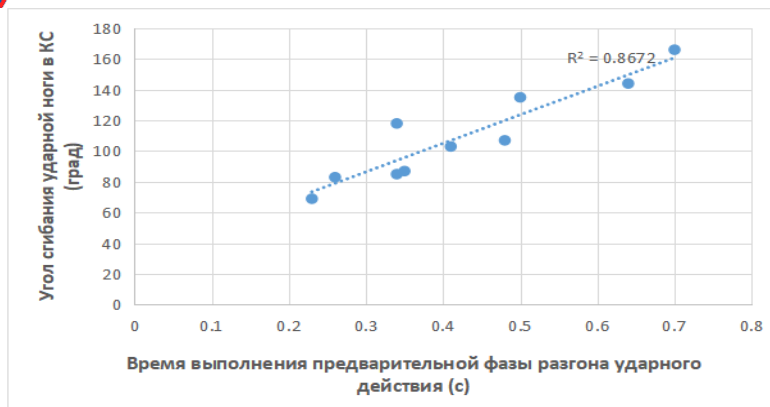


Рисунок 5 – Взаимосвязь между углом сгибания ударной ноги в КС и временем выполнения фазы предварительного разгона ударного звена.

Также обнаружено, что чем меньше угол сгибания ударной ноги в фазе предварительного разгона ударного действия, тем выше достижения максимальной скорости ударного звена и меньше время выполнения самого ударного действия. Это может быть объяснено тем, что подобное сгибание ударной ноги позволяет производить разгон ударного звена по малому радиусу, а также уменьшить величину момента инерции тела в фазе предварительного разгона.

© Вагин А. Ю., 2022

Список источников

1. Коропановски, Н. Характеристики указательных действий спортсменов высшего уровня в каратэ / Н. Коропановски, С. Йованович, М. Допсай // VII Международный конгресс по анализу спортивных результатов, 3-6 сентября 2008 года. – Магдебург, 2008. – С. 386-393.

2. Мауро, П. Дугнани Анализ технико-тактических различий между итальянскими спортсменами на соревнованиях по спортивному каратэ / П. Мауро, Л. Инверницци, С. Мауро // 6-й ежегодный конгресс Европейского колледжа спортивной науки : 15-й конгресс Немецкого общества спортивной науки, 24-28 июля 2001 г. – Кельн, 2001. - С. 527.

3. Танака, К. Моделирование взаимодействий и процессов в матчах по каратэ с использованием байесовской сети / К. Танака, Ю. Куроке // VII Международный конгресс по анализу спортивных результатов, 3-6 сентября 2008 года. – Магдебург, 2008. – С. 600-609.



References

1. Koropanovski, N. Characteristics of pointing actions of top level female competitors in karate / N. Koropanovski, S. Jovanovic, M. Dopsaj // Word Congress of performance analysis of sport VII, 3–6 September 2008. – Magdeburg , 2008. – C. 386–393.
2. Mauro, P. Dugnani Analysis of the technical-tactical differences between Italian athletes sports karate competitions / P. Mauro, L. Invernizzi, S. Mauro // 6 th Annual congress of the European College of sport science : 15th Congress of the German Society of Sports Science, July 24-28, 2001. – Cologne, 2001. - p. 527.
3. Tanaka, K. Modeling of interactions and processes in karate matches using a Bayesian network / K. Tanaka, Y. Kurose // Word Congress of performance analysis of sport VII, September 3-6, 2008. – Magdeburg, 2008. – pp. 600-609.



УДК 796.83.012

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СООТНОШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СТОПЫ НА ОПОРУ И СИЛЫ УДАРА В БОКСЕ

Радивой Васильев¹, *канд. пед. наук, доцент*

Эмиль Фердинандович Ахмедзянов², *магистрант*

Ирина Александровна Васильева³, *канд. пед. наук, доцент*

^{1,2,3}*Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия*

Аннотация. В работе проводилось изучение взаимосвязи параметров силы удара в боксерскую подушку и характера распределения при этом силы давления под стопой. Анализ результатов позволил выделить фазы выполнения движений и выявить критерии качественных и некачественных ударов. У каждого испытуемого были выявлены индивидуальные особенности техники нанесения ударов.

Ключевые слова: удар слева, исходное положение, бокс, давление под стопой

Для цитирования: Васильев, Р. Биомеханический расчет соотношения давления стопы на опору и силы удара в боксе / Р. Васильев, Э. Ф. Ахмедзянов, И. А. Васильева // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Малаховка, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 42-49.

BIOMECHANICAL CALCULATION OF THE RATIO OF FOOT PRESSURE ON THE SUPPORT AND IMPACT FORCE IN BOXING

Radivoy Vasiliev¹, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

Emil F. Akhmetzyanov², *Master's student*

Irina A. Vasilyeva³, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

^{1,2,3}*Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia.*

Abstract. The study examined the relationship between the parameters of the impact force in the boxing pillow and the nature of the distribution of the pressure force under the foot. The analysis of the results made it possible to identify the phases of the movements and to identify criteria for high-quality and low-quality strokes. Individual peculiarities of the striking technique were revealed in each



subject.

Keywords: backhand, starting position, boxing, pressure under the foot

For citation: Vasiliev, R. Biomechanical calculation of the ratio of foot pressure on the support and impact force in boxing / R. Vasiliev, E. F. Akhmedzyanov, I. A. Vasilyeva // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports: Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 43-49.

Актуальность. Современную физическую подготовку боксера следует рассматривать как многоуровневую систему, каждый уровень имеет свои специфические особенности. В современном боксе наблюдается полное отсутствие статичных положений [7]. Направление передвижения меняется в каждый момент боя, а передвижения боксера на ринге быстрые, неожиданные и непредсказуемые для соперника [6]. Типовая позиция боксера включает в себя стойку боксера и боевую позицию. В биомеханическом аспекте стойка боксера асимметрична. Такая стойка для боя является оптимальной, позволяет передавать усилия для удара по прямой линии от ног к плевому поясу и далее к руке и обеспечивает осуществление статической и маневренной устойчивости в защите [5]. Для сохранения равновесия при нанесении удара или при нанесении удара противником имеет значение расположение центра тяжести по высоте. Чем ниже находится общий центр тяжести, тем больше устойчивость тела. В практике боевой деятельности для обеспечения большей устойчивости при нанесении ударов используют приседание.

Удар в боксе - основное средство нападения. При ударе используется бросок массы всего тела в направлении удара. Эффективность удара будет зависеть от технически правильно выполненных боевой стойки и боевой позиции. Только при наличии устойчивости боевой стойки с относительно большой площадью опоры наносятся эффективные удары [4].

Источник силы и резкости удара заключается во вращательном движении туловища с перемещением центра тяжести с одной на другую ногу. И именно это является источником центростремительной силы всех видов удара. Еще в 1949 году писали [2], что рука в ударе вообще играет последнюю роль, с другой стороны из-за амортизирующего действия суставов вся масса тела не может быть вложена в удар, а главным является сложение скоростей различных звеньев тела (стопа, голеностоп, икры, бедро, таз, плечевой пояс и рука) [3]. Удар левой рукой с шагом вперед правой ногой сопровождается толчком левой ноги, сообщающей телу поступательное движение вперед, с которым совмещается вращательное, туловища слева направо ("скручивание") [1]. Все начинается с опорой на



левую ногу и заканчивающееся с опорой на правую [1, 3].

Целью нашей работы являлось изучение взаимосвязи параметров силы удара в боксерскую подушку и характера распределения давления под стопой.

Организация исследования. Данное исследование проводилось на базе НИИ спорта, лаборатории биомеханики в 2021 году. В исследовании приняли участие 5 боксеров: 4 мужчин и 1 девушка, в возрасте 18-26 лет, имеющих квалификацию «МС» и «МСМК» и являющихся членами сборной команды России. Стаж занятия боксом составлял в среднем 15 лет. Для измерения на площадке была установлена подометрическая платформа RSscan (0,5*0,42м; 300 Гц) с высокой резольвцией измерения давления. С целью измерения силы удара, одновременно с контактом на платформе, выполнялся удар боксера по тензометрической подушке «Hit RANGE» (вес: 2,6 кг; диаметр $d=35$ см, толщина $h=12$ см; максимальная сила удара 20000Н), которая находилась в удобном для спортсменов положении. Мобильная подушка измеряла, кроме силы удара, временные параметры и скоростные характеристики реакции спортсмена на сигнал.

Спортсмены после разминки бинтовали руки, надевали перчатки (модель Ultimatum - 10 oz) и вставляли в боксерскую стойку на подометрическую платформу RSscan.

В течении 10 секунд боксеры наносили удар, предварительно согласованный и внесённый в протокол, по подушке «Hit RANGE». Результаты регистрировались на мобильном устройстве с помощью Bluetooth технологии для удара, а давление под стопой в программе «Footscan 9» и анализировались в «RSscan Scientific» (Рис. 1).

После обработки полученных результатов на основании регистрируемых биомеханических показателей были выделены отдельные фазы выполнения ударного движения.

Анализ полученных результатов проводился с помощью стандартного статистического аппарата в программном пакете Statistica 12 (оценка нормальности распределения, дисперсионный и корреляционный анализ). В основном в данном исследовании акцент выделялся изучению индивидуальных особенностей ударов и их модельных характеристик.

Исходя из данных подометрической подушки RSscan, видео анализа и тензометрической подушки, у каждого спортсмена из одной разновидности удара были выявлены качественный и некачественный удар. Пример одного такого удара по фазам представлен на рисунке 2.

При нанесении качественного удара спортсмен брал замах с опорой на полную стопу левой ноги, в таком случае показатели давления под стопой выше (1806,6 Н), чем при некачественном ударе (1563,6 Н) - на 14% меньше. В случае замаха в некачественном ударе боксер опирается на



переднюю часть стопы левой ноги, и при этом он менее устойчив. При качественном ударе показатели усилия на подушку значения на выходе составили 5444,5Н (505кг), в некачественном ударе 2051,4 Н (207кг).

Соотношение при качественном некачественном ударе по подушке составило 63%.

Выводы:

1. Впервые выделены фазы выполнения ударного движения в призме взаимосвязи параметров силы удара рукой и распределения давления под ногами.

2. Одним из критериев качественного выполнения удара является выполнение замаха с опоры на полную стопу. Признаком некачественного удара может являться опора в данной фазе на переднюю часть стопы, что снижает устойчивость положения.

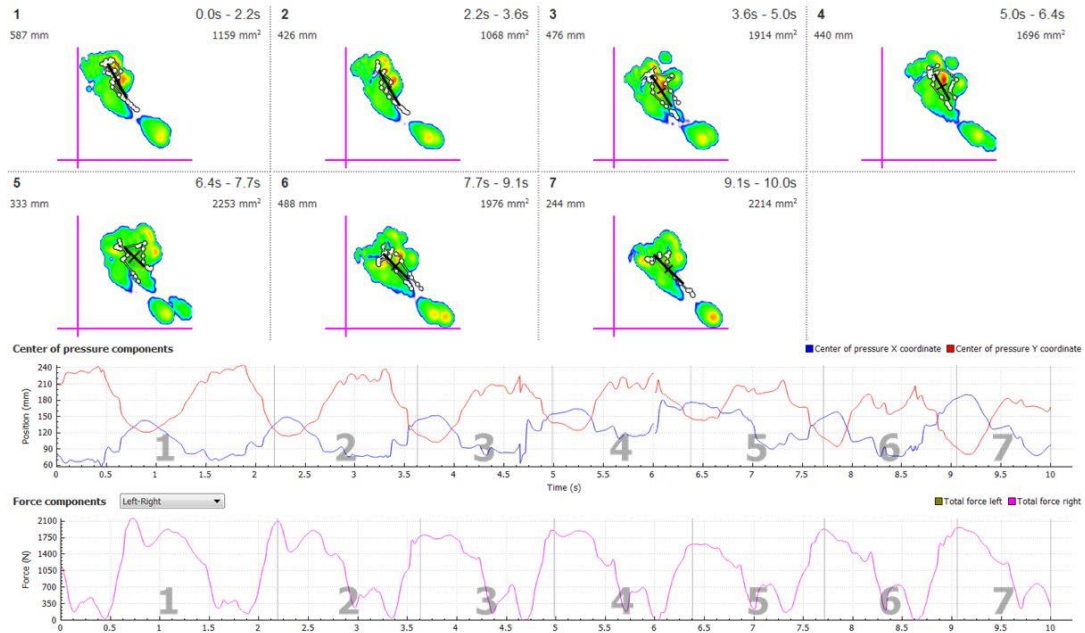
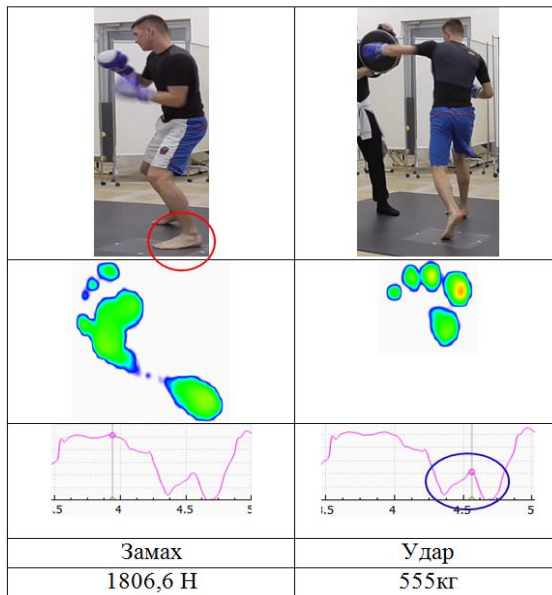


Рисунок 1 – Параметры усилия и траектория центра давления под стопой при выполнении ударов в течение 10с.

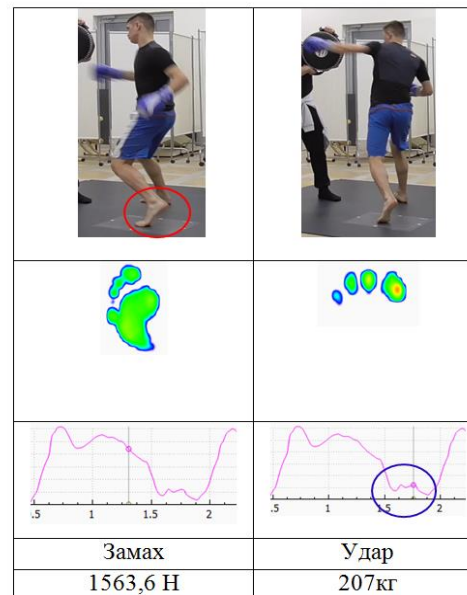


Качественный удар



А

Некачественный удар



Б

Рисунок 2 – Пример качественного (А) и некачественного удара (Б) левой рукой сбоку на левой ноге.



Список источников

1. Градополов, К. В. Бокс : учебник для ин-тов физ. культуры / К. В. Градополов, проф. заслуж. мастер спорта СССР. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Физкультура и спорт, 1965. - 338 с.

2. Денисов, Б. С. Бокс : учеб. пособие для коллективов физ. культуры / Б. С. Денисов. - 2-е изд., испр. - Москва : Физкультура и спорт, 1949 (16-я тип. Главполиграфиздата). - 136 с.

3. Джероян, Г. О. Совершенствование техники и тактики боксера : Г. О. Джераян, канд. пед. наук. - Москва : Физкультура и спорт, 1955. - 196 с.

4. Исследование показателей ударного движения боксера / К. С. Колодезников, М. Г. Колодезникова, П. И. Кривошапкин, Н. А. Поскачин // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20. – № 4. – С. 120-126.

5. Юхно, Ю. А. Биомеханические характеристики атакующих действий боксеров высокой квалификации / Ю. А. Юхно, Е. В. Наугольная // Физическое воспитание студентов творческих специальностей. – 2006. – № 6. – С. 125-132.

Анализ трехмерной кинетики и кинематики ударов максимальным усилием боксеров-любителей / Э. Стэнли, Э. Томсон, Г. Смит, К. Лэмб // Международный журнал анализа результатов в спорте. – 2018. - № 18(5). - С. 835–854.

6. Физический профиль боксеров–любителей младшего и старшего возраста / Д. Уилсон, А. Раддок, М. Ранчордас, С. Томпсон, Д. Роджерсон // Журнал физического воспитания и спорта. - 2020. – Т. 20 (6). - С. 3452-3459.

References

1. Gradopolov, K. V. Boxing: textbook for the Institute of Physics. culture / K. V. Gradopolov, prof. merited. Master of Sports of the USSR. - 4th ed., reprint. and add. - Moscow : Physical Culture and Sport, 1965. - 338 p

2. Denisov, B. S. Boxing : studies. manual for physical education teams. culture / B. S. Denisov. - 2nd ed., ispr. - Moscow : Physical Culture and Sport, 1949 (type 16. Glavpoligrafizdata). - 136 p

3. Jeroyan, G. O. Improving the technique and tactics of a boxer : G. O. Jeroyan, Candidate of Pedagogical Sciences. - Moscow : Physical culture and Sport, 1955. - 196 p.

4. Investigation of the indicators of the boxer's shock movement / K. S. Kolodeznikov, M. G. Kolodeznikova, P. I. Krivoshapkin, N. A. Poskachin // Man. Sport. Medicine. - 2020. – Vol. 20. – No. 4. – pp. 120-126.

5. Yukhno, Yu. A. Biomechanical characteristics of attacking actions of highly qualified boxers / Yu. A. Yukhno, E. V. Nagugnaya // Physical education of students of creative specialties. - 2006. – No. 6. – pp. 125-132.

6. Analysis of three-dimensional kinetics and kinematics of blows with maximum effort among amateur boxers / E. Stanley, E. Thomson, G. Smith, K. Lamb // International Journal of Performance Analysis in Sports. – 2018. - № 18(5). - pp.



835-854.

7. Physical profile of amateur boxers of younger and older age / D. Wilson, A. Ruddock, M. Ranchordas, S. Thompson, D. Rogerson // Journal of Physical Education and Sports. - 2020. – Vol. 20 (6). - pp. 3452-3459.



УДК 797.122.2.081

ВОЗМОЖНО ЛИ ОПРЕДЕЛИТЬ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАВЛЕНИЯ НА СИДЕНЬЕ У БАЙДАРЧНИКОВ?

Радивой Васильев¹, *канд. пед. наук, доцент*

Алёна Владимировна Жигалина², *магистрант*

Ирина Александровна Васильева³, *канд. пед. наук, доцент*

^{1,2,3}*Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия*

Аннотация. В работе представлены результаты регистрации параметров на сиденье в гребле на байдарках. Анализ позволил получить картину распределения давления и время контакта. Обнаружено снижение степени асимметрии с ростом мастерства гребцов. Результаты исследования могут быть использованы в технической подготовке спортсменов, в совершенствовании техники взаимодействия гребца с конструкцией лодки.

Ключевые слова: байдарка, сиденье, давление, равновесие, симметрия

Для цитирования: Васильев, Р. Возможно ли определить характеристики давления на сиденье у байдарочников? / Р. Васильев, А. В. Жигалина, И. А. Васильева // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 50-55.

IS IT POSSIBLE TO DETERMINE THE CHARACTERISTICS PRESSURE ON THE SEAT OF KAYAKERS?

Radivoy Vasiliev¹, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

Alyona V. Zhigalina², *Master's student*

Irina A. Vasilyeva³, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

^{1,2,3}*Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia*

Abstract. The paper presents the results of registration of parameters on the seat in kayaking. The analysis allowed us to obtain a picture of the pressure distribution and contact time. A decrease in the degree of asymmetry with an increase in the skill of rowers was found. The results of the study can be used in the technical training of athletes, in improving the technique of interaction of the rower with the design of the boat.

Keywords: kayak, seat, pressure, balance, symmetry

For citation: Vasiliev, R. Is it possible to determine the characteristics of pressure



on the seat of kayakers? / R. Vasiliev, A.V. Zhigalina, I. A. Vasilyeva // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 50-55.

Введение. В гребле большое значение имеет эффективность взаимодействия человека с конструкцией оборудования лодки. В отличие от академической гребли, где сиденье подвижно внутри лодки и перемещается вместе со спортсменом в сагиттальной плоскости, в байдарках перемещения сиденья вдоль лодки отсутствует. Так как в гребле на байдарках весло не имеет механической связи с лодкой, все усилие передается через тело спортсмена в подножку, которая противодействует движению лодки [1]. Поскольку сиденье закреплено, то характер взаимодействия спортсмена с ним может влиять на эффективность продвижения лодки [3].

Актуальность. Относительно недавней разработкой стало внедрение на соревнованиях по гребле на байдарках поворотного сиденья [2]. Но проведенное сравнение эффективности между двумя байдарочными сиденьями – стандартным (неподвижным) и крутящимся (вокруг своей вертикальной оси) - показало, что нет преимущества в использовании того или иного сиденья [4].

Целью нашей работы являлось изучение характера распределения силы давления тела на сиденье у гребцов-байдарочников во время гребли на гребном эргометре Web-Kayak с неподвижной кареткой.

Организация исследования. Данное исследование проводилось на базе «Центра гребных видов спорта» города Казани в 2021 году. В исследовании приняли участие 9 гребцов-байдарочников казанской спортивной школы по водно-гребным видам спорта в возрасте от 15 до 27 лет, из которых один спортсмен женского пола и восемь – мужского. Уровень спортивного мастерства и общий спортивный стаж также различался. В исследовании был задействован гребной эргометр Web-Kayak с неподвижной кареткой. На месте слайда (сиденья) была установлена RSscan (0,5*0,42м; 300 Гц) платформа с высокой резoluцией измерения давления (рис. 1).



Рисунок 1 – Конструкция с установленной тензоплатформой на гребной эргометр Weba-Kajak.

Для регистрации движений спортсмена во время проведения эксперимента спереди, сзади и с правой стороны от тренажера на одинаковом расстоянии были расположены 3 видеокамеры. Каждый спортсмен перед тем, как начать эксперимент, делал индивидуальную разминку. На тренажере выставлялась средняя мощность кручения барабана. Длину подножки каждый спортсмен регулировал индивидуально. После занесения индивидуальных данных спортсмен принимал положение на тренажере и начинал грести (рис. 2). Отсчитывалась одна минута для разминки и определения удобства положения испытуемого. После первой минуты подавался сигнал спортсмену и включалась запись движений на платформе. Длительность записи составляла две минуты.

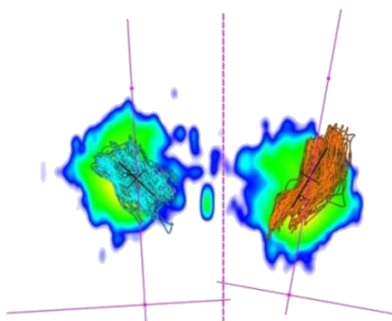


Рисунок 2 - Положение спортсмена на гребном эргометре во время измерений с регистрацией давления на сиденье.

В течение установленного времени регистрировались параметры силы давления тела гребца на сиденье. Полученные результаты обрабатывались в приложении RSscan Scientific.



Результаты исследования и их обсуждение

В результатах распределения усилия на сиденье наблюдаются следующие показатели: у троих испытуемых из девяти распределение силы давления и размах показателей распределения давления на сиденье выше с левой стороны. У одного испытуемого распределение силы давления и размах показателей распределения давления на сиденье выше с правой стороны. У двоих испытуемых из девяти распределение силы давления на сиденье выше с левой стороны, но размах показателей внутри одного цикла больше с правой. У троих испытуемых наоборот – сила распределения давления выше с правой стороны, а размах показателей распределения давления на сиденье выше слева.

Средние показатели усилия под правой и левой ягодицами, полученные в ходе эксперимента, (таб.1) показал, что из девяти испытуемых только у двоих (6 и 7; выделены курсивом) нет статистически значимых различий в распределении усилия на левую и правую стороны. У семи спортсменов присутствует значимая асимметрия в распределении усилия на сиденье между левой и правой сторонами.

Таблица 1 – Усилие под правой и левой ягодицами у девяти испытуемых.

Испытуемые	Правая (Н)	Левая (Н)	<i>t</i>	<i>p</i>
1МС	499,72	530,26	-4,48	0,000
2КМС	545,42	516,42	3,54	0,001
3КМС	706,06	775,44	-8,64	0,000
4 I	560,12	460,37	16,99	0,000
5 I	620,99	673,07	-9,87	0,000
6 II	<i>634,82</i>	<i>630,05</i>	<i>0,46</i>	<i>0,647</i>
7 II	<i>627,57</i>	<i>625,42</i>	<i>0,21</i>	<i>0,832</i>
8 II	315,61	654,46	-40,07	0,000
9 I	713,08	780,77	-6,24	0,000

**t* критическое = 1,98

В таблице 2 представлены средние значения времени достижения максимального усилия под левой и правой ягодицами за 120 сек. Испытуемые № 4, 7, 8 и 9 показали достоверное отличие между правой и левой сторонами ягодиц по времени достижения максимального усилия (при $p < 0.05$).



Таблица 2 – Временные показатели достижения максимального усилия под правой и левой ягодицами 9 испытуемых.

№/ разряд	Сторона	\bar{X}	σ	V %	t	p
1	2	3	4	5	6	7
1 МС	Правая (с)	0,531	0,397	74,79	-1,23	0,219
	Левая (с)	0,603	0,363	60,15		
2 КМС	Правая (с)	0,313	0,202	64,42	0,467	0,64
	Левая (с)	0,300	0,192	63,95		
3 КМС	Правая (с)	0,436	0,313	71,73	0,19	0,852
	Левая (с)	0,430	0,218	50,73		
4 I	Правая (с)	0,362	0,209	57,72	3,49	0,0005
	Левая (с)	0,284	0,170	60,02		
5 I	Правая (с)	0,511	0,292	57,08	0,092	0,92
	Левая (с)	0,506	0,321	63,48		
6 II	Правая (с)	0,524	0,369	70,43	-0,181	0,86
	Левая (с)	0,534	0,325	60,84		
7 II	Правая (с)	0,442	0,278	63,03	-5,79	0,0001
	Левая (с)	0,726	0,403	55,43		
8 II	Правая (с)	0,661	0,332	50,20	2,05	0,041
	Левая (с)	0,580	0,250	43,17		
9 I	Правая (с)	0,994	0,279	28,10	-2,56	0,011
	Левая (с)	1,135	0,234	20,61		

Если учесть, что один цикл движения включает в себя гребок с левой и правой стороны. Разница во времени достижения усилия с левой и правой стороны указывает на различие в скорости выполнения фазы гребка, при котором весло находится в нижнем положении - в воде. Такая асимметрия в большей степени проявлялась у четверых спортсменов (уровня массовых спортивных разрядов).

Выводы:

1. Впервые была проведена регистрация параметров давления на сиденье в гребле на байдарках, позволившая получить картину распределения давления и времени контакта с правой/левой сторонами ягодичных мышц.



2. Установлено, что индивидуальные параметры гребли зависят от уровня специализации спортсменов. Чем выше уровень мастерства, тем меньше асимметрии в регистрируемых параметрами давления на сиденье.

3. Полученные результаты могут быть использованы тренерами и спортсменами гребцами-байдарочниками в совершенствовании техники взаимодействия с конструкцией лодки.

© Васильев Р., Жигалина А. В., Васильева И. А., 2022

Список источников

1. Бодуэн, А. Биомеханический обзор факторов, влияющих на результативность гребли // А. Бодуэн, Д. Хокинс // Британский журнал спортивной медицины. -2002. - № 36(6). – С. 396-402. doi:10.1136/bjism.36.6.396.

2. Майкл, Дж. С. Физиологические реакции на каякинг с вращающимся сиденьем / Дж. С. Майкл, Р. Смит, К. Руни // Международный журнал спортивной медицины. – 2010. - № 31(08). – С. 555–560. doi:10.1055/s-0030-1252053

3. Смит, Р. М. Биомеханическая обратная связь для гребли / Р. М. Смит, К. Лошнер // Спортивная наука. – 2002. – Ч. 20, № 10. – С. 783–791. doi:10.1080/026404102320675639

4. Лок, Ю. Л. Сравнение эффективности элитных и субэлитных спринт-каекеров по плоской воде: предварительный результат / Ю. Л. Лок, Р. Смит, П. Синклер // 33-я Международная конференция по биомеханике в спорте. - Пуатье, Франция, 2015. - С. 1074-1077.

References

1. Baudouin, A. A biomechanical review of factors affecting rowing performance // A. Baudouin, D. Hawkins // British Journal of Sports Medicine. - 2002. - № 36(6). – pp. 396-402. doi:10.1136/bjism.36.6.396.

2. Michael, J. S. Physiological Responses to Kayaking with a Swivel Seat / J. S. Michael, R. Smith, K. Rooney // International Journal of Sports Medicine. – 2010. - № 31(08). – Pp. 555-560. doi:10.1055/s-0030-1252053

3. Smith, R. M. Biomechanics feedback for rowing / R. M. Smith, K. Loshner // Journal of Sports Sciences. - 2002. – Part 20, No. 10. – pp. 783-791. doi:10.1080/026404102320675639

4. Lok, Yu. L. Elite and sub elite flat water sprint kayakers performance comparison: a preliminary result / Yu. L. Lok, R. Smith, P. Sinclair // 33rd International Conference on Biomechanics in Sports. - Poitiers, France, 2015. - pp. 1074-1077.



УДК 796.88.012

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ ШТАНГИ В УПРАЖНЕНИИ «РЫВОК» У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНОЙ СПОРТИВНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Юрий Владимирович Воронович¹, *руководитель физического воспитания*

Алексей Евгеньевич Покатилов², *старший преподаватель*

Александр Владимирович Евдокимов³, *старший преподаватель*

¹Центр образования - средняя школа №22, г. Могилев, Беларусь

^{2,3}Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, г. Могилев, Беларусь

Аннотация. В результате проведенного исследования выявлены наиболее информативные временные показатели движения штанги в тяжелоатлетическом упражнении «рывок». К данным биомеханическим показателям относятся: время фазы «предварительный разгон штанги», время фазы «финальный разгон штанги», время достижения скорости штанги в фазе «финальный разгон». Установлено, что время выполнения фазы «предварительный разгон штанги» у высококвалифицированных спортсменов с ростом весовой категории происходит закономерное сокращение времени ее выполнения в отличие от квалифицированных спортсменов. Показано, что с ростом весовой категории как у высококвалифицированных, так и у квалифицированных спортсменов наблюдается увеличение время выполнения фазы «финальный разгон штанги», при этом во всех весовых категориях квалифицированные спортсмены тратят больше времени на эту фазу, чем высококвалифицированные спортсмены, в среднем на 0,1–0,2 с. Выявлено, что время достижения максимальной скорости в фазе «финальный разгон» у спортсменов высокой квалификации колеблется в диапазоне 0,72–0,82 с, у квалифицированных спортсменов значение анализируемого показателя находится в пределах 0,78–0,86 с.

Ключевые слова. Тяжелая атлетика, биомеханические показатели, рывок штанги, биомеханический анализ, время выполнения

Для цитирования: Воронович, Ю. В. Сравнительный анализ временных показателей движения штанги в упражнении «рывок» у спортсменов различной спортивной квалификации / Ю. В. Воронович, А. Е. Покатилов, А. В. Евдокимов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным



участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г.
/ Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А.
Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 56-63.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TIME INDICATORS OF THE BARBELL MOVEMENT IN THE "JERK" EXERCISE FOR ATHLETES OF VARIOUS SPORTS QUALIFICATIONS

Yuri V. Voronovich¹, *Head of Physical Education*

Alexey E. Pokatilov², *Senior Lecturer*

Alexander V. Evdokimov³, *Senior Lecturer*

¹*Education Center - Secondary school No. 22, Mogilev, Belarus*

^{2,3}*Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Belarus*

Abstract. As a result of the conducted research, the most informative time indicators of the barbell movement in the weightlifting exercise "jerk" were revealed. These biomechanical indicators include: the time of the "preliminary acceleration of the rod" phase, the time of the "final acceleration of the rod" phase, the time to reach the speed of the rod in the "final acceleration" phase. It is established that the execution time of the "preliminary acceleration of the barbell" phase in highly qualified athletes with the growth of the weight category, there is a natural reduction in the time of its execution, unlike qualified athletes. It is shown that with the growth of the weight category, both highly qualified and qualified athletes have an increase in the execution time of the "final acceleration of the barbell" phase, while in all weight categories qualified athletes spend more time on this phase than highly qualified athletes, on average by 0.1–0.2 s. It is revealed that the time to reach the maximum speed in the "final acceleration" phase, highly qualified athletes fluctuate in the range of 0.72–0.82 s, for qualified athletes, the value of the analyzed indicator is in the range of 0.78–0.86 s.

Keywords. Weightlifting, biomechanical indicators, barbell jerk, biomechanical analysis, execution time

For citation: Voronovich, Yu. V. Comparative analysis of time indicators of barbell movement in the "jerk" exercise for athletes of various sports qualifications / Yu. V. Voronovich, A. E. Pokatilov, A.V. Evdokimov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, 24-25 November 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 57-63.



Введение. Ранее нами был проведен ряд исследований, направленных на установление различий в биомеханических показателях движения штанги в «рывке» в зависимости от спортивной квалификации спортсменов мужчин [1-3].

Однако нами не анализировались временные показатели движения штанги, в связи с чем мы считаем, что проведение сравнительного анализа вышеуказанных показателей среди спортсменов мужчин различной спортивной квалификации является актуальным.

Предварительные исследования и анализ литературных источников показывает, что наиболее информативными временными показателями являются: время фазы «предварительный разгон штанги», время фазы «финальный разгон штанги», время достижения скорости штанги в фазе «финальный разгон».

Организация и методы исследования

Для проведения анализа временных показателей движения штанги в спортивном тяжелоатлетическом упражнении «рывок» нами была использована видео база данных удачных соревновательных попыток собранная профессорско-преподавательским составом кафедры биомеханики и естественнонаучных дисциплин РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК). Далее видеофрагменты были обработаны авторскими программами «Промер» и «Анализ», суть работы которых изложена в работах [1, 4], в результате чего были получены интересные временные показатели движения штанги. В зависимости от уровня спортивной квалификации спортсмены мужчины были разделены на две группы: квалифицированные спортсмены ($n=84$) и высококвалифицированные ($n=97$).

Полученные результаты и их обсуждение

На рисунке 1 графически представлены средние значения биомеханического показателя «время предварительного разгона штанги» у представителей групп квалифицированных и высококвалифицированных спортсменов.

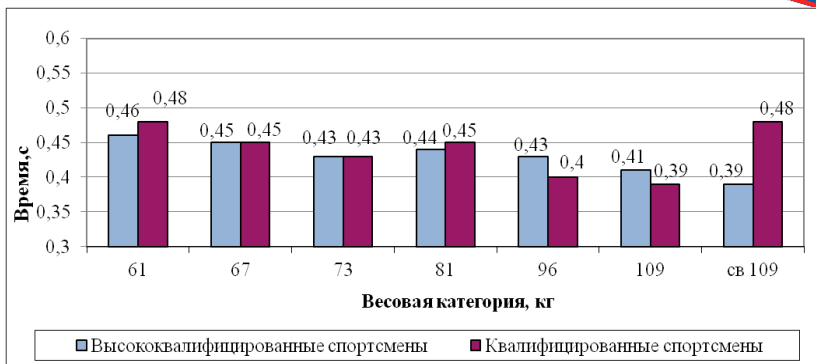


Рисунок 1 – Время фазы «предварительный разгон штанги» у спортсменов различной спортивной квалификации.

Сравнительный анализ средних величин времени выполнения фазы «предварительный разгон штанги» показывает, что у высококвалифицированных спортсменов с ростом весовой категории закономерно происходит сокращение времени выполнения вышеуказанной фазы, так, в частности, в весовой категории до 61 кг время предварительного разгона штанги составляет 0,46 с, в весовой категории до 81 кг 0,44 с и 0,39 с, в весовой категории свыше 109 кг соответственно.

Анализ средних значений времени выполнения фазы предварительного разгона штанги у квалифицированных спортсменов (рисунок 1) показывает, что вышеуказанный биомеханический показатель от одной весовой категории до другой изменяется скачкообразно, так, в частности, в весовой категории до 61 кг время выполнения составляет 0,48 с, в весовой категории до 81 кг – 0,45 с, в весовой категории свыше 109 кг – 0,48 с. При этом численные значения времени выполнения в весовых категориях 96 и 109 кг меньше, чем у спортсменов высокой квалификации.

Необходимо отметить, что у квалифицированных спортсменов средние значения вышеуказанного показателя статистически значимо не отличается у представителей близких весовых категорий ($p > 0,05$), в то же время между легкими и тяжелыми весовыми категориями выявлены статистические значимые различия на уровне ($p < 0,05$).

На рисунке 2 представлен биомеханический показатель время фазы «финальный разгон штанги».

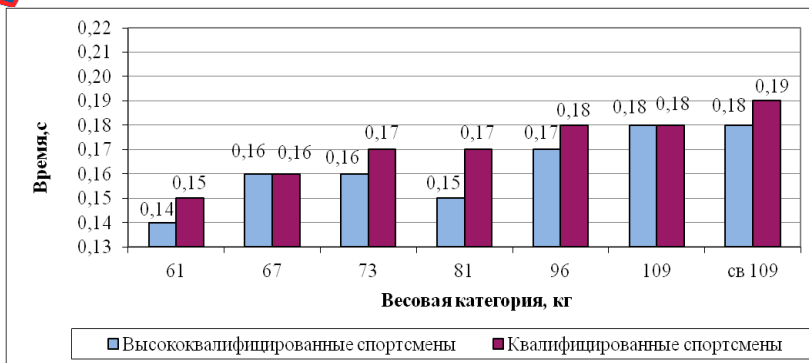


Рисунок 2 – Время фазы «финальный разгон штанги» у спортсменов различной спортивной квалификации.

Анализ рисунка 2 показывает, что с ростом весовой категории как у высококвалифицированных, так и у квалифицированных спортсменов наблюдается увеличение время выполнения фазы «финальный разгон штанги». Так, в частности, в весовой категории до 61 кг высококвалифицированные спортсмены выполняют фазу «финальный разгон штанги» за 0,14 с, квалифицированные спортсмены - за 0,15 с в весовой категории до 81 кг, высококвалифицированные спортсмены выполняют за 0,15 с, квалифицированные - за 0,17 с, и в весовой категории свыше 109 кг высококвалифицированные атлеты выполняют вышеуказанную фазу за 0,18 с, а квалифицированные - за 0,19 с соответственно.

Отметим, что практически во всех весовых категориях квалифицированные спортсмены тратят больше времени на выполнение фазы «финальный разгон штанги», чем высококвалифицированные спортсмены, в среднем на 0,1–0,2 с.

Анализ средних значений времени выполнения вышеуказанной фазы у спортсменов как высокой квалификации, так и квалифицированных спортсменов указывает на то, что данный биомеханический показатель статистически значимо не отличается у представителей близких весовых категорий ($p > 0,05$), в то же время между легкими и тяжелыми весовыми категориями выявлены статистические значимые различия ($p < 0,01$).

На рисунке 3 графически представлено численное значение времени достижения максимальной скорости штанги в фазе «финальный разгон» у квалифицированных и высококвалифицированных спортсменов.

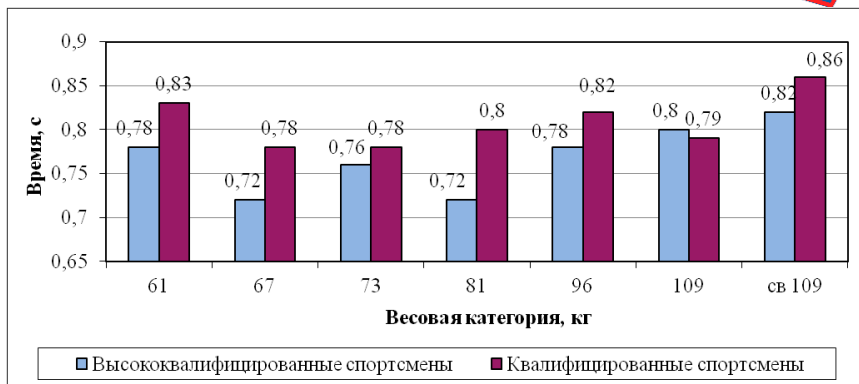


Рисунок 3 – Время достижения максимальной скорости в фазе «финальный разгон штанги» у спортсменов разной спортивной квалификации.

Из гистограммы видно, что данный показатель у спортсменов высокой квалификации колеблется в диапазоне 0,72–0,82 с, у квалифицированных спортсменов значение анализируемого показателя находится в пределах 0,78–0,86 с.

Однако необходимо отметить, что у спортсменов высокой квалификации, начиная с весовой категории 81 кг и до весовой категории свыше 109 кг, возрастание анализируемого показателя носит линейный характер. У квалифицированных спортсменов анализируемый показатель изменяется от легких и до тяжелых весовых категорий скачкообразно.

Выводы. В результате сравнительного анализа временных показателей движения штанги установлено:

- Наиболее информативными показателями характеризующими технику «рывка» в тяжелой атлетике являются: время фазы «предварительный разгон штанги», время фазы «финальный разгон штанги», время достижения скорости штанги в фазе «финальный разгон».

- Длительность выполнения фазы «предварительный разгон штанги» у высококвалифицированных спортсменов с ростом весовой категории происходит закономерное сокращение времени ее выполнения в отличие от квалифицированных спортсменов.

- С ростом весовой категории как у высококвалифицированных, так и у квалифицированных спортсменов наблюдается увеличение время выполнения фазы «финальный разгон штанги», при этом во всех весовых



категориях квалифицированные спортсмены тратят больше времени на эту фазу, чем высококвалифицированные спортсмены в среднем на 0,1–0,2 с.

• Время достижения максимальной скорости в фазе «финальный разгон» у спортсменов высокой квалификации колеблется в диапазоне 0,72–0,82 с, у квалифицированных спортсменов значение анализируемого показателя находится в пределах 0,78–0,86 с.

© Воронович Ю. В., Покатилов А. Е., Евдокимов А. В., 2022

Список источников

1. Воронович, Ю. В. Биомеханика тяжелоатлетических упражнений : монография / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский ; М-во внутр. дел Респ. Беларусь ; Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь. – Могилев : Могилев. институт МВД, 2015. – 196 с.

2. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ кинематических показателей техники рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Мир спорта. - 2012. - № 1 (46). - С. 47-52.

3. Воронович, Ю. В. Совершенствование биомеханической структуры тяжелоатлетического упражнения "рывок" / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук // Физическое воспитание, спорт, физическая реабилитация и рекреация: проблемы и перспективы развития : материалы VI Международной электронной научно-практической конференции, Красноярск, 20–21 мая 2016 года / Под ред. Т. Г. Арутюняна. – Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2016. – С. 60-63.

4. Воронович, Ю. В. Эволюция бесконтактных биомеханических методов регистрации техники соревновательных упражнений // Здоровье для всех : материалы четвертой международной научно-практической конференции, 26-27 апреля 2012 г. / Полесский государственный университет. – Пинск : ПолесГУ, 2012. – С. 148-150.

References

1. Voronovich, Yu. V. Biomechanics of weightlifting exercises : monograph / Yu. V. Voronovich, D. A. Lavshuk, V. I. Zagrevsky ; M-in internal affairs Rep. Belarus ; Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus. – Mogilev : Mogilev. Institute of the Ministry of Internal Affairs, 2015. – 196 p.



2. Voronovich, Yu. V. Comparative biomechanical analysis of kinematic pacemakers of the jerk technique in weightlifting / Yu. V. Voronovich, D. A. Lavshuk, V. I. Zagrevsky // The world of sports. - 2012. - № 1 (46). - pp. 47-52.

3. Voronovich, Yu. V. Improving the biomechanical structure of the weightlifting exercise "jerk" / Yu. V. Voronovich, D. A. Lavchuk // Physical education, sport, physical rehabilitation and recreation: problems and prospects of development : materials of the VI International Electronic Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, May 20-21, 2016 / Edited by T. G. Harutyunyan. – Krasnoyarsk : Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, 2016. – pp. 60-63.

4. Voronovich, Yu. V. Evolution of contactless biomechanical methods of registration of techniques of competitive exercises // Health for all : materials of the fourth international scientific and practical conference, April 26-27, 2012 / Polessky State University. – Pinsk : PolesGU, 2012. – pp. 148-150.



УДК 612:796.012

КИНЕТИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОЩНОСТЯХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Ахмед Магомедович Гаджиев¹, *д-р физико-математических наук, профессор*

Земфира Али Расулова², *старший преподаватель*

Сабина Шуа Мамедова³, *канд. биол. наук, доцент*

Кенюль Сафар Мамедова⁴, *канд. мед. наук, старший преподаватель*

¹*Институт физиологии имени академика Абдуллы Гараева, г. Баку, Азербайджан*

^{2,3,4}*Государственная академия физической культуры и спорта, г. Баку, Азербайджан*

Аннотация. Исследована кинетика потребления кислорода организмом при выполнении физических упражнений на выносливость для различных диапазонов мощности. На основе биэкспоненциальной модели показан вклад медленной компоненты потребления кислорода в кинетику процесса с увеличением мощности. Утилизация части кислорода в свободнорадикальных процессах рассматривается как медленная компонента потребления кислорода, которая охарактеризована как неэнергетическая, и её кинетические показатели оценены на основе измерений скорости процесса перекисного окисления липидов в крови.

Ключевые слова: физические нагрузки, потребление кислорода, активные формы кислорода, перекисное окисление липидов, сыворотка крови

Для цитирования: Кинетика потребления кислорода и биомеханические показатели при различных мощностях физических нагрузок / А. М. Гаджиев, З. А. Расулова, С. Ш. Мамедова, К. С. Мамедова // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 64-71.

KINETICS OF OXYGEN CONSUMPTION AND BIOMECHANICAL INDICATORS AT VARIOUS CAPACITIES OF PHYSICAL ACTIVITY



Ahmed M. Gadzhiev¹, *Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor*

Zemfira A. Rasulova², *Senior Lecturer*

Sabina Sh. Mammadova³, *PhD. biol. sciences, associate professor*

Kenul S. Mammadova⁴, *Candidate of Medical Sciences, senior lecturer*

¹*Institute of Physiology named after Academician Abdulla Garayev, Baku, Azerbaijan*

^{2,3,4}*State Academy of Physical Culture and Sports, Baku, Azerbaijan*

Abstract. The kinetics of oxygen consumption by the body when performing physical endurance exercises for various power ranges has been studied. Based on the bi-exponential model, the contribution of the slow component of oxygen consumption to the kinetics of the process with increasing power is shown. Utilization of part of oxygen in free radical processes is considered as a slow component of oxygen consumption, which is characterized as non-energetic, and its kinetic parameters are estimated based on measurements of the rate of lipid peroxidation in the blood.

Keywords: physical activity, oxygen consumption, reactive oxygen species, lipid peroxidation, blood serum

For citation: Kinetics of oxygen consumption and biomechanical indicators at various capacities of physical exertion / A.M. Gadzhiev, Z. A. Rasulova, S. S. Mammadova, K. S. Mammadova // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 64-71.

Введение. Известно, что при стандартных работах мощностью до лактатного порога (ЛП) кинетика потребления O₂ организмом выражается простой экспоненциальной зависимостью. Однако при мощностях, превышающих ЛП, кинетика потребления O₂ усложняется, и к исходной быстрой компоненте добавляется медленная, несколько запаздывающая компонента потребления O₂ [12]. В результате зависимости между приращением кислородного потребления и увеличением мощности работы становится нелинейной, т.е. кислородная «стоимость» единицы прироста мощности работы растет. Физиологические механизмы, стоящие в основе медленной компоненты потребления O₂, до конца не выяснены. Выдвинуты некоторые гипотезы о том, какие факторы могли бы быть причастны к появлению медленного потребления O₂, однако ни одна из них, в том числе, связанные с увеличением концентрации молочной кислоты, адреналина, утомлением, работой сердца и органов дыхания, мобилизацией низкоэффективных быстрых мышц, температурой и т.д., не дают полного



объяснения дополнительного расхода O_2 [11]. Вместе с тем, наличие медленной компоненты потребления O_2 во время работы снижает эффективность упражнений и требует большего потребления эндогенных запасов топлива для мышечного дыхания [7]. Оценка различных зон мощности упражнений и их характерного влияния на кинетику потребления O_2 , в особенности с присутствием медленной компоненты, должна быть полезна для улучшения понимания детерминантов толерантности к физической нагрузке и ограничений спортивных результатов на выносливость.

Ранее нами было предложено объяснение природы дополнительного медленного потребления O_2 возможностью его использования в процессах, не продуцирующих энергию АТФ [1]. В данной работе мы приводим результаты кинетического исследования неэнергетического потребления кислорода в процессах радикалообразования как медленную компоненту потребления кислорода при различных мощностях, сравнивая её с кинетикой пульмонарного кислорода.

Теоретические предпосылки. Известно, что часть поглощенного организмом молекулярного кислорода может утилизироваться отличным от энергопродуцирующего окислительного фосфорилирования путем превращения в активные формы кислорода (АФК). Это происходит во всех тканях и органах, в том числе и мышцах; по имеющимся в литературе данным до 5% O_2 в состоянии покоя уходит в виде первичного радикала кислорода – супероксиданиона (O_2^-) [3]. Избежав участия в продукции энергии, молекулы последнего, превращаясь в другие активные формы кислорода (перекись водорода, гидроксильный радикал и др.), входят в окислительное взаимодействие липидами, белками клеточных компонентов и становятся причиной их повреждения; при этом развиваются цепные свободнорадикальные реакции с привлечением новых молекул O_2 . Однако в клетках и тканях присутствует эндогенная антиоксидантная система для обезвреживания АФК, и благодаря этой системе в норме свободнорадикальные процессы поддерживаются на безвредном для организма уровне [2].

Усиление функциональной деятельности приводит к значительному росту неэнергетического потребления O_2 . Отметим, что нарушение баланса между энергетическим и неэнергетическим потреблением O_2 более вероятно при интенсивных физических упражнениях. По сравнению с другими органами, в скелетных мышцах снабжение и потребление O_2 при высокой функциональной активности возрастает достаточно резко; если в других органах потребление O_2 растет в несколько раз, то в скелетных мышцах рост составляет 100–200 раз [9]. Естественно, что такой высокий уровень потребления O_2 отражается на обоих компонентах потребления.



Вполне возможно, что уровень неэнергетической компоненты будет испытывать большее влияние за счет набухания митохондрий, активации ксантинооксидазной реакции, усиления иммунного ответа и др.

Для моделирования неэнергетической компоненты потребления O_2 целесообразно использование кинетики процесса перекисного окисления липидов (ПОЛ), наиболее распространенную реакцию, продукты которой накапливаются в крови. При интенсивных физических нагрузках во многих органах и тканях, в особенности в скелетных мышцах происходит усиление ПОЛ [3,7]. В связи с тем, что подавляющая часть продуктов ПОЛ в кровь поступают из скелетных мышц, для характеристики неэнергетической компоненты мы предлагаем следить за кинетикой процесса ПОЛ в крови у испытуемых.

Экспериментальные условия. Испытуемые выполняли на велоэргометре работы умеренной, субмаксимальной, максимальной и сверхмаксимальной мощностей, определяемых на основе индивидуальных ЛП и МПК. Для умеренной работы была выбрана мощность, соответствующая потреблению кислорода в 90% от ЛП, а для следующих трех работ, соответственно, мощности, составляющие 75, 90, 110% от МПК. Длительность работы для умеренной мощности составляла 10 мин, для остальных – 15 мин, или же до отказа от нагрузки.

Компоненты потребления O_2 и их кинетические показатели изучались на основе экспоненциальной модели [12]. Использовалась компьютерная программа “Origin” (Microcal, USA). Константа времени (τ), время задержки (δ) и амплитуда (A) изменений скорости потребления O_2 оценивались для быстрой и медленной компонент.

Интенсивность ПОЛ определялась в сыворотке крови измерением общей концентрации промежуточных продуктов ПОЛ - гидроперекисей липидов и малонового диальдегида. Учитывая задержку медленной компоненты потребления кислорода (более 100 с), первое измерение проводилось, начиная с 3-ей минуты работы.

Результаты и обсуждение. Кинетика потребления O_2 при умеренной работе показывает моно-экспоненциальную зависимость. Скорость основного потребления O_2 характеризуется константой скорости $\tau=31\pm 6$ с. Моно-экспоненциальное приближение наблюдается также для сверхмаксимальной работы. Здесь константа скорости составляет $\tau=35\pm 10$ с, отличие от умеренной работы недостоверно ($p>0.05$) (см. [1]).

Моделирование потребления O_2 при субмаксимальной и максимальной работах потребовало включение в функционал второй, медленной экспоненты. Если константы скорости основной компоненты потребления O_2 для субмаксимальной и максимальной работ составляли 24 ± 3 и 31 ± 4 с, то константы скорости медленной компоненты оказались



151±9 и 145±24 с, соответственно. Как видно, скорость медленной компоненты потребления кислорода 5 раз меньше, чем у быстрой компоненты (константа скорости 5 раз больше).

Изучение интенсивности ПОЛ в крови в ходе физической работы различной мощности с целью атрибутирования неэнергетической компоненты потребления O₂ привело к следующим результатам. За время умеренной работы в концентрации продуктов ПОЛ в сыворотке по сравнению с состоянием покоя существенных изменений не наблюдалось; моделирование изменения интенсивности ПОЛ в крови экспоненциальной зависимостью удовлетворительного результата не дало.

Для субмаксимальной работы экспоненциальное приближение, рассчитанное на основе значений концентрации продуктов ПОЛ в крови после 3-х, 5-и и 10 минутной нагрузки, дает значение константы скорости ПОЛ для этой мощности $\tau=174\pm 25$ с. При максимальной работе кинетика ПОЛ характеризуется $\tau=153\pm 31$ с, а сверхмаксимальной - $\tau=79\pm 16$ с. Значения констант скорости изменения уровня ПОЛ в крови для субмаксимальной и максимальной интенсивности близки к таковым для медленной компоненты потребления O₂ для тех же мощностей работы.

Обнаружение сходства кинетики ПОЛ в организме при интенсивных физических нагрузках с кинетикой медленной компоненты потребления O₂ указывает на то, что последняя может лежать в основе неэнергетического потребления O₂. Проявляемая моно-экспоненциальность в кинетике потребления O₂ при сверхмаксимальной работе, возможно, связано с существенным ускорением и уменьшением времени задержки медленной компоненты, что не позволяет разделить две компоненты.

В работе [10] показано, что около 86% медленной компоненты может быть объяснено увеличением поглощения O₂ в мышцах ног. Была обнаружена похожая на медленную компоненту O₂ реакция в изменении концентрации креатинфосфата в мышцах при работе максимальной мощности, что может косвенно свидетельствовать в пользу усиления неэнергетического потребления кислорода [6,8].

Биомеханические различия в двух видах упражнений на выносливость, таких как велосипед и бег, проявляются по-разному с точки зрения влияния на медленную составляющую потребления O₂: езда на велосипеде демонстрирует более выраженную величину медленной компоненты, чем бег [4]. Низкая по отношению к бегу механическая эффективность может быть следствием повышенного уровня неэнергетического потребления O₂ в велосипедном упражнении. Считается, что это отчасти связано с влиянием мышечных сокращений на дефосфорилирование креатинфосфата.



В литературе имеются данные, которые указывают на то, что после предварительной нагрузки максимальной мощности происходит ослабление медленной компоненты потребления O₂ при интенсивной работе [8]. Мы полагаем, что это может быть связано с посттрансляционной активацией антиоксидантных ферментов скелетных мышц, которые, контролируя образование АФК, делает более эффективным потребление кислорода [5].

Заключение. Выявление и характеристика медленной компоненты потребления кислорода при интенсивных физических нагрузках, которую мы идентифицируем как неэнергетическую, имеет важное физиологическое значение. С другой стороны, особенности кинетики потребления кислорода в зависимости от диапазона мощности потенциально могут влиять на механическую эффективность упражнения, на скорость развития мышечной усталости и, следовательно, влиять на спортивные результаты. Явление индукции в клетках неэнергетического потребления кислорода физическими нагрузками выдвигает вопросы, в частности, о возможности регулирования баланса между двумя путями потребления O₂ с целью повышения эффективности работы. Исследования физиологических и биомеханических аспектов вопроса будут продолжены.

© Гаджиев А. М., Расулова З. А., Мамедова С. Ш., Мамедова К. С., 2022

Список источников

1. Гаджиев, А. М. Влияние физических нагрузок различной мощности на характер и кинетические показатели потребления кислорода организмом / А. М. Гаджиев, Г. Ш. Абиев // Проблемы физиологии и биохимии. – Баку : Элм, 2008. - Т. 26. - С. 59-64
2. Гаджиев, А. М. Роль эндогенных и экзогенных антиоксидантов в адаптивной мышечной деятельности / А. М. Гаджиев, С. А. Алиев, С. Э. Агаева // Теория и практика физической культуры и спорта. – 2014. - № 8. - С. 53-57.
3. Bejma, J. Aging and acute exercise enhance free radical generation rat skeletal muscle / J. Bejma, L. Ji // J Appl Physiol. – 1999. - Vol. 87, No 1. - pp. 465-470.
4. Burnley, M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance / M. Burnley, A. M. Jones // Int J Sports Physiol Perform. – 2009. – No 4(4). – pp. 524-32.
5. Tissue and subcellular activities of superoxide dismutase in skeletal muscles during physical exercises / A. M. Gadzhiev, S. A. Aliyev, A. K.



Hassanova, Z. B. Rzaev // Journal of Life Sciences & Biomedicine. - 2020, Vol. 2(75), No. 1. – pp. 30-37.

6. The role of oxygen in determining phosphocreatine onset kinetics in exercising humans / L. J. Haseler, K. A. Kindig, R. S. Richardson, M. S. Hogan // Journal of Physiology. - 2004. - Vol. 558. – pp. 985-992.

7. Ji, L. L. Antioxidants and oxidative stress in exercise / L. L. Ji // Proc Soc Exp Biol Med. – 1999. - Vol. 222. – pp. 283-292.

8. Jones, A. M. Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine / A.M. Jones, D. K. Pool. - New-York : Rutledge, 2005.

9. Time-course of responses of human skeletal muscle to oxidative stress induced by nondamaging exercise / M. Hassaf, R. B. Child, A. McArdle [et al.] // Journal of Applied Physiology. – 2001. - № 90(3). - 1031-1035.

10. Poole, D. C. Contribution of exercising legs to the slow component of oxygen uptake kinetics in humans // D. K. Poole, V. Shaffartsik // Journal of Applied Physiology. – 1991. - No. 71. – pp. 1245-1260.

11. VO₂ slow component: physiological and functional significance/ D. K. Poole, T. J. Barstow, G. A. Gesser, W. T. Willis, B. J. Whipp // Medical scientific sports exercises. – 1994. – No. 26 (11). - Pp.1354-1358.

12. Whipp, B. J. The slow component of O₂ uptake kinetics during heavy exercise / B. J. Whipp // Medicine and science in sports and Exercise exercises. – 1994. - № 26. – pp. 1319-26.

References

1. Gadzhiev, A.M. The influence of physical loads of various capacities on the nature and kinetic indicators of oxygen consumption by the body / A.M. Gadzhiev, G. Sh. Abiev // Problems of physiology and biochemistry. – Baku : Elm, 2008. - Vol. 26. - pp. 59-64

2. Hajiyev, A.M. The role of endogenous and exogenous antioxidants in adaptive muscle activity / A.M. Hajiyev, S. A. Aliyev, S. E. Agayeva // Theory and practice of physical culture and sports. - 2014. - No. 8. - pp. 53-57.

3. Bejma, J. Aging and acute exercise enhance free radical generation rat skeletal muscle / J. Bejma, L. Ji // J Appl Physiol. – 1999. - Vol. 87, No 1. - pp. 465-470.

4. Burnley, M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance / M. Burnley, A. M. Jones // Int J Sports Physiol Perform. – 2009. – No 4(4). – pp. 524-32.

5. Tissue and subcellular activities of superoxide dismutase in skeletal muscles during physical exercises / A. M. Gadzhiev, S. A. Aliyev, A. K.



Hassanova, Z. B. Rzaev // Journal of Life Sciences & Biomedicine. - 2020, Vol. 2(75), No. 1. – pp. 30-37.

6. The role of oxygen in determining phosphocreatine onset kinetics in exercising humans / L. J. Haseler, K. A. Kindig, R. S. Richardson, M. S. Hogan // Journal of Physiology. - 2004. - Vol. 558. – pp. 985-992.

7. Ji, L. L. Antioxidants and oxidative stress in exercise / L. L. Ji // Proc Soc Exp Biol Med. – 1999. - Vol. 222. – pp. 283-292.

8. Jones, A. M. Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine / A.M. Jones, D. K. Poole. - New-York : Rutledge, 2005.

9. Time-course of responses of human skeletal muscle to oxidative stress induced by nondamaging exercise / M. Hassaf, R. B. Child, A. McArdle [et al.] // Journal of Applied Physiology. – 2001. - № 90(3). - 1031-1035.

10. Poole, D. C. Contribution of exercising legs to the slow component of oxygen uptake kinetics in humans // D. K. Poole, V. Shaffartsik // Journal of Applied Physiology. – 1991. - No. 71. – pp. 1245-1260.

11. VO₂ slow component: physiological and functional significance/ D. K. Poole, T. J. Barstow, G. A. Gesser, W. T. Willis, B. J. Whipp // Medical scientific sports exercises. – 1994. – No. 26 (11). - Pp.1354-1358.

12. Whipp, B. J. The slow component of O₂ uptake kinetics during heavy exercise / B. J. Whipp // Medicine and science in sports and Exercise exercises. – 1994. - № 26. – pp. 1319-26.



УДК 797.22

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ДЫХАТЕЛЬНАЯ ТРУБА ДЛЯ ПЛАВАНИЯ «РУССКИЙ СНОРКЕЛЬ – НОВОЕ ДЫХАНИЕ» КАК СРЕДСТВО СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПЛАВАНИИ

Борис Аронович Дышко¹, *д-р биол. наук, генеральный директор*
Александр Борисович Кочергин², *канд. пед. наук, старший тренер*

¹*Спорт Технолоджи, г. Москва, Россия*

²*Спортивная школа олимпийского резерва по водным видам спорта "ЭКРАН", г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Рассматривается универсальная дыхательная труба для плавания (УДТП) «Русский snorkel – Новое дыхание» как искусственная управляющая среда (ИУС) для выполнения соревновательных или тренировочных упражнений в бассейне или на открытой воде. Приведены экспериментальные данные подтверждающие эффективность предлагаемого тренировочного средства в подготовке пловцов.

Ключевые слова: плавание, универсальная дыхательная труба для плавания, искусственная управляющая среда

Для цитирования: Дышко, Б. А. Универсальная дыхательная труба для плавания «Русский snorkel – новое дыхание» как средство создания искусственной управляющей среды в плавании / Б. А. Дышко, А. Б. Кочергин // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 72-77.

UNIVERSAL BREATHING TUBE FOR SWIMMING "RUSSIAN SNORKEL – A NEW BREATH" AS A MEANS OF CREATING ARTIFICIAL CONTROL ENVIRONMENT IN SWIMMING

Boris A. Dyshko¹, *Doctor of Biological Sciences, general manager*
Alexander B. Kochergin², *Candidate of Pedagogical Sciences, senior coach*

¹*Sport Technology, Moscow, Russia*

²*Sports school of the Olympic Reserve in aquatics "EKARAN", St. Petersburg, Russia*



Abstract. The universal breathing tube for swimming (UDTP) "Russian Snorkel – New Breath" is considered as an artificial control environment (IUS) for performing competitive or training exercises in the pool or in open water. Experimental data confirming the effectiveness of the proposed training tool in the preparation of swimmers are presented.

Keywords: swimming, universal breathing tube for swimming, artificial control environment

For citation: Dyshko, B. A. Universal breathing tube for swimming "Russian snorkel – new breath" as a means of creating an artificial control environment in swimming / B. A. Dyshko, A. B. Kochergin // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, 24-25 November 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 72-77.

Введение. Анализ дыхательных труб для спортивного и любительского плавания показал, что эти трубы способствуют отработке правильного положения головы и тела пловца в воде и совершенствованию техники гребка с вращением корпуса при плавании кролем на груди, увеличению МПК и аэробного потенциала организма, совершенствованию сердечно-сосудистой системы [1]. При этом вдох и выдох происходят в воздух практически без сопротивления, что не соответствует реальному движению.

Концепция «Искусственная управляющая среда (ИУС)», предложенная И.П.Ратовым, указывает, что совершенствование специальной физической и функциональной подготовленности происходит при таких условиях выполнения упражнения, которые выводят «...внутренние и внешние механизмы управления движения на не достигаемые в обычных условиях режимы функционирования организма...» [8, 9].

В спортивном плавании основными задачами совершенствования специальной физической и функциональной подготовленности являются увеличение силы и мощности дыхательных мышц, повышение устойчивости к гипоксически-гиперкапническому феномену, увеличению жизненной емкости легких, улучшение проходимости воздухопроводящих путей, улучшение быстроты «вработывания» аэробной и гликолитической систем энергообеспечения. И все эти задачи желательно решать при выполнении соревновательного или тренировочного упражнения в бассейне или на открытой воде одновременно с совершенствованием и поддержанием навыка выдоха в воду.



Поэтому **актуальным** является поиск тренировочного средства, позволяющего решать вышеперечисленные задачи в условиях создаваемой ИУС.

Таким тренировочным средством является универсальная дыхательная труба для плавания (УДТП), разработанная и производимая в России под названием «Русский snorkель – Новое дыхание», единственная из всех дыхательных труб для плавания, которая позволяет совершенствовать и поддерживать навык выдоха в воду при плавании в бассейне и на открытой воде .

Цель работы – обзор и анализ результатов экспериментальных исследований эффективности использования УДТП как ИУС в плавании в подготовке пловцов различной квалификации.

Методы исследования. В работе использовались методы вебометрии и библиометрии. Анализировались результаты исследований, в которых использовалась УДТП «Русский snorkель – Новое дыхание».

Результаты исследования и их обсуждение. Обоснование возможностей использования УДТП в подготовке пловцов было проведено в работах [2, 3]. Установлено, что сочетанное воздействие на кардиореспираторную систему механической нагрузки и вибрации в фазе выдоха при выполнении соревновательного или тренировочного упражнения, то есть в движении, приводит к следующим феноменам при увеличении интенсивности движения (по сравнению с работой без устройства):

- снижению легочной вентиляции;
- повышению концентрации CO_2 при одновременном росте коэффициента использования кислорода;
- раннее увеличение ЧСС при работе с УДТП, что свидетельствует об активации кардиореспираторной системы;
- увеличение дыхательного коэффициента больше 1 при ЧСС 120 – 140 уд/мин, что свидетельствует о подключении механизмов анаэробного гликолиза в процесс энергообеспечения.

Полученные результаты явились предпосылками для использования УДТП «Русский snorkель – Новое дыхание» как ИУС в тренировке пловцов.

Влияние УДТП на характеристики внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы студентов-пловцов 16 – 18 лет, по сравнению с плаванием с дыхательной трубой для скоростного плавания в ластах, оценивалось в работе [7], выполненной Самарском государственном университете путей сообщения. Установлено статистически достоверное ($P < 0.05$) увеличение ЖЕЛ и снижение ЧСС у спортсменов, пользующихся УДТП в течение 21 дня.



Оценка воздействия УДТП на аэробную выносливость пловцов проводилась в работе [11]. Пловцы экспериментальной группы (1 разряд, КМС) в течение 12 недель тренировались с УДТП. Установлено, что в экспериментальной группе отмечается статистически достоверное ($P < 0.05$) увеличение дистанции, проплываемой в 12 минутном тесте Купера. В контрольной группе увеличение дистанции статистически недостоверно ($P > 0.1$). Улучшилась устойчивость спортсменов к гипоксическому воздействию. Так, проба Генчи и проба Штанге статистически достоверно ($P < 0.05$) улучшились у пловцов экспериментальной группы, в то время как в контрольной группе увеличение этих характеристик статистически недостоверно ($P > 0.1$).

Изучение влияния УДТП на адаптационную динамику характеристик внешнего дыхания у квалифицированных пловцов (мужчин и женщин) в первые 7 дней пребывания в среднегорье проводилось в работах [5, 6]. Установлено, что переезд квалифицированных пловцов с равнины в среднегорье сопровождается снижением показателей внешнего дыхания в тестах «Форсированный выдох» и максимальная вентиляция легких как у мужчин, так и у женщин. Использование в ходе тренировки УДТП «Русский snorkель – Новое дыхание» ускоряет адаптацию дыхательной системы спортсменов к условиям среднегорья, способствуя эффективному, по сравнению с обычными тренировочными средствами, увеличению внешней вентиляции и бронхиальной проводимости.

ВЫВОДЫ

1. Универсальная дыхательная труба для плавания «Русский snorkель – Новое дыхание» является устройством, создающим такие условия выполнения соревновательного или тренировочного упражнения при плавании в бассейне или на открытой воде, которые недостижимы при использовании обычных тренировочных средств и методов, при одновременном совершенствовании и поддержании навыка выдоха в воду.
2. Тренировка пловцов с использованием универсальной трубы для плавания является тренировкой в искусственной управляющей среде.

© Дышко Б. А., Кочергин А. Б., 2022

Список источников

1. Авдиенко, В. Б. Искусство тренировки пловца. Книга тренера / В. Б. Авдиенко, И. Н. Солопов. – Москва : Издательство ИТРК, 2019. - 320 с.
2. Дышко, Б. А. Инновационные технологии тренировки дыхательной системы / Б. А. Дышко, А. Б. Кочергин, А. И. Головачев. – Москва : Теория и практика физической культуры и спорта, 2012. – 122 с.
3. Дышко, Б. А. Эргогенные средства "точечной" направленности в циклических видах спорта / Б. А. Дышко, А. Б. Кочергин, А. И. Головачев // Теория и практика физической культуры. - 2015. - № 6. - С. 76-82.



4. Кочергин, А. Б. Влияние переезда в среднегорье на показатели внешнего дыхания элитных пловцов / А. Б. Кочергин, М. Д. Дидур, Б. А. Дышко // Олимпийский спорт и спорт для всех : материалы XXV Международного научного конгресса, Минск, 15–17 окт. 2020 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск : БГУФК, 2020. – Ч. 2 – С. 111-114.

5. Влияние аппаратного положительного осцилляторного экспираторного давления на функцию внешнего дыхания элитных пловцов в «острый период» горной адаптации / А. Б. Кочергин, М. Д. Дидур, А. а. Кузнецов, Б. А. Дышко // Современные вопросы биомедицины. - 2021. – Т. 5, №1.

6. Петров, С. А. Инновационные технологии в подготовке студентов-пловцов в условиях Самарского государственного университета путей сообщения / С. А. Петров, А. Д. Чичерина // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2017. – № 2(20). – С. 38-43.

7. Ратов, И. П. Концепция "искусственная управляющая среда", ее основные положения и перспективы использования / И. П. Ратов // Научные труды 1995 года. – Москва : ВНИИФК, 1996. – С. 129-148.

8. Ратов И.П. Двигательные возможности человека (нетрадиционные методы их развития и восстановления) / И. П. Ратов. - Минск, 1994. - 116 с.

9. Суслов, Ф. П. Спортивная тренировка в условиях среднегорья / Ф. П. Суслов, Е. Б. Гиппенрейтер., Ж. К. Холодов ; РГАФК. - Москва, 1999. - 202 с.: табл.

10. Грузевич, І. В. Удосконалення фізичної підготовленості плавців на етапі попередньої базової підготовки за допомогою тренажера "Нове дихання" / І. В. Грузевич, Б. В. Черниш // Фізична культура, спорт та здоров'я нації: збірник наукових праць. - 2017. - Т. 22., № 3. - С. 269-274.

References

1. Avdienko, V. B. The Art of swimmer training. Book of the coach / V. B. Avdienko, I. N. Solopov. Moscow: IZRK publishing house, 2019, 320 p. (in Russian).

2. Dyshko B. A., Kochergin A. B., Golovachev A. I. innovative technologies of breathing system training. Moscow: theory and practice of Physical Culture and sport, 2012. 122 p. (in Russian).

3. Dyshko B. A., Kochergin A. B., Golovachev A. I. ergogenic means of "point" orientation in cyclic sports // theory and practice of Physical Culture. 2015, No. 6, pp. 76-82.

4. Kochergin A. B., Didur M. D., Dyshko B. A. influence of moving to srednegorye on the indicators of external breathing of elite swimmers // Olympic



sport and sport for all : materials of the XXV International Scientific Congress, Minsk, 15-17 Oct. 2020 : at 2 pm / Belarus. Gos. UN-t Fiz. cultures. Minsk: BGUFK publ., 2020, Part 2, pp. 111-114.

5. Kochergin A. B., Didur M. D., Kuznetsov A. A., Dyshko B. A. influence of the apparatus positive oscillator exhalatory pressure on the function of external breathing of elite swimmers in the "acute period" of mountain adaptation. - 2021. - Vol.5, No. 1.

6. Petrov S. A., Chicherina A.D. Innovatsionnye tekhnologii V podgotovke studentov-plovtsov V uslovyakh Samara gosudarstvennogo universiteta posobie posobie [innovative technologies in the preparation of students-plovtsov in the conditions of the Samara State University of communication paths]. – 2017. – № 2(20). - P.38-43.

7. Ratov I. P. The concept of "Art Management Environment", its main provisions and prospects of Use / I. P. Ratov // scientific works of 1995. Moscow: VNIIFK publ., 1996, pp. 129-148.

8. Ratov I. P. motor capabilities of a person (non-traditional methods of their development and restoration) / I. P. Ratov. Minsk, 1994, 116 p. (in Russian).

9. Suslov F. P., Gippenreiter E. B. sport training in the conditions of the middle mountains. , Zh. K. Kholodov ; RGAFK. Moscow, 1999, 202 p. (in Russian).

10. Gruzevich, B. V. Chernysh, I. V. improving the physical fitness of swimmers at the stage of preliminary basic training with the help of the simulator "new breath" / I. V. Gruzevich, B. V. Chernysh // Physical Culture, Sport and health of the nation: a collection of scientific papers. 2017, VOL. 22, NO. 3, PP. 269-274.



УДК 796.012:004

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА КОМПЬЮТЕРЕ

Валерий Иннокентьевич Загревский^{1,2}, *д-р пед. наук, профессор*

¹*Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова, г. Могилев, Беларусь*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Аннотация. Параметры управляющего воздействия на траектории биомеханической системы могут быть визуализированы для анализа, оценки, прогноза и коррекции программного управления. В статье рассматривается технология визуализации программного управления и его компонентов в виде первой и второй производной по времени в компьютерной системе Матлаб. Приведены примеры и код программного обеспечения компьютерного приложения.

Ключевые слова: образ объекта, визуализация, программное обеспечение, автоматизация процесса, ограничения

Для цитирования: Загревский, В. И. Визуализация программного управления биомеханической системы в вычислительном эксперименте на компьютере / В. И. Загревский // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 78-84.

VISUALIZATION OF SOFTWARE CONTROL OF A BIOMECHANICAL SYSTEM IN A COMPUTATIONAL EXPERIMENT ON A COMPUTER

Valery I. Zagrevsky^{1,2}, *Doctor of Pedagogical Sciences, Professor*

¹*Mogilev State University named after A. A. Kuleshov, Mogilev, Belarus*

²*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

Abstract. The parameters of the control action on the trajectories of the biomechanical system can be visualized for analysis, evaluation, prediction and correction of program control. The article discusses the technology of



visualization of software control and its components in the form of the first and second time derivatives in the Matlab computer system. Examples and software code of a computer application are given.

Keywords: object image, visualization, software, process automation, constraints

For citation: Zagrevsky, V. I. Visualization of software control of a biomechanical system in a computational experiment on a computer / V. I. Zagrevsky // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 78-84.

Актуальность. Реализация принципа наглядности обеспечивает до 90% необходимой информации о внешнем образе и структурных особенностях объекта изучения. Недостаточная насыщенность и оснащенность учебно-тренировочного процесса спортсменов средствами компьютерной визуализации рациональных способов двигательных действий атлета и возможных ошибок в технической структуре спортивных упражнений сдерживает процесс широкого использования новых информационных технологий в подготовке спортсменов [2, 3].

Цель исследования – разработать технологию визуализации программного управления в математических моделях синтеза движений биомеханических систем в системе компьютерной математики Матлаб.

Методы и организация исследования. Применялись методы математического анализа, компьютерной графики, вычислительный эксперимент.

Результаты исследования выражаются в разработанных требованиях обеспечения компьютерной визуализации представления информационных данных в графической форме применительно к модельной области исследований и в разработанном компьютерном приложении визуализации кинематического состояния программного управления биомеханической системы в системе компьютерной математики Матлаб.

Требования к модельной области исследований включают основные компоненты технологических требований к реализации визуального воспроизведения данных в графическом формате пользователю, не обладающему специальными знаниями и навыками компьютерного программирования в системе Матлаб [1]:

- простой и доступной ввод исходных данных модельной области действительности;



- простой и доступной вывод расчетных результатов в графическом формате;

- автоматизированный способ обработки исходной информации;

- расширенные аналитические возможности представления динамики данных с учетом вариативного изменения исходной информации.

Исходные данные модельной области включают 6-ти компонентную структуру кинематических характеристик программного управления, представленных на временном отрезке ($h=tL-t_0$) в виде:

1) t_0 – начальный момент времени.

2) $u_{0,j}$ – суставной угол в j -м суставе в начальный момент времени.

3) $\dot{u}_{0,j}$ – угловая скорость в j -м суставе в начальный момент времени.

4) tL – конечный момент времени.

5) $u_{L,j}$ – суставной угол в j -м суставе в конечный момент времени.

6) $\dot{u}_{L,j}$ – угловая скорость в j -м суставе в конечный момент времени.

Ввод исходных данных осуществляется пользователем с помощью клавиатурного набора, а параметры исходных данных соответствуют условиям задачи моделирования в начальный и конечный моменты времени.

Требования к расширению аналитических возможностей визуализации компьютерного приложения сформулированы на основе информации, предъявляемой к кинематике программного управления: автоматизированный способ построения системы координат, установка размера шрифта и толщины осевых линий, параметров осей, толщины линий графиков и типа точек, количественный состав графических подокон и т.п. В качестве информационной модели программного управления

выступают функциональные зависимости программного управления ($u_{(t)}$), программной скорости ($\dot{u}_{(t)}$) и программного ускорения ($\ddot{u}_{(t)}$)

$$\begin{aligned} u_{(t)} &= a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3, & \dot{u}_{(t)} &= a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2, \\ \ddot{u}_{(t)} &= 2a_2 + 6a_3 t. \end{aligned} \quad (1)$$

Заданные значения программного управления, программной скорости и программного ускорения на левом ($u_{0,j}$, $\dot{u}_{0,j}$) и правом ($u_{L,j}$, $\dot{u}_{L,j}$) концах



сегмента управляющей функции позволяют вычислить коэффициенты $a_{i,j}$, входящие в уравнения (1), по аналитическим зависимостям

$$\begin{aligned} a_{0,j} &= u_{0,j}, & a_{1,j} &= \dot{u}_{0,j}, \\ a_{2,j} &= \frac{3(u_{1,j} - u_{0,j})}{h^2} - \frac{2\dot{u}_{0,j} + \dot{u}_{1,j}}{h}, \\ a_{3,j} &= \frac{\dot{u}_{0,j} + \dot{u}_{1,j}}{h^2} - \frac{2(u_{1,j} - u_{0,j})}{h^3}, & j &= 1, \dots, N-1. \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнения (1, 2) являются базовой основой вычислительной архитектуры разработанного программного приложения (см. ниже).

% ПРОГРАММИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ФУНКЦИИ

% С ограничением на программное управление

% и на первую производную от программного управления по времени

% на левом и правом концах сегмента управления

% Ограничения на графике

% figure – рисунок

figure ('color', 'w') % - белый фон рисунка

while 1

re= input('Введите: 1-Выполнить тест; 2-Новое управление')

% Исходные данные управляющей функции

if re==1

c0 = 6.0*pi/180 % Управление на левом конце сегмента

c1 = 22.6*pi/180 % Управление на правом конце сегмента

c2 = 17.9 % Скорость управления на левом конце сегмента

c3 = 0 % Скорость управления на правом конце сегмента

h = 0.16 % Отрезок времени – длительность

end

if re==2

c0=input('Введите: Управление на левом конце сегмента в градусах')

c0 = c0*pi/180

c1=input('Введите: Управление на правом конце сегмента в градусах')

c1 = c1*pi/180

c2=input('Введите: Скорость управления на левом конце сегмента в рад/с')

c3=input('Введите: Скорость управления на правом конце сегмента в рад/с')

h = input('Введите: Продолжительность процесса по времени в секундах')

end



```
% Расчетные показатели
c4= (3*(c1-c0))/h^2-(2*c2+c3)/h
c5= (c2+c3)/h^2-2*(c1-c0)/h^3
% Коэффициенты полиномиальной аппроксимации
a0 = c0
a1 = c2
a2=c4
a3=c5
% Временной массив – по умолчанию 100 точек на интервале 0-0.16
t = linspace (0, 0.16);
% Кинематика программного управления
f = (a0+a1.*t+a2.*t.^2+a3.*t.^3) *(180/pi) % Программное управление
f1 = a1+2*a2.*t+3*a3.*t.^2 % Скорость программного управления
f2 = 2*a2+6*a3.*t % Ускорение программного управления
% Инициализация верхнего подокна графика
subplot (2, 1, 1);
% Рисовать программное управление
plot (t, f, 'linewidth', 4, 'color', 'r')
% Подписываем оси
xlabel ('Время, с');
ylabel ('Управление, град');
grid on % Нарисовать сетку
subplot (2, 1, 2); % Инициализация нижнего подокна графика
% Рисовать скорость программного управления
plot (t, f1, 'linewidth', 2, 'color', 'b')
% Нарисовать сетку с большей частотой
grid minor
% Подписываем оси
xlabel ('Время, с');
ylabel ('Скорость, рад/с');
figure ('color', 'w') % - белый фон
plot (t, f2, '--bo',... % Зеленая пунктирная линия с маркерами-кружочками
'LineWidth', 2,... % Двойная толщина линии
'MarkerSize', 5,... % Задаем размер маркеров
'MarkerEdgeColor', 'm',... % Цвет контура маркеров
'MarkerFaceColor', [0.5, 0.5, 0.5]) % Заливка маркеров, RGB формат
grid on % Нарисовать сетку
% Подписываем оси
xlabel ('Время, с');
ylabel ('Ускорение, рад/с^2');
end % end t = linspace
```



end % end while 1

Текст программы можно скопировать и непосредственно вставить в среду исполнения Матлаб. По программному запросу пользователь вводит цифру 1 или 2 и нажимает на клавишу «Enter». При вводе цифры 1 будет выполнен тест (рис. 1, рис. 2), а при вводе цифры 2 – блок приложения в котором вводятся данные по параметрам расчета нового программного управления.

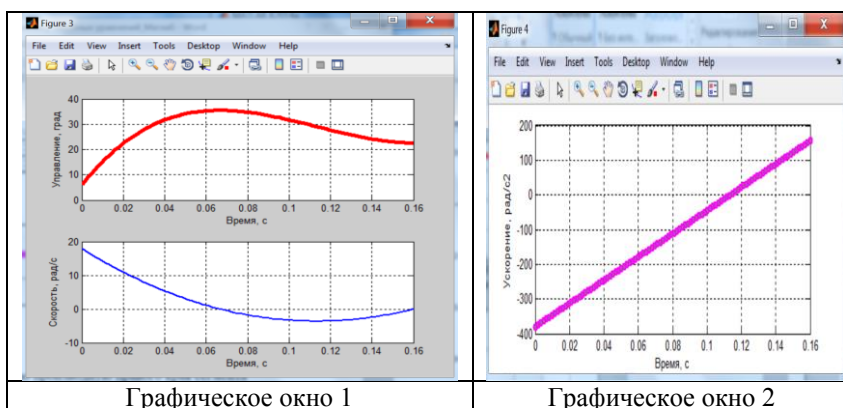


Рисунок 1 – Синтезированное программное управление (---), первая (---) и вторая (---) производные от программного управления по времени.

Результатом выполнения программы будут два графических окна с результатами вычислений (рис. 1, рис. 2).

Заключение. Разработанное компьютерное приложение выполняет свое функциональное предназначение: рассчитывает и визуализирует траекторию программного управления и его производные по времени при заданных ограничениях на кинематику левого и правого концов сегмента управляющей функции с учетом ее продолжительности по времени.

© Загrevский В. И., 2022

Список источников

1. Дьяконов, В. П. MATLAB. Полный самоучитель / В. П. Дьяконов. - Москва : ДМК Пресс, 2012. – 768 с.

2. Загrevский, В. И. Формализм Лагранжа и Гамильтона в моделировании движений биомеханических систем / В. И. Загrevский, О.



И. Загrevский, Д. А. Лавшук. – Могилев : МГУ имени А.А. Кулешова, 2018. – 296 с.

3. Попов, Г. И. Биомеханика : учебник для студ. высших учебных заведений / Г. И. Попов. – Москва : Академия, 2005. – 256 с.

References

1. Diakonov, V. P. MATLAB. Complete tutorial / V. P. Dyakonov. - Moscow : DMK Press, 2012. – 768 p.

2. Zagrevsky, V. I. Lagrange and Hamilton formalism in modeling the movements of biomechanical systems / V. I. Zagrevsky, O. I. Zagrevsky, D. A. Lavshuk. – Mogilev : Kuleshov Moscow State University, 2018. - 296 p

3. Popov, G. I. Biomechanics : textbook for students. higher educational institutions / G. I. Popov. – Moscow : Academy, 2005. – 256 p.



УДК 796.012:004

ПРИВЕДЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ЗАДАННОЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА КОМПЬЮТЕРЕ

Валерий Иннокентьевич Загревский^{1,2}, *д-р пед. наук, профессор*

Загревский Олег Иннокентьевич², *д-р пед. наук, профессор*

Лавшук Дмитрий Алексеевич³, *канд. пед. наук, доцент*

^{1,3}*Могилевский государственный университет имени А. А. Кулешова, г. Могилев, Беларусь*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Аннотация. Теоретический синтез техники спортивных упражнений с использованием технологий моделирования двигательной деятельности человека основан на использовании математических моделей синтеза движений биомеханических систем, построенных, например, в форме уравнений Лагранжа второго рода. В статье рассматривается технология конструирования математической модели программного управления, отражающего функциональную зависимость сгибательно-разгибательных движений в суставах спортсмена от временной длительности процесса изменения суставного угла и заданных ограничений на его кинематическую структуру.

Ключевые слова: биомеханическая система, программное управление, кинематическая структура, длительность процесса

Для цитирования: Загревский, В. И. Приведение биомеханической системы в заданное кинематическое состояние в вычислительном эксперименте на компьютере / В. И. Загревский, О. И. Загревский, Д. А. Лавшук // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 85-90.

BRINGING A BIOMECHANICAL SYSTEM IN A GIVEN KINEMATIC STATE IN A COMPUTATIONAL EXPERIMENT ON A COMPUTER



Valery Innokentievich Zagrevskiy^{1,2}, *Doctor of Pedagogical Sciences, Professor*

Zagrevsky Oleg Innokentievich², *Doctor of Pedagogical Sciences, Professor*

Lavshuk Dmitry Alekseevich³, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

^{1,3}*Mogilevsky State University named after A. A. Kuleshov, Mogilev, Belarus*

²*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

Abstract. The theoretical synthesis of the technique of sports exercises using technologies for modeling human motor activity is based on the use of mathematical models for the synthesis of movements of biomechanical systems constructed, for example, in the form of Lagrange equations of the second kind. The article discusses the technology of constructing a mathematical model of software control, reflecting the functional dependence of flexion-extensor movements in the joints of an athlete on the time duration of the process of changing the articular angle and the specified restrictions on its kinematic structure.

Keywords: biomechanical system, software control, kinematic structure, duration of the process

For citation: Zagrevsky, V. I. Bringing a biomechanical system into a given kinematic state in a computational experiment on a computer / V. I. Zagrevsky, O. I. Zagrevsky, D. A. Lavshuk // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 85-90.

Актуальность. В настоящее время вопросы и проблемы, возникающие при конструировании адаптивных алгоритмов управления программным движением человека, в частности, при построении техники спортивных упражнений в вычислительном эксперименте на компьютере, являются актуальными [1, 2]. Введение алгоритмов адаптации в область моторной деятельности человека вызвано необходимостью компенсации возникающих двигательных ошибок и уменьшения их отрицательного влияния на двигательный результат целевого упражнения.

Постановка проблемы. Движение спортсмена по программной траектории, совершаемое без значительного отклонения от программы движения, эффективно реализует двигательные задачи фазовой структуры упражнения и его целевую установку. И чем меньше рассогласование между фактической траекторией биосистемы и программной траекторией, тем эффективнее работает система управления, менее значимы



двигательные ошибки и тем меньше отклонение реального двигательного результата от запланированного целевого результата.

При возникновении рассогласования между наблюдаемой и программной траекторией биосистемы необходимо нейтрализовать имеющееся рассогласование, уменьшить его, насколько это возможно, и попытаться сконструировать такой алгоритм самоадаптации, который бы обеспечил перестройку реальной программы движения, выполняемой с отклонением от требуемой программной траектории, и выводом биосистемы на требуемую программную траекторию. Вполне естественно, что алгоритм адаптационной программы должен в дальнейшем обеспечивать устойчивость и надежную реализацию программного движения (ПД) при возникновении различного рода возмущений и наличии неопределенности.

И здесь следует отметить, что в настоящее время в научных исследованиях моторного компонента двигательной деятельности человека не уделяется достаточного внимания теоретическому обоснованию синтеза законов управления, стабилизирующих ПД и гарантирующих достижение цели управления с учетом заданных ограничений на кинематику и динамику движения. В этой связи своевременна и актуальна постановка вопроса о проблемах адаптационной перестройки техники спортивных упражнений в русле автоматизированного построения ПД на компьютере и их адаптивной стабилизации при наличии начального возмущения или сходе биосистемы с программной траектории.

Цель исследования – разработать технологию построения в вычислительном эксперименте адаптивного алгоритма управляющей функции, возвращающей моделируемую биосистему на программную траекторию в результате возникновения двигательной ошибки.

Методы. Математическое моделирование движений биомеханических систем в вычислительном эксперименте на компьютере.

Результаты реализованной цели зафиксированы в выполненных компонентах исследования: математическая модель построения программного управления с заданными кинематическими параметрами в начальный и конечный моменты времени; математическая модель синтеза движений биомеханической системы, вычислительный эксперимент.

Математическая модель построения программного управления с заданными кинематическими параметрами в начальный и конечный моменты времени. Программное управление (uk,j) формируется для дискретного момента времени k ($k=0, 1, \dots, L$) кинематического сгибательно-разгибательного движения в j -м шарнире неразветвленной N -звенной модели биомеханической системы, совершающей вращательное плоскостное движение в условиях опоры. Закон формирования



программного управления представляется зависимостью: $u_j = \varphi_{j+1} - \varphi_j$, где φ_j – угол наклона j -го звена модели к оси Ox декартовой системы координат (ДСК).

Программное управление для начального момента ($t=0$) времени записываем в виде: $u_{0,j}$ – величина суставного угла в j -м суставе; $\dot{u}_{0,j}$ – скорость суставного угла в j -м суставе. Соответственно, для конечного момента (tL) времени имеем: $u_{L,j}$ – суставной угол в j -м суставе; $\dot{u}_{L,j}$ – скорость суставного угла в j -м суставе. Задаваемые ограничения на кинематическое состояние программного управления обеспечивают на основе наложенной связи необходимую позицию звеньев модели по их ориентации и угловой скорости как в начальный, так и в конечный моменты времени. Формульная зависимость управления от обобщенных координат, для начального и конечного моментов времени в этом случае имеет вид:

Начальный момент времени: $u_{0,j} = \varphi_{0,j+1} - \varphi_{0,j}$, $\dot{u}_{0,j} = \dot{\varphi}_{0,j+1} - \dot{\varphi}_{0,j}$;

Конечный момент времени: $u_{L,j} = \varphi_{L,j+1} - \varphi_{L,j}$, $\dot{u}_{L,j} = \dot{\varphi}_{L,j+1} - \dot{\varphi}_{L,j}$; $j = 1, \dots, N-1$. (1)

В работе [1] показано, что алгоритм полиномиальной аппроксимации обеспечивает вычисление программного управления $u(t)$ и производных $\dot{u}_{(t)}$, $\ddot{u}_{(t)}$ для любого момента времени t на отрезке $h=tL-t_0$

$$u_{(t)} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3, \quad \dot{u}_{(t)} = a_1 + 2a_2 t + 3a_3 t^2, \quad \ddot{u}_{(t)} = 2a_2 + 6a_3 t. \quad (2)$$

Биомеханическое условие двигательной задачи о приведении биосистемы из заданного кинематического состояния в начальный момент времени в необходимую кинематическую позицию в конечный момент времени, с учетом уравнений (2), формализуется следующей математической связью

$$\begin{cases} u_{0,j} = a_{0,j} + a_{1,j} t_0 + a_{2,j} t_0^2 + a_{3,j} t_0^3 \\ \dot{u}_{0,j} = a_{1,j} + 2a_{2,j} t_0 + 3a_{3,j} t_0^2 \\ u_{1,j} = a_{0,j} + a_{1,j} t_1 + a_{2,j} t_1^2 + a_{3,j} t_1^3 \\ \dot{u}_{1,j} = a_{1,j} + 2a_{2,j} t_1 + 3a_{3,j} t_1^2 \end{cases}, \quad j=1, \dots, N-1. \quad (3)$$



Параметры коэффициентов $a_{0,j}$, $a_{1,j}$, $a_{2,j}$, $a_{3,j}$, вычисляемые в соответствии с условиями левой части уравнений (3), являются аналитическим решением системы уравнений (3)

$$\begin{aligned}
 a_{0,j} &= u_{0,j}, \\
 a_{1,j} &= \dot{u}_{0,j}, \\
 a_{2,j} &= \frac{3(u_{1,j} - u_{0,j})}{h^2} - \frac{2\dot{u}_{0,j} + \dot{u}_{1,j}}{h}, \\
 a_{3,j} &= \frac{\dot{u}_{0,j} + \dot{u}_{1,j}}{h^2} - \frac{2(u_{1,j} - u_{0,j})}{h^3}. \quad j=1, \dots, N-1.
 \end{aligned} \quad (4)$$

Запишем (4) в развернутой форме применительно к произвольной узловой точке k , на интервале движения от k до $k+1$ применительно к j -му суставному движению ($j=1, \dots, N-1$)

$$\begin{aligned}
 u_{(t)} &= u_{k,j} + \dot{u}_{k,j}t + \left(\frac{3(u_{k+1,j} - u_{k,j})}{h^2} - \frac{2\dot{u}_{k,j} + \dot{u}_{k+1,j}}{h} \right) t^2 + \left(\frac{\dot{u}_{k,j} + \dot{u}_{k+1,j}}{h^2} - \frac{2(u_{k+1,j} - u_{k,j})}{h^3} \right) t^3 \\
 \dot{u}_{(t)} &= \dot{u}_{k,j} + 2 \left(\frac{3(u_{k+1,j} - u_{k,j})}{h^2} - \frac{2\dot{u}_{k,j} + \dot{u}_{k+1,j}}{h} \right) t + 3 \left(\frac{\dot{u}_{k,j} + \dot{u}_{k+1,j}}{h^2} - \frac{2(u_{k+1,j} - u_{k,j})}{h^3} \right) t^2 \\
 \ddot{u}_{(t)} &= 2 \left(\frac{3(u_{k+1,j} - u_{k,j})}{h^2} - \frac{2\dot{u}_{k,j} + \dot{u}_{k+1,j}}{h} \right) + 6 \left(\frac{\dot{u}_{k,j} + \dot{u}_{k+1,j}}{h^2} - \frac{2(u_{k+1,j} - u_{k,j})}{h^3} \right) t
 \end{aligned} \quad (5)$$

Вычислительный эксперимент. Проверка возможности использования уравнений (1-5) в моделировании движений спортсмена была выполнена в вычислительном эксперименте (рис. 1).

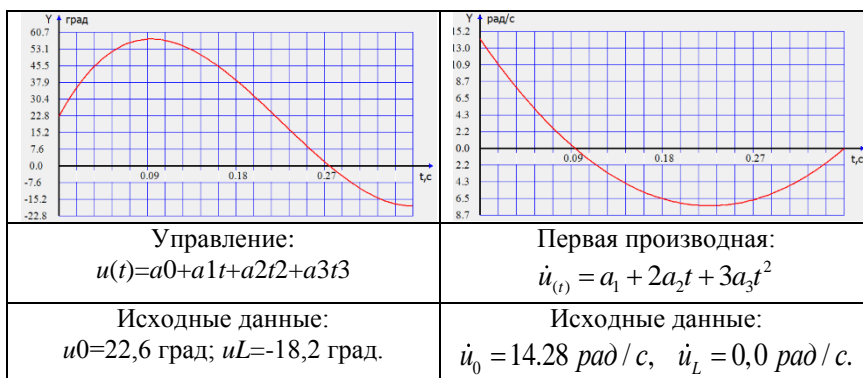




Рисунок 1 – Синтезированное программное управление в плечевых суставах для фазового компонента «Расхлест» гимнастического упражнения «перелет Ткачев» на перекладине.

В качестве граничных значений программного управления в плечевых суставах были взяты данные гимнастического упражнения «Перелет Ткачев» фазы «Расхлест» в исполнении з.м.с России А. Голоцуцкого.

Управление, полученное в вычислительном эксперименте на компьютере, удовлетворяет заданным граничным условиям на кинематическое состояние на левом и правом концах сегмента управления, что подтверждает корректность разработанных вычислительных алгоритмов и компьютерных процедур.

Заключение. Разработана технология синтеза программного управления с заданными кинематическими свойствами функции и ее первой производной по времени на левом и правом концах сегмента управления в плоскостных движениях неразветвленных многозвенных биомеханических систем.

На следующем этапе исследований поставлена задача разработки такой структуры алгоритмов адаптации, которые обеспечивают переходной процесс от двигательной ошибки к запланированной траектории биосистемы за время, длительность которого позволяет максимально возможно использовать силовые ресурсы спортсмена по принципу «быстродействия». При этом потребная величина реализации управляющих воздействий не должна превышать экстремальные значения уровня силовой подготовленности спортсмена.

© Загrevский В. И., Загrevский О. И., Лавшук Д. А., 2022

Список источников

1. Загrevский, В. И. Формализм Лагранжа и Гамильтона в моделировании движений биомеханических систем / В. И. Загrevский, О. И. Загrevский, Д. А. Лавшук. – Могилев : МГУ имени А.А. Кулешова, 2018. – 296 с.
2. Попов, Г. И. Биомеханика : учебник для студ. высших учебных заведений / Г. И. Попов. – Москва : Академия, 2005. – 256 с.

References

1. Zagrevsky, V. I. Lagrange and Hamilton formalism in modeling the movements of biomechanical systems / V. I. Zagrevsky, O. I. Zagrevsky, D. A. Lavshuk. – Mogilev : Kuleshov Moscow State University, 2018. - 296 p



2. Popov, G. I. Biomechanics : textbook for students. higher educational institutions / G. I. Popov. – Moscow : Academy, 2005. – 256 p.

УДК 796.386

ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ НОГ В НАСТОЛЬНОМ ТЕННИСЕ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРЫЖКА

Галина Павловна Иванова¹, д-р биол. наук, профессор
Александр Григорьевич Биленко², канд. пед. наук, доцент
Александр Владимирович Бородин³, канд. тех. наук, доцент
Василий Андреевич Голигузов⁴, аспирант

^{1,2,4}Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта», г. Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В работе проанализированы вертикальные составляющие реакции опоры при прыжках вверх 6-ти студентов НГУ им. П.Ф. Лесгафта — квалифицированных игроков настольного тенниса с целью поиска факторов, определяющих их быстродействие при разных двигательных задачах. Получены средние значения и индивидуальные показатели ритмической структуры, зарегистрирована малая индивидуальная и значительная групповая вариативность элементов временной структуры. Определена высокая корреляционная зависимость временных характеристик темпа с временем фазы отталкивания. Показана важность вертикальной составляющей реакции опоры в перемещениях теннисистов около стола при прыжках перед ударами.

Ключевые слова: динамометрия, структура прыжка вверх, быстродействие в настольном теннисе

Для цитирования: Исследования работы ног в настольном теннисе на основе модели вертикального прыжка / Г. П. Иванова, А. Г. Биленко, А. В. Бородин, В. А. Голигузов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С 91-99.



VERTICAL JUMP AS A RESEARCH MODEL FOR FOOTWORK IN TABLE TENNIS

Galina P. Ivanova¹, *Doctor of Biological Sciences, Professor*

Alexander G. Bilenko², *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

Alexander V. Borodin³, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

Vasily A. Goliguzov⁴, *Postgraduate student*

^{1,2,4}*P.F. Lesgaft National State University of Physical Culture, Sports and Health,
St. Petersburg, Russia*

³*Sankt-Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I.
Ulyanov (Lenin)", St. Petersburg, Russia*

Abstract. The paper analyzes the vertical components of the support reaction when jumping up 6 students of P.F. Lesgaf-ta NSU - qualified table tennis players in order to find factors that determine their performance in different motor tasks. The average values and individual indicators of the rhythmic structure were obtained, small individual and significant group variability of the elements of the temporal structure was recorded. A high correlation between the temporal characteristics of the tempo and the time of the repulsion phase is determined. The importance of the vertical component of the support reaction in the movements of tennis players near the table when jumping before hitting is shown.

Keywords: dynamometry, the structure of the jump up, speed in table tennis

For citation: Studies of footwork in table tennis based on the vertical jump model / G. P. Ivanova, A. G. Bilenko, A.V. Borodin, V. A. Goliguzov // *Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 91-99.*

Введение

В литературе по спортивным играм не часто встречаются работы по исследованиям перемещений игроков по площадке. Однако в настольном теннисе установлено наличие до шести основных видов перемещений [1], в которых обсуждаются горизонтальные составляющие, а по вертикальным перемещениям нет данных, несмотря на то, что они стали чаще использоваться в России в соревновательных матчах. Несмотря на отрицательное отношение авторов к перемещениям с вращениями или шагам с прыжками, снижающими горизонтальную составляющую скорости движения тела, именно прыжки в большей мере применяются российскими спортсменами: 6,4 % шагов с прыжками по сравнению с 5,9 % у азиатских теннисистов, или шаги с поворотами в 3,8% случаев из общего количества



использованы российскими теннисистами и только 1,9% — европейскими. Российские специалисты настольного тенниса стали изучать влияние скоростных способностей игроков на передвижения и на эффективность игры [1, 6]. Биомеханиками мира работа ног в настольном теннисе, с которой начинается удар по шару, исследована явно недостаточно. Оценка структуры техники работы ног и раскрытие самого механизма движений ног игрока по вертикали представляют *научную проблему*, сложность которой в быстродействии современного настольного тенниса, последний по быстродействию стоит на втором месте среди всех видов спорта (после бадминтона), и темп игры в настольном теннисе - 50 уд/мин [3, 7]. Необходим поиск резервов роста игрового быстродействия одновременно с сохранением точности ударов.

Цель исследования сводится к определению временной структуры передвижения теннисиста в процессе его вертикального выпрыгивания от измерительной платформы и поиска аналогии изучаемых прыжков с игровыми действиями в настольном теннисе. Эти данные необходимы и интересны тренерам для определения резервов быстродействия спортсмена через силовые и временные структуры двигательной активности, а ученым спорта - для разработки и обоснования перспективности средств дальнейшего совершенствования возможностей теннисистов на базе нового подхода.

Задачи:

1. Поиск наиболее адекватных тестовых двигательных заданий, способствующих созданию биомеханических моделей игровых теннисных перемещений.
2. Адаптация измерительного комплекса в виде динамометрической платформы с автоматической обработкой данных реакции опоры к изучению перемещений спортсменов настольного тенниса.
3. Установление по экспериментальным данным уровня способностей теннисиста к проявлению быстродействия и стабильности временной структуры действий теннисиста при игровых перемещениях.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа ног «в ручных» спортивных играх мало изучена и не оценена роль нижних конечностей в целостной структуре техники игры [5].

В качестве модели перемещения спортсмена в настольном теннисе в работе выбран прыжок от измерительной платформы, выполняемый толчком двух ног вертикально вверх с разными установками. По технике прыжка, ее характеристикам, особенно вертикальным, по кривой мгновенного значения силы реакции опоры, то есть $F = f(t)$, можно получить временную структуру переместительного движения в виде фаз прыжка, темпа и ритма движения, который характеризуется соотношением времен



подготовительного, толчкового и полетного периодов. Из анализа временных показателей следует, что в целом результат эффективности работы спортсмена определяется высотой прыжка (H , см), которая в рамках механической модели рассчитывается по времени полетной фазы. Эффективность выполнения технических заданий при условии оптимальности механических потерь находится по введенному нами ранее [4, 5] индексу прыгучести — ИП, как соотношение времени полета к времени толчка.

Эксперимент включал получение динамограмм сил реакции опоры при произвольных прыжках теннисиста вверх со следующими установками:

- акцент на максимальную высоту прыжка;
- акцент на быстроту выпрыгивания;
- прыгнуть максимально высоко и одновременно быстро в максимально комфортных условиях, предполагающих рациональную передачу энергии к общему центру масс тела.

В эксперименте приняли участие 6 студентов сборной команды НГУ — квалифицированных игроков настольного тенниса с большим стажем игры. Организация исследования и методика проведения эксперимента описаны в ранее опубликованных работах [2, 4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты эксперимента свидетельствуют о достаточно высокой прыжковой подготовленности теннисистов настольного тенниса, что следует из сравнения данных временной структуры движений, показанных в результате эксперимента (см. табл. 1), и анализа литературных источников [7].

Таблица 1 – Средние индивидуальные и групповые временные показатели прыжков вверх с места теннисистов настольного тенниса ($n=6$) и их вариативности ($V\%$).

№№ игроков	фаза 1 подгото вит. (мс)	фаза 2 толчка (мс)	фаза 3 полета (мс)	Полное время прыжка (мс)	Темп (пр/мин)	Ритм прыжка:(%)			ИП
						1фаза : 2фаза : 3фаза	фаза 1	фаза 2	
1	570	395	480	1445	41,5	39	27	32	1,18
2	470	180	470	1120	53,6	42	16	42	2,62
3	453	310	580	1343	44,7	34	23	43	1,88
4	590	280	440	1310	45,8	45	21	34	1,57
5	500	245	480	1235	48,6	40	20	39	1,96
6	348	210	560	1108	54,15	31	19	50	2,67



Сред- ние	488,5 ± 35,7	270,8 ± 31,4	501,6 ± 22,6	1260 ± 53,8	47,6 ± 2,06	39 ± 2,11	21 ± 1,53	40 ± 2,67	1,85 ± 0,24
V%	18%	29%	11%	8%	11%	13%	18%	16%	29%

Анализ материалов таблицы 1 показал, что факт быстроты движений доказывают цифры темпа и ритма прыжков.

Темп прыжков, организуемый ногами, - в среднем 47,6 движений в минуту по всей группе, с разбросом от 41 до 54. Этот результат прыжков совпадает с темпом игры в настольный теннис у мастеров во время соревнований, а частота прыжков от опоры свидетельствует об адекватности подготовки теннисистов малого мяча к игре около стола в высоком темпе.

Индивидуальная вариативность частоты прыжков, полученная по 5÷7 повторениям каждым участником, равна от 1% до 4%, что значительно ниже группового коэффициента вариативности темпа по всей экспериментальной группе, равной — 10,5%, что говорит о выраженной индивидуальности быстроты, если судить по выполнению прыжков или ударов игроками настольного тенниса (см. табл.1).

Ритм прыжков, как и ударов по мячу, явно зависит от работы ног игрока. Ритм характеризуется соотношением временных интервалов фаз прыжка: 1 — подготовительная, то есть сгибание ног к прыжку или удару; 2 — толчок ног от опоры; 3 — в прыжке - фаза полета (после вылета до приземления), а в игре у стола — вынос ракетки и ещё самого спортсмена на удар, в момент которого тело также бывает в полете или просто вне опоры, что видно по нулевой реакции опоры.

В таблице 2 для выразительности ритма представлено не только реальное время (мс) каждой фазы, но и относительное в виде процента от времени всего прыжка, что необходимо для анализа соотношения частей движения в целом при поиске более важной фазы с целью определения того или иного качества теннисиста, с учетом темпа игры и мастерства (рейтинга).

Таблица 2 – Структура ритма прыжка в зависимости от мастерства и темпа

темп 1/мин	% времени в фазах			рейтинг
	1	2	3	
54,15	31,4	18,9	50,5	первый
41,5	39,4	27,3	32,3	последний
47,6	38,5	21,8	40,1	средний по группе



Из анализа вытекает, что при относительно коротком по времени толчке получается относительно долгий полет, благодаря высокой скорости вылета тела или мяча. Это еще один из возможных вариантов общенаучного доказательства управления ритмом на примере простого прыжка вверх, что, видимо, переносимо на другие технические действия в спорте – удар по мячу.

Например, универсальный биомеханический переход от прыжка к двигательной деятельности теннисиста, где есть такое же, как в прыжке, движение тела перед ударом, а именно подготовка к толчку в виде «подседания» перед толчком ногами и, наконец, выход на удар, типа рассмотренного в прыжке полета, который в теннисе может быть в виде подпрыгивания или любого шага, вплоть до «скольжения» спортсмена на мяч [6]. Эти фазы присутствуют при игре и в настольный теннис, только в завуалированном виде, но координационное управление движением автоматически переносится с своего вида спорта на другой вид деятельности. Итак, «навязанный» видом спорта ритм движения, закрепленный тренировкой в настольный теннис, часто интуитивно используется в тех случаях, когда это рационально для прыжков.

ОБСУЖДЕНИЕ

Факторов, влияющих на быстрдействие, множество, и понятно, что у каждого спортсмена есть своя превалирующая координация движения, построенная на качестве, которое у него наиболее развито. К решению данной задачи привлечен статистический подход, а именно, метод ранговой корреляции с целью выяснения влияния массы тела и времени различных периодов прыжка на частоту (темп), как факторы проявления быстроты в игре.

Из таблицы 3 очевидно, что на среднюю частоту прыжков теннисистов оказывает самое сильное отрицательное влияние время толчка их ног от опоры ($r = -0,93$), то есть, чем оно короче, тем темп прыжков может быть выше. Подтверждает данное наблюдение результат, приведенный в таблицах 1 и 2, где короткое время фазы отталкивания соответствует длинному времени полета, а значит большей высоте прыжка. Этому же соответствует индекс прыгучести — ИП, который при коротком отталкивании выше, чем при длинном (табл.2).

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции у квалифицированных теннисистов при прыжках вверх с двух ног от неподвижной опоры ($n = 6$)

	темп	полет	толчок	подготовительная	масса
темп		0,61	- 0,93	0,11	0,18
полет			- 0,44	0,64	0,46
толчок				0,22	0,22



Подготовитель- ная					-0,89
масса тела					

Из таблицы 3 очевидно, что на среднюю частоту прыжков теннисистов оказывает самое сильное отрицательное влияние время толчка их ног от опоры ($r = - 0,93$), то есть, чем оно короче, тем темп прыжков может быть выше. Подтверждает данное наблюдение результат, приведенный в таблицах 1 и 2, где короткое время фазы отталкивания соответствует длинному времени полета, а значит большей высоте прыжка. Этому же соответствует индекс прыгучести — ИП, который при коротком отталкивании выше, чем при длинном (табл.2).

ВЫВОДЫ

1. Считаю целесообразным проведение исследований временной структуры прыжков по динамограмме вертикальной составляющей реакции опоры как биомеханической модели быстрогодействия.

2. Модель в виде вертикального вверх прыжка от неподвижной опоры оказалась достаточно информативным объектом исследования, дающая с хорошим приближением показатель быстрогодействия квалифицированного игрока в настольный теннис даже по одним только характеристикам временной структуры прыжка, то есть работы ног человека в техническом приеме.

3. Усредненный условный темп одиночных прыжков, как возможный показатель частоты движений спортсмена, имеет коэффициент корреляции 0,93 с временем толчков от опоры. Это доказывает тот факт, что короткое отталкивание является важнейшим фактором быстрогодействия спортсмена.

4. Результаты работы внедрены в тренировочный процесс трех экспериментальных групп спортсменов настольного тенниса, учитывая то, что повышение высоты прыжка зависит от времени подготовительной фазы ($r=0,64$). Использованы тренажерные устройства и специальные упражнения, воздействующие на укорочение фазы отталкивания ног от опоры.

© Иванова Г. П., Биленко А. Г., Бородин А. В., Голигузов В. А., 2022

Список источников

1. Барчукова, Г. В. Особенности передвижений сильнейших азиатских и российских игроков в настольный теннис / Г. В. Барчукова, Р. Г. Арутюнов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. - 2021. – № 2(192). - С. 16-21. - DOI 10.34835/issn.2308-1961.2021.2.p16-21. — EDN OBDDAJ.



2. Иванова, Г. П. Биомеханические модели взаимодействия человека с опорой / Г. П. Иванова, А. Г. Биленко // Труды кафедры биомеханики университета им. П.Ф. Лесгафта. - 2021. - № 15. - С. 23-27.

3. Голигузов, В. А. В поисках быстродействия в настольном теннисе / В. А. Голигузов // Научные исследования и разработки в спорте : Вестник аспирантуры и докторантуры. - Санкт-Петербург: Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, 2021. - С. 19-23.

4. Иванова, Г. П. Биомеханическое обоснование теста для оценки прыгучести в спортивных играх / Г. П. Иванова, А. Г. Биленко, Б. Е. Лосин // Труды кафедры биомеханики университета им. П.Ф. Лесгафта. - 2020. - № 14. - С. 19-25.

5. Лосин, Б. Е. Теоретическая значимость и подходы к определению уровня развития быстроты и прыгучести в спортивных играх / Б. Е. Лосин, Г. П. Иванова, А. Г. Биленко // Научно-педагогические школы Университета. - 2020. - № 5. - С. 105-119.

6. Малаголи Ланзони И. Связь между работой ног с ударами и эффективностью в финале 29-х Олимпийских игр по настольному теннису / Малаголи Ланзони И., Р. Лобьетти, Ф. Мерни // Международный журнал наук о настольном теннисе. - Испания, 2010. - № 6. - С. 60-63.

7. Analysis of the profile of the manifestation of jumping power in table tennis / F. Prado, M. Repu, P. Martinez, C. Castilla, V. Bataler, L. Carrasco / ITTF Sports Science Congress, 5-7 May. – Rotterdam : The Netherlands, 2011. - 42 c.

References

1. Barchukova, G. V. Features of the movements of the strongest Asian and Russian table tennis players / G. V. Barchukova, R. G. Arutyunov // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. - 2021. – № 2(192). - pp. 16-21. - DOI 10.34835/issn.2308-1961.2021.2.p16-21. - EDN OBDDAJ.

2. Ivanova, G. P. Biomechanical models of human interaction with support / G. P. Ivanova, A. G. Bilenko // Proceedings of the Department of Biomechanics of the P.F. Lesgaft University. - 2021. - No. 15. - pp. 23-27.

3. Goliguzov, V. A. In search of speed in table tennis / V. A. Goliguzov // Scientific research and development in sports : Bulletin of postgraduate and doctoral studies. - St. Petersburg: P.F. Lesgaft National State University of Physical Culture, Sports and Health, 2021. - pp. 19-23.

4. Ivanova, G. P. Biomechanical justification of the test for assessing jumping ability in sports games / G. P. Ivanova, A. G. Bilenko, B. E. Lo-sin // Proceedings of the Department of Biomechanics of the P.F. Lesgaft University. - 2020. - No. 14. - pp. 19-25.

5. Losin, B. E. Theoretical significance and approaches to determining the level of development of speed and jumping ability in sports games / B. E. Losin,



G. P. Ivanova, A. G. Bilenko // Scientific and pedagogical schools of the University. - 2020. - No. 5. - pp. 105-119.

6. Malagoli Lanzoni I. The connection between footwork with strokes and efficiency in the final of the 29th Olympic Games in table tennis / Malagoli Lanzoni I., R. Lobietti, F. Merni // International Journal of Table Tennis Sciences. - Spain, 2010. - No. 6. - pp. 60-63.

7. Analysis of the profile of the manifestation of the jump force in table tennis / F. Prado, M. Repu, P. Martinez, K. Castilla, V. Bataler, L. Car-Rasco / ITTF Sports Science Congress, May 5-7. – Rotterdam : Lower Lands, 2011. - 42 p.



УДК 796.8.012

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ БОЛЕВЫХ ПРИЁМОВ В ПАРТЕРЕ И СТОЙКЕ В ЕДИНОБОРСТВАХ

Александр Владимирович Конаков¹, *канд. пед. наук, доцент*

Владимир Алексеевич Склизков², *магистрант*

^{1,2}*Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия*

Аннотация. В статье анализируется биомеханика выполнения болевых приёмов в партере и стойке. Показано, что выполнение болевых приемов в стойке принципиально отличается от выполнения болевых приемов в партере. На основании чего сделан вывод о нецелесообразности включения изучения выполнения болевых приёмов в партере в программу обучения в группах самообороны.

Ключевые слова: самозащита, болевые приёмы в стойке, болевые приёмы в партере, сравнительный анализ техники, самооборона

Для цитирования: Конаков, А. В. Сравнительный анализ техники выполнения болевых приёмов в партере и стойке в единоборствах / А. В. Конаков, В. А. Склизков // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фуряев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 100-104.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TECHNIQUE OF PERFORMING PAINFUL TECHNIQUES IN THE STALLS AND STAND IN MARTIAL ARTS

Alexander V. Konakov¹, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

Vladimir A. Sklizkov², *Master's student*

^{1,2}*The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia*

Abstract. The article analyzes the biomechanics of performing painful techniques in the stalls and the rack. It is shown that performing painful techniques in a stand is fundamentally different from performing painful techniques in the stalls. On



the basis of which it is concluded that it is inappropriate to include the study of pain techniques in the stalls in the training program in self-defense groups.

Keywords: self-defense, painful techniques in the rack, painful techniques in the stalls, comparative analysis of techniques, self-defense

For citation: Konakov, A.V. Comparative analysis of the technique of performing painful techniques in the stalls and stand in martial arts / A.V. Konakov, V. A. Sklizkov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 101-105.

Введение. Болевые приемы на руки разрешены во многих спортивных единоборствах: самбо, дзюдо, бразильском джиу-джитсу, спортивном рукопашном бое и других единоборствах. Наиболее полно в техническом плане они представлены в самбо, дзюдо и бразильском джиу-джитсу. Применяются они только в партере. Это накладывает свои особенности на выполнение болевых приемов. Возникают вопросы: есть ли положительный перенос навыков с выполнения болевых приёмов в партере на их выполнение в стойке? Насколько будет целесообразно включение изучения болевых приёмов, выполняемых в партере, в программу обучения в группах самообороны, где основной технический арсенал составляют болевые приёмы, выполняемые в стойке?

Гипотеза исследования. Сравнительный анализ техники выполнения болевых приёмов в партере в единоборствах и стойке позволит ответить на вопрос о целесообразности включения изучения болевых приёмов в партере в программу обучения в группах самообороны.

Цель исследования. Совершенствование методики обучения болевым приемам, выполняемым в стойке, в группах самообороны.

Задачи исследования:

- 1) Выполнить сравнительный анализ техники выполнения болевых приёмов в партере и стойке в единоборствах.
- 2) Экспериментально проверить выводы, полученные в ходе анализа техники выполнения болевых приёмов в партере и стойке в единоборствах.
- 3) Оценить целесообразность включения изучения выполнения болевых приёмов в партере в программу обучения в группах самообороны.

Методы исследования: анализ научно методической литературы, педагогический эксперимент, педагогическое наблюдение, опрос, беседа.

Результаты исследования. Чтобы провести любой из болевых приемов, используемых в спортивных единоборствах, противник предварительно должен быть взят под контроль. Д.Л. Рудман в своей книге



[2] в части, посвящённой принципам выполнения болевых приёмов в партере, отмечает следующее: «Захватив противника на болевой приём, необходимо ограничить его подвижность на ковре, захватив по возможности и неатакуемую руку (или ногу)... Проведение болевого приёма без прочного захвата, ограничивающего подвижность соперника, может привести к травме или уходу соперника от атаки». Аналогично строится тактика выполнения болевых приёмов в бразильском джиу-джитсу, описанных в книге [1]: «Вы должны постоянно бороться за то, чтобы оказаться в положении, где вы можете обрести больший контроль над противником. Это даст вам возможность нанести ему максимальный вред и избавит от потенциальной опасности с его стороны... Позиционное преимущество и контроль, к которому стремятся практикующие бразильское джиу-джитсу, могут быть достигнуты только в бою на земле». В случае отсутствия контроля болевой прием в партере можно провести только случайно (грубая ошибка противника), т.к. соперник не даст этого сделать. Контроль бывает двух типов:

1. Статический (положением);
2. Динамический (эффектом от броска).

Статический контроль наибольшее развитие получил в бразильском джиу-джитсу. Под ним там понимается такое положение борца относительно противника, при котором он лишает противника возможности проводить атакующие действия и имеет удобный выход на проведение болевых и удушающих приемов. В терминологии бразильского джиу-джитсу эти положения так и называются «контроли» [1]. В самбо и дзюдо схожую функцию выполняют удержания.

Динамический контроль наибольшее применение получил в самбо и дзюдо. Суть его в следующем: после броска, в результате полёта и удара о ковер, человек на короткое время теряет контроль над обстановкой. Чем с большей амплитудой выполняется бросок и, как следствие, сильнее удар о ковер, тем длительнее время дезориентации, поэтому такие броски наиболее высоко оцениваются в самбо и дзюдо. Задача бросающего воспользоваться кратким моментом контроля и в продолжение броска максимально быстро провести болевой прием.

Главная особенность болевых приемов, используемых в спортивных единоборствах, это то, что они требуют перед своим проведением взятия противника под контроль, сначала контроль - потом болевой. Находящегося под контролем противника соответствующим приемом путем причинения боли заставляют сдаться.

Выполнение болевых приемов в стойке принципиально отличается от выполнения болевых приемов в партере. Болевые приемы в стойке не требуют предварительного взятия противника под контроль, они сами и



есть контроль. В Айкидо, единоборстве, почти полностью построенном на болевых приемах на руки, они так и называются «контролями» [3]. Человек контролируется за счет причинения ему боли, через это им управляют и переводят в нужное для атакующего положение. Можно уложить человека на землю и связать, можно подставить под удар, травмировать конечность и т.д.

Болевые приемы в стойке - это контроль, они требуют обретения навыка управления противником за счет причинения боли. Такой навык не формируется при выполнении болевых приёмов в партере, как следствие, их отработка не помогает в освоении приемов самозащиты.

Для проверки полученных выводов был проведён педагогический эксперимент. В ходе эксперимента были организованы два открытых урока по технике выполнения и способам применения болевых приёмов в стойке. Уроки прошли в городе Клин Московской области в секциях дзюдо и греко-римской борьбы. В эксперименте участвовали спортсмены разрядники возрастом 13-17 лет. В ходе уроков демонстрировалась техника выполнения выкручивания кисти наружу, рычага локтя и загиба руки за спину. Показывались способы использования этих приёмов в защите от захватов и ударов руками. В ходе уроков проводилось педагогическое наблюдение, опрос и беседа.

В обеих секциях спортсмены достаточно быстро освоили форму выполнения болевых приёмов в стойке, которая является несложной. В конце уроков в каждой секции были проведены условные схватки. В них участвовали по 10 спортсменов, организованных в 5 пар. Нападающие должны были выполнять и удерживать захваты за руки. Защищающимся ставилась задача: в ответ провести любой болевой приём. Запрещался предварительный перевод противника в партер. От болевых разрешалась только пассивная защита. На схватку отводилось время 1 минута, после чего производилась смена ролей.

Всего в каждой группе спортсменов было проведено по 10 схваток. В секции греко-римской борьбы было выполнено 3 болевых приёма (2 рычага локтя, один загиб руки за спину), в секции дзюдо 2 болевых, оба рычага локтя. В обеих группах спортсменов имел место отрицательный перенос навыков. Борцы греко-римского стиля воспринимали руку не как место создания болевого эффекта, а как рычаг для броска. Как они пояснили в беседе, у них в технике встречаются положения, аналогичные используемым при выполнении болевых, но им строго запрещено воздействовать на локоть. Поэтому в схватке они в ответ на сопротивление противника начинали действовать, как привыкли. Аналогично действовали и дзюдоисты. Они старались, используя захват, схожий с захватом на болевой приём, перевести противника в партер и там уже создать болевой



эффект. Никакого положительного переноса навыков от умения выполнять болевые приёмы в партере на выполнение болевых в стойке у дзюдоистов замечено не было.

По результатам эксперимента с уверенностью можно сказать, что у представителей дзюдо отсутствовало преимущество перед представителями греко-римской борьбы при освоении болевых приёмов в стойке.

Выводы:

- 1) Сравнительный анализ выполнения болевых приёмов в партере и стойке в единоборствах показал, что выполнение болевых приемов в стойке принципиально отличается от выполнения болевых приемов в партере.
- 2) Эксперимент подтвердил выводы, полученные в ходе анализа техники выполнения болевых приёмов в партере и стойке.
- 3) Включать изучение выполнения болевых приёмов в партере в программу обучения в группах самообороны нецелесообразно.

© Конаков А. В., Склизков В. А., 2022

Список источников

1. Грейси, Р. Бразильское джиу-джитсу: теория и практика / Ренцо Грейси, Ройлер Грейси. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2005. – 280 с.
2. Рудман, Д. Л. САМБО - техника борьбы лёжа. Нападение / Д. Л. Рудман. - Москва, ФиС, 1982. – 232 с.
3. Сиода, Г. Айкидо : Мастер-курс / Годзо Сиода и Ясухиса Сиода. - Киев : София, 2000. - 201 с.
- 4.

References

1. Gracie, R. Brazilian Jiu-jitsu: theory and practice / Renzo Gracie, Royler Gracie. – Rostov-on-Don: Phoenix, 2005. – 280 p.
2. Rudman, D. L. SAMBO - technique of wrestling lying down. Attack / D. L. Rudman. - Moscow, FiS, 1982. – 232 p.
3. Shioda, G. Aikido : Master Course / Gozo Shioda and Yasuhisa Shioda. - Kiev : Sofia, 2000. - 201 p.



УДК 796.012:531.53:611.7

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТУЛОВИЩА: РЕЗУЛЬТАТЫ ФОРМИРУЮЩЕГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Алексей Николаевич Корольков¹, *канд. тех. наук, доцент*

Вероника Романовна Анисимова², *студент*

Егор Романович Гудинов³, *студент*

Ольга Васильевна Лангуева⁴, *инструктор-методист*

^{1,2,3}*Московский государственный областной университет, г. Мытищи, Россия*

⁴*Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия*

Аннотация. В данной статье представлены измерения собственных крутильных колебаний туловища, проводимых среди студентов факультета физической культуры МГОУ в возрасте 18-23х лет с использованием бодибара. Для измерения использовались необходимые антропометрические данные, на их основе вычислялись индекс массы тела и общий центр масс верхних конечностей.

Анализ полученных данных привёл к выводу о методологических недостатках исследования. Предложены способы устранения недостатков.

Ключевые слова: спорт, крутильные колебания, антропометрия, тест, бодибар

Для цитирования: Корольков, А. Н. Методологические проблемы исследования крутильных колебаний туловища: результаты формирующего эксперимента / А. Н. Корольков, В. Р. Анисимова, О. В. Лангуева // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 105-113.

METHODOLOGICAL PROBLEMS OF TORSIONAL VIBRATIONS OF THE TORSO RESEARCH: RESULTS OF THE FORMATIVE EXPERIMENT

Alexey N. Korolkov¹, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

Veronika R. Anisimova², *student*



Egor R. Gudinov³, *student*

Olga V. Langueva⁴, *instructor-methodologist*

^{1,2,3}*Moscow State Regional University, Mytishchi, Russia*

⁴*National Medical Research Center of Endocrinology Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia*

Abstract. This article presents measurements of torsional vibrations of the torso carried out among students of the Faculty of Physical Culture of Moscow State University at the age of 18-23 years using a body bar. For the measurement, the necessary anthropometric data were used, based on them, the body mass index and the total center of mass of the upper extremities were calculated.

The analysis of the data obtained led to the conclusion about the methodological shortcomings of the study. Suggested ways to eliminate the shortcomings.

Keywords: sport, torsional oscillations, anthropometry, test, bodybar

For citation: Korolkov, A. N. Methodological problems of torsional vibrations of the trunk research: results of a formative experiment / A. N. Korolkov, V. R. Anisimova, O. V. Langueva // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 105-113.

Введение. Ротация туловища является ведущим звеном техники выполнения многих спортивных движений. Амплитуда и скорость ротации туловища во многом определяет скорость и дальность перемещения спортивных снарядов в метаниях диска и молота, ударов по мячу в теннисе, хоккее и гольфе, величину импульса силы при выполнении ударов в боксе, выполнении многих бросков в спортивной борьбе и при совершении других спортивных и бытовых движений [3, 6, 7]. Ротация туловища и таза является важным содружественным движением в осуществлении локомоций [1, 2]. При этом совершение ротации туловища осуществляется не только за счет энергии собственных мышечных сокращений, но и за счет рекуперации энергии деформации кручения, которая определяется величиной момента инерции и величиной модуля кручения.

В спортивной практике при описании многих движений, имеющих периодическую фазовую структуру, часто используются модели физического осциллятора, с помощью которых определяют величину собственных колебаний различных звеньев тела, позволяющих задавать оптимальный ритм их совершения.

Очевидно, что при описании вращательных движений звеньев тела перспективным является использование моделей крутильного маятника,



моделей крутильных, продольных и поперечных деформаций, позволяющих оценивать динамические и энергетические параметры движений, совершаемых с использованием потенциальной энергии деформации. Такие модели постепенно находят практическое применение в медицине при изучении свойств спирали ДНК, нарушении целостности костей, формировании программ реабилитации при нарушениях опорно-двигательного аппарата и решении многих других задач [4, 5].

Вместе с тем, модели крутильного физического маятника при описании спортивных движений не нашли еще широкого применения в силу некоторых методологических сложностей, связанных как с надежностью и информативностью тестирования, так и с состоятельностью и несмещенностью оценок результатов тестирования.

Задача исследования. Определить методологические проблемы исследования крутильных колебаний туловища в части измерения частоты (периода) собственных крутильных колебаний и определения модуля кручения туловища.

Методы и организация. Для решения этой задачи в сентябре-октябре 2022 года был проведено пилотное натурное исследование, в котором участвовали 104 студента факультета физической культуры МГОУ: юноши и девушки в возрасте от 18 до 23-х лет. Испытуемые в течение одной минуты осуществляли вращательные движения туловища в положении стоя с пластиковой гимнастической палкой (бодибаром) длиной 110 см, симметрично располагая ее за головой и прижимая ее к плечевым суставам кистями рук. Осуществлялось по два сеанса вращений каждым испытуемым: в первом сеансе бодибар удерживался кистями рук за концы бодибара, во втором – за места бодибара напротив плечевых суставов. Тем самым достигалось контролируемое изменение длин рычагов и моментов инерции крутильного маятника. Также у каждого испытуемого измерялось расстояние от грудино-ключичного до плечевого сустава, фиксировалась длина (рост) и масса тела. С использованием известных эмпирических регрессионных выражений В.Н. Селуянова вычислялись массы кисти, предплечья и плеча. В зависимости от роста испытуемого, по пропорциям звеньев тела для мезоморфов вычислялись длины сегментов верхней конечности.

Вращения каждым испытуемым осуществлялись в произвольном удобном темпе без акцентированного проявления мышечных усилий. Фиксировалось количество вращательных колебаний как число положений бодибара в одном положении, вычислялся период колебаний. Также, в зависимости от величин антропометрических параметров испытуемых, вычислялось расположение центра масс верхней конечности испытуемого относительно оси вращения [3] по формуле:



$$D = 8\pi^2 m (I_{22} - I_{11}) / (T_{22} - T_{11}), (1)$$

(где m – масса конечности, I_2 и I_1 – расстояния от проекции центра масс конечности на бодибаре до оси вращения, T_2 и T_1 - периоды вращательных колебаний для двух вариантов удержания бодибара) вычислялся модуль кручения туловища – величина момента силы, необходимой для его поворота на угол в один радиан.

Как объемная плотность вычислялся индекс массы тела (ИМТ) испытуемых [8]: $ИМТ \approx 3M/L^3$, M – масса тела, L – рост.

Измеренные и вычисленные параметры заносились в электронные таблицы Excel и обрабатывались статистическими методами с использованием лицензионного пакета Stadia 8.0/prof. Уровень статистической значимости справедливости нулевых гипотез был установлен равным 0.05.

Результаты и обсуждения. Рассчитанные величины модулей кручения были ранжированы по возрастанию, были устранены выбросы: отрицательные и нулевые значения модулей кручения. Всего было устранено 18 аномальных значений (17% всей выборки обследуемых). Был установлен вид распределения испытуемых по величинам D (рис. 1). С использованием критерия Колмогорова установлена справедливость содержательной гипотезы «Распределение отличается от нормального». Определена мода (12 н·м) и квартили распределения (8.9 и 15.6 н·м).

Как следует из полученных результатов, распределение не является симметричным и смещено влево. При этом правую часть распределения составили испытуемые с малой разностью периодов колебаний при широком и узком хвате бодибара (1), что свидетельствует о большой вариативности субъективных ощущений удобства ротации туловища. Сравнение рассчитанных величин D выборок юношей ($n=40$) и девушек ($n=46$) с использованием критерия Вилкоксона позволило установить справедливость гипотезы «Есть различия между медианами выборок» (рис.2). Медианы измеренных и вычисленных параметров крутильных колебаний приведены в таблице.

Однако можно предварительно предположить, что такая зависимость все же существует. Об этом свидетельствует линейный тренд объектов измерений, простирающихся из левой нижней части рисунка 3 вверх и вправо (выделено черным). Таких испытуемых 21 – приблизительно 25 % объема всей выборки.

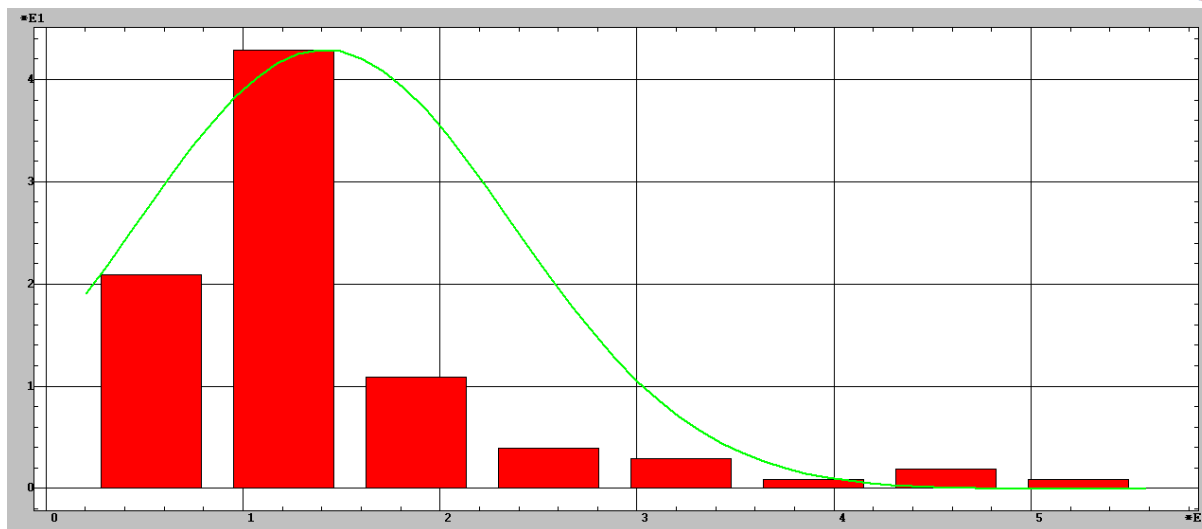


Рисунок 1 – Распределение испытуемых по величине рассчитанного модуля кручения D .

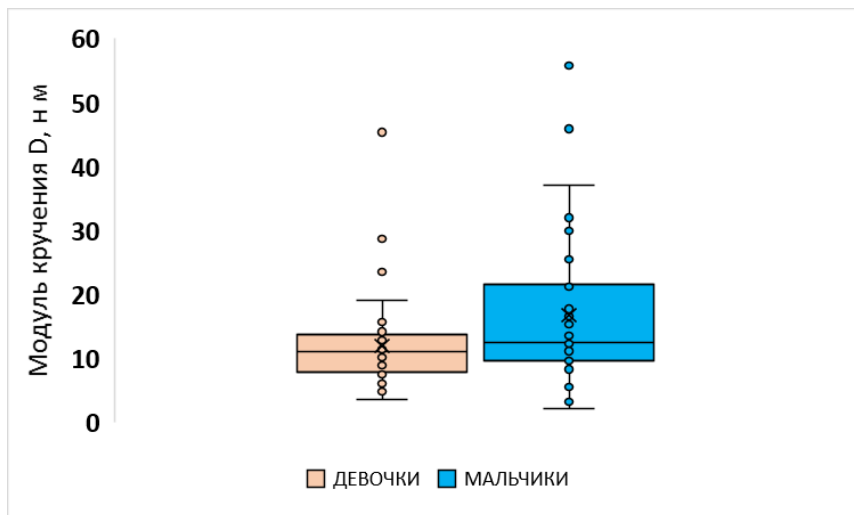


Рисунок 2 – Половые различия в распределениях модулей крутильных колебаний.

Таблица 1 – Медианы параметров крутильных колебаний туловища юношей и девушек.

	Рост	Вес	l2, м	l1, м	T2, с	T1, с	D, н м
ДЕВУШКИ	168	59	0.30	0.19	2.14	1.82	11.07
ЮНОШИ	179	70.5	0.31	0.21	2.11	1.88	12.41

При этом модуль кручения девушек меньше, чем у юношей, что представляется очевидным из-за их меньшей мышечной массы. По критерию Ансари Бредли не установлено статистически значимых половых различий в характеристиках рассеяния модулей кручения.

Перед проведением исследований предполагалось, что величина модуля кручения туловища будет тем выше, чем больше ИМТ – объемная плотность тела. Однако в результате проведенных исследований такую зависимость выявить не удалось (Рис. 3).

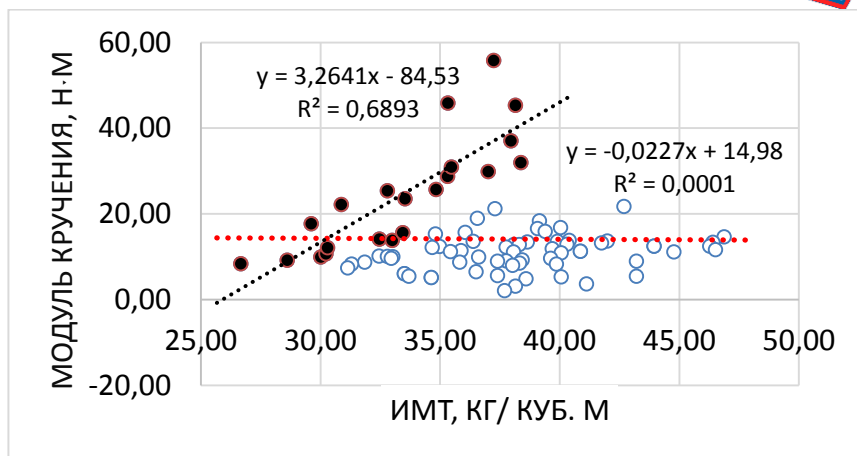


Рисунок 3 – Величины модуля кручения и индекса массы тела.

Выводы. Анализ значимых корреляций измеренных и вычисленных параметров позволяет выявить методологические недостатки проведенного исследования, к которым, видимо, относятся:

недостаточная точность определения расположения точек проекций центров масс конечности на бодибаре, которая существенно зависит от индивидуального соматотипа испытуемого; значительная вариативность темпа крутильных движений, определяемая субъективным ощущением удобства их совершения каждым испытуемым.

Для устранения указанных недостатков предлагается увеличить длину и массу бодибара, предусмотреть возможность перемещения на нем грузов, сравнимых с весом верхней конечности, на разные расстояния. Это позволит контролируемо изменять моменты инерции и периоды колебаний крутильного маятника и, следовательно, повысит точность измерений.

© Корольков А. Н., Анисимова В. Р., Лангуева О. В., 2022

Список источников

1. Витензон, А. С. Механизмы вращательных движений таза и позвоночника / А. С. Витензон, В. Е. Беленький // Ортопедия, травматология. - 1976. - Вып. 6. - С. 58-64.
2. Кауркин, С. Н. Сдружественные движения плечевых суставов и туловища у здоровых испытуемых / С. Н. Кауркин, Д. В. Скворцов, Г. Е. Иванова // Физиология человека. – 2020. – Т. 46. – № 2. – С. 30-37.



3. Адашевский, В. М. Метод определения положения центра масс и осевых моментов инерции тела человека / В. М. Адашевский, Ю. М. Андреев // Физическое воспитание студентов творческих специальностей. – 2005. – № 4. – С. 53-59.

4. Органов, А. В. Применение различных видов механических колебаний для определения несущей способности длинных костей конечностей человека / А. В. Органов // Вестник Национального технического университета Харьковский политехнический институт. Серия: Информатика и моделирование. – 2008. – № 24. – С. 124-130.

5. Оценка собственных частот крутильных колебаний ДНК человека / Б. Л. Ихлов, А. Ю. Ощепков, А. В. Мельниченко, А. В. Евсеев // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2016. – № 5-3. – С. 3-12.

6. Тиле, Г. Гимнастика для позвоночника на основе концепции проприоцептивной нейромышечной фацилитации / Г. Тиле, К. Хельбиг, И. Рошин // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2009. – № 11(71). – С. 46-54.

7. Рипа, М. Д. Гольф для лиц с ограниченными возможностями здоровья : учебно-методическое пособие / М. Д. Рипа, А. Н. Корольков, В. А. Фесенко. – Москва : Эдитус, 2017. – 228 с. – ISBN 978-5-00058-695-2.

8. Корольков, А. Н. Índice de Quetelet como EL Indicador de La Salud somática de adolescentes en La fase de activación del crecimiento / А. Н. Корольков, А. И. Луцкова // European Journal of Physical Education and Sport Science. – 2019. – Т. 5. – № 8. – С. 1-11. – DOI 10.5281/zenodo.2644599.

References

1. Vitenzon, A. S. Mechanisms of rotational movements of the pelvis and spine / A. S. Vitenzon, V. E. Belenky // Orthopedics, traumatology. - 1976. - Issue 6. - pp. 58-64.

2. Kaurkin, S. N. Friendly movements of shoulder joints and trunk in healthy subjects / S. N. Kaurkin, D. V. Skvortsov, G. E. Ivanova // Human Physiology. – 2020. – Vol. 46. – No. 2. – pp. 30-37.

3. Adashevsky, V. M. Method of determining the position of the center of mass and axial moments of inertia of the human body / V. M. Adashevsky, Yu. M. Andreev // Physical education of students of creative specialties. - 2005. – No. 4. – pp. 53-59.

4. Organs, A.V. The use of various types of mechanical vibrations to determine the bearing capacity of long bones of human limbs / A.V. Organs // Bulletin of the National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute. Series: Computer Science and Modeling. - 2008. – No. 24. – pp. 124-130.



5. Estimation of natural frequencies of torsional vibrations of human DNA / B. L. Ikhlov, A. Yu. Oshchepkov, A.V. Melnichenko, A.V. Evseev // *New Science: Current state and ways of development.* - 2016. – № 5-3. – pp. 3-12.

6. Thiele, G. Gymnastics for the spine based on the concept of proprioceptive neuromuscular facilitation / G. Thiele, K. Helbig, I. Roshin // *Therapeutic physical education and sports medicine.* – 2009. – № 11(71). – Pp. 46-54.

7. Ripa, M. D. Golf for people with disabilities: an educational and methodological guide / M. D. Ripa, A. N. Korolkov, V. A. Fesenko. – Moscow: Editus, 2017. - 228 p. - ISBN 978-5-00058-695-2.

8. Korolkov, A. N. Índice de Quetelet Como El indicador De La Salud somática de teenagers En La face de activación del crecimiento / A. N. Korolkov, A. I. Lutskova // *European Journal of Physical Education and Sports Science.* – 2019. – Vol. 5. – No. 8. – pp. 1-11. – DOI 10.5281/zenodo.2644599.



УДК 612.816+612.73/74

ВЛИЯНИЕ РЕАЛЬНОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ НА ФУНКЦИЮ И АРХИТЕКТУРУ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ У ЧЕЛОВЕКА

Юрий Андреевич Коряк¹, д-р биол. наук, профессор

¹Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, г. Москва, Россия

Аннотация. Исследовали влияние продолжительного космического полета (КП) на сократительные свойства и архитектуру трехглавой мышцы голени (ТМГ). Определяли максимальную произвольную силу (МПС), максимальную силу (P_0), время одиночного сокращения (ВОС), время развития напряжения и рассчитывали силовой дефицит (Рд). Внутреннюю архитектуру медиальной (МИМ) и латеральной (ЛИМ) икроножных мышц определяли методом ультразвуковой визуализации в условиях *in vivo* при изменении положения угла голеностопного сустава в диапазоне от -15° (тыльное сгибание) до $+30^\circ$ (подошвенное сгибание) с углом в коленном суставе 180° . В каждом положении были получены продольные ультразвуковые изображения (УЗИ) с определением длины (L_v) и угла наклона волокон (Θ_v). После КП МПС и P_0 ТМГ уменьшились на 26 % и 18 % соответственно, а Рд увеличился на 30 %. ВОС уменьшилось на ~ 5 %. Скорость развития произвольного сокращения ТМГ снизилась, но электрически вызванного сокращения не изменилась. При положении голеностопного сустава -15° L_v МИМ, ЛИМ и КМ уменьшалась с 45, 53 и 39 мм до 27, 43 и 27 мм, а при положении $+30^\circ$ с 26, 33 и 27 до 18, 25 и 17 мм соответственно. При этом Θ_v уменьшился на 9° , 8° , 5° и на 11° , 10° и 8° соответственно. МИМ имела самые большие изменения Θ_v в пределах от 31° до 45° . Изменения в функциях ТМГ предполагают, что невесомость изменяет не только периферические процессы, но также изменяет и координационные механизмы управления мышечным аппаратом. Различные L_v и Θ_v мышц и их изменения могли быть связаны с различиями в способностях генерации силы этих мышц и упругих характеристик сухожилий и апоневрозов.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, угол наклона и длина волокон, трехглавая мышца голени, космический полет, произвольное и электрически вызванное сокращение

Для цитирования: Коряк, Ю. А. Влияние реальной микрогравитации на функцию и архитектуру скелетной мышцы у человека / Ю. А. Коряк //



Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 114-129.

THE EFFECT OF REAL MICROGRAVITY ON FUNCTION AND ARCHITECTURE SKELETAL MUSCLE IN HUMANS

Yuri Andreevich Koryak¹, *Doctor of Biological Sciences, Professor*
¹*Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Abstract. The effect of prolonged spaceflight (CP) on the contractile properties and architecture of the triceps tibia muscle (TMG) was investigated. The maximum arbitrary force (MPS), the maximum force (P_0), the time of a single contraction (VOS), the time of stress development were determined and the power deficit (Pd) was calculated. The internal architecture of the medial (MIM) and lateral (LIM) calf muscles was determined by ultrasound imaging under in vivo conditions with a change in the position of the angle of the ankle joint in the range from -15° (rear flexion) to $+30^\circ$ (plantar flexion) with an angle in the knee joint of 180° . In each position, longitudinal ultrasound images (ultrasound) were obtained with the determination of the length (L_V) and the angle of inclination of the fibers (Θ_V). After the CP, the MPS and P_0 of TMG decreased by 26% and 18%, respectively, and the Pd increased by 30%. VOS decreased by ~ 5%. The rate of development of an arbitrary contraction of TMG decreased, but the electrically induced contraction did not change. At the position of the ankle joint -15° L_V MIM, LIM and KM decreased from 45, 53 and 39 mm to 27, 43 and 27 mm, and at the position $+30^\circ$ from 26, 33 and 27 to 18, 25 and 17 mm, respectively. While Θ_V in decreased 9° , 8° , 5° and 11° , 10° and 8° respectively. MIM had the biggest changes Θ_V in the range from 3° to 45° . Changes in the functions of TMG suggest that weightlessness changes not only peripheral processes, but also changes the coordination mechanisms of control of the muscular apparatus. Different L_V and Θ_V muscles and their changes could be associated with differences in the ability to generate the strength of these muscles and elastic characteristics of tendons and aponeuroses.

Keywords: ultrasound examination, angle of inclination and length of fibers, triceps tibia muscle, space flight, voluntary and electrically induced contraction

For citation: Koryak, Yu. A. The influence of real microgravity on the function and architecture of skeletal muscle in humans / Yu. A. Koryak // Biomechanics



of motor actions and biomechanical control in sports : proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 114-129.

Введение

Нагрузка, в том числе и гравитационная, по-видимому, необходима для сохранения размера (массы) и сократительных свойств мышц у человека [10, 15]. Снижение или полное отсутствие нагрузки, наблюдаемой во время космического полета (КП) или в модельных условиях (постельный режим, «сухая» водная иммерсия, подвешивание нижней конечности), сопровождается быстрым снижением силы и размера скелетных мышц [10]. Следует отметить, что наибольшему воздействию в этом случае подвергается группа антигравитационных мышц - разгибателей колена и особенно стопы [4]. Трехглавая мышца голени (ТМГ), являясь основным синергистом плантарной флексии, играет важную роль не только в регулировании положения тела, но и предопределяет переход из положения стоя до ходьбы или бега [19]. Медиальная (МИМ) и латеральная (ЛИМ) икроножные и камбаловидная (КМ) мышцы, образующие ТМГ, в целом, имеют разную внутреннюю архитектуру (длину мышц, длину и угол наклона волокон) [6, 8]. Наиболее известный феномен разгрузки мышечного аппарата это бóльшая потеря силы мышцы по сравнению с ее размером [4], что прямо указывает на существование других факторов, кроме атрофии, которые вносят вклад в «слабость» мышц. Размер мышцы у человека традиционно оценивается в терминах площади поперечного сечения и для оценки размера мышц используют метод магнитно-резонансной и компьютерной томографии [2, 9, 14, 18, 21]. Однако эти методы крайне дорогостоящие. В связи с этим одним из доступных методов, позволяющих визуализировать структуру мышцы в условиях *in vivo* и определять изменения архитектуры мышц, может быть ультразвуковая эхография [6, 14]. Важным детерминантом функциональных характеристик мышц (отношение *скорость-сила*, *длина-сила* и максимальная изометрическая сила является внутренняя архитектура мышцы. Большинство скелетных мышц у человека являются перистыми [21], т.е. мышечные волокна размещаются под некоторым углом относительно оси действия мышцы. Угол наклона волокон один из важных архитектурных параметров мышцы, который влияет на способность мышцы генерировать силу [12]. Для перистой мышцы увеличенный угол наклона это результат, во-первых, уменьшения длины волокон мышцы, что ставит под угрозу скорость укорочения и диапазон возвратно-поступательного движения, а во-вторых, позволяет большему количеству сократительного материала



быть расположенным в волокне, что увеличивает способность мышцы генерировать силу [14, 18]. Архитектура мышц исследована, главным образом, в экспериментах либо с неупотреблением (*disuse*), либо в модельных условиях разгрузки мышечного аппарата [2, 7], но полностью отсутствуют данные о влиянии реальной микрогравитации. Целью исследования было, во-первых, количественно описать изменение отношений между суставным углом и мышечной архитектурой (длиной и углом наклона волокон) МИМ, ЛИМ и КМ у человека в условиях *in vivo*, и, во-вторых, количественно оценить степень изменения функций ТМГ у человека после КП. Было высказано предположение, что существенные структурные изменения в архитектуре (длине и угла наклона волокон) и сократительных функциях мышц обусловлены снижением нагрузки.

Материалы и методы исследования

Обследуемые

В исследовании приняли участие мужчины-космонавты ($n = 3$), члены основных экипажей продолжительных космических полетов (КП) на Международной космической станции, в возрасте между 43 и 46 лет. Длительность КП составляла 175.0 ± 3 суток. Все участники эксперимента были подробно проинформированы о целях и методах выполняемых исследований, ознакомлены с их процедурами, рисками и после этого подписали информированное согласие.

Ультразвуковое сканирование

Мышечная архитектура *in vivo* была исследована с помощью двухмерного (2-D) УЗИ с использованием В-режима ультразвуковой системы Edge (модель Edge, SonoSite, Inc., USA) линейным датчиком 7.5 МГц и апертурой 60 мм. Мышечная архитектура измерялась в условиях *in vivo* в состоянии покоя на медицинской кровати в положении обследуемого лежа на животе под углом -6° с анатомическим положением голеностопного сустава, 0,5 длины голени «свисали» с края кровати. Стопа правой конечности обследуемого жестко крепилась к специальной платформе устройства, закрепленного на медицинской кровати, позволяющего пассивно изменять угол в голеностопном суставе в диапазоне от -15° до $+30^\circ$. УЗИ МИМ, ЛИМ и КМ были получены на уровнях, соответствующих 30 % (МИМ и ЛИМ) и 50 % (КМ) расстояний между подколенной складкой и центром боковой лодыжки при нейтральном положении голеностопного сустава [14]. Длина (L_v) волокна мышцы (рис. 2) определялась как расстояние между местом прикрепления волокна к поверхностного апоневроза до места вхождения его в глубокие слои апоневроза мышцы [2, 14, 18]. Угол наклона мышечных волокон (Θ_v) определялся как угол, создаваемый линией, проведенной от точки



прикрепления волокна у поверхностного слоя апоневроза к месту вхождения волокна в глубокие слои апоневроза и фасцией, отделяющей мышцы [14]. У каждого обследуемого измерялись параметры трех мышечных пучков. Полученные данные усреднялись и анализировались. УЗИ (Θ_B и L_B) обрабатывались с использованием программного обеспечения для анализа изображений (Image J, 1.47v, National Institute of Health, Maryland, USA). Толщина мышцы (T_M) определялась по формуле: $T_M = L_B \times \sin \Theta_B$.

Силовые свойства

Механические параметры произвольных и электрически вызванных сокращений ТМГ оценивали методом тендометрии [3] с использованием тендометрического динамометра индивидуального выпуска [3]. При выполнении произвольного изометрического сокращения ТМГ космонавта инструктировали, как реагировать на звуковой сигнал «сократить максимально сильно». Космонавту сообщалась величина развиваемой произвольной силы и разрешался зрительный контроль развиваемого усилия по стрелке динамометра. Каждый космонавт выполнял от 3 до 4 попыток с интервалом отдыха не менее 1 мин, и наибольшая величина принималась за показатель максимальной произвольной силы (МПС).

Изометрические одиночные сокращения ТМГ вызывали электрическим раздражением *n. tibialis*, используя прямоугольные импульсы длительностью 1 мс супрамаксимальной силы от универсального нейро-мышечного электростимулятора (ЭСУ-1, СССР) через изолирующую приставку.

Максимальная сила (P_0) сокращения ТМГ определялась по тендограмме вызванного сокращения в ответ на электрическое тетаническое (частота 150 имп/с) раздражение *n. tibialis* [1]. Степень совершенства центрально-нервных координационных механизмов управления произвольным (мышечным) движением определяли по величине силового дефицита (Рд), рассчитываемой по разнице между P_0 и МПС, и выраженной в процентах от величины P_0 [1].

Скоростные свойства

Скоростные свойства ТМГ определяли по тендограмме развития изометрической P_{0c} в ответ на одиночный электрический импульс супрамаксимальной силы, приложенный к *n. tibialis*. Рассчитывали время от момента нанесения электрического стимула до пика P_{0c} (время одиночного сокращения — ВОС).

Скоростно-силовые свойства

При произвольном сокращении ТМГ космонавта тщательно инструктировали, как реагировать на звуковой сигнал «сократить мышцу максимально быстро и сильно». Регистрируемое произвольное сокращение



принимали как «взрывное» баллистическое сокращение и по тендограмме развития «взрывного» сокращения оценивали время нарастания изометрического напряжения, или иначе относительные градиенты, до 25, 50- 75 и 90 % уровней от МПС [1]. Аналогично по тендограмме развития электрически вызванного сокращения при стимуляции *n. tibialis* с частотой 150 имп/с [1] определяли градиент тетанического напряжения мышцы.

Результаты ИССЛЕДОВАНИЯ

Лв, Ов и ТМ до КП

Степень изменения *Лв* в мышцах зависела от положения угла в голеностопном суставе (рис. 1) и была существенной в МИМ и ЛИМ. При увеличении угла в голеностопном суставе с -15° до $+30^\circ$ *Лв* МИМ уменьшалась с $45,2 \pm 1,2$ до $26,1 \pm 2,1$ мм ($p < 0,01$), ЛИМ — с $53,1 \pm 0,5$ до $33,2 \pm 1,3$ мм ($p < 0,01$) и КМ — с $39,2 \pm 1,2$ до $27,2 \pm 2,0$ мм ($p < 0,01$), что соответствует относительным изменениям 42,3 %, 37 % и 30,6 % соответственно. Изменение угла в голеностопном суставе сопровождалось увеличением *Ов* МИМ на 44,9 % (с $31,2 \pm 2,1$ до $45,2 \pm 2,0^\circ$; $p < 0,01$), ЛИМ — на 31,8 % (с $21,4 \pm 2,1^\circ$ до $28,2 \pm 1,6^\circ$; $p < 0,05$) и КМ — на 34,8 % (с $24,7 \pm 1,4^\circ$ до $33,3 \pm 2,2^\circ$; $p < 0,01$) (рис. 1).

При изменении угла в голеностопном суставе с -15° до $+30^\circ$ *ТМ* уменьшалась в МИМ с 14,5 до 11,2 мм, в ЛИМ с 10,5 до 10,4 мм и в КМ с 14,5 до 14,2 мм, что соответствует относительным изменениям на 22,8 %, 0,9 % и 2,1 %, соответственно.

Лв, Ов и ТМ после КП

Степень изменения *Лв* во всех мышцах зависела от угла голеностопного сустава (рис. 1). После КП при изменении угла голеностопного сустава с -15° до $+30^\circ$ *Лв* МИМ уменьшилась с $26,9 \pm 1,7$ до $17,8 \pm 1,9$ мм ($p < 0,01$), ЛИМ — с $42,7 \pm 0,4$ до $25,2 \pm 2,4$ мм ($p < 0,01$) и КМ — с $27,2 \pm 2,3$ до $17,2 \pm 1,8$ мм ($p < 0,01$), что соответствует относительным изменениям на 33,8 %, 41 % и 36,8 %, соответственно. Тогда как *Ов* увеличился в МИМ с $22,4 \pm 1,8^\circ$ до $34,2 \pm 2,7^\circ$ ($p < 0,01$), ЛИМ с $13,4 \pm 1,4^\circ$ до $18,3 \pm 2,3^\circ$ и КМ с $19,5 \pm 1,3^\circ$ до $25,8 \pm 1,7^\circ$ ($p < 0,01$), что соответствует относительным изменениям на 61,6 %, 35,6 % и 32,3 % соответственно (рис. 1).

При изменении положения угла в голеностопном суставе с -15° до $+30^\circ$ *ТМ* уменьшалась в МИМ на 42,9% (с 11,9 до 6,8 мм), ЛИМ на 46,8% (с 7,7 до 4,1 мм) и КМ на 46,2% (с 9,1 до 4,9 мм).

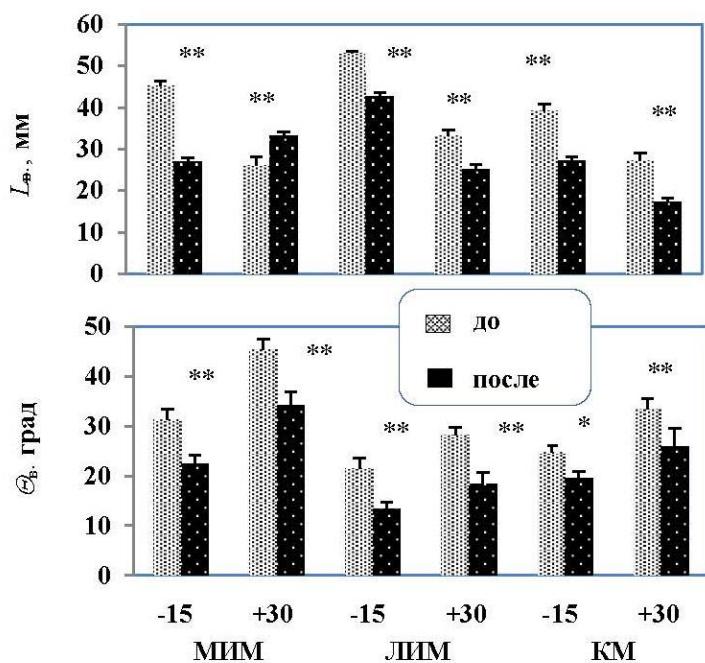


Рисунок 1 – Изменение длины (L_n) и угла (Θ_n) наклона волокон МИМ, ЛИМ и КМ как функция угла в голеностопном суставе под влиянием продолжительного космического полета.

*- $p < 0,05$; **- $p < 0,01$

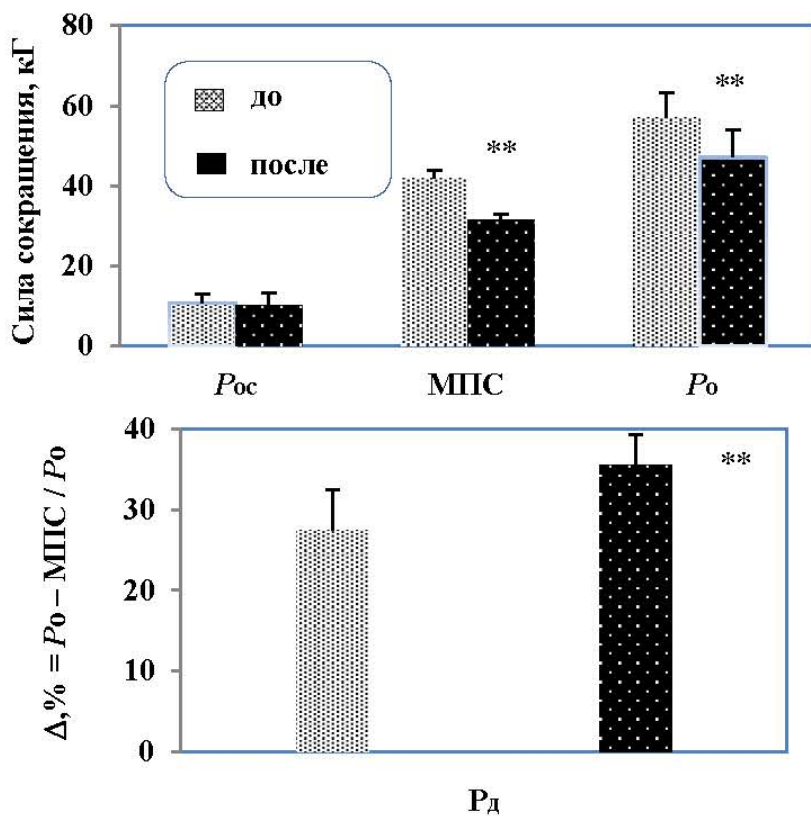


Рисунок 2 – Изменение силы одиночного сокращения (P_{0c}), максимальной произвольной силы (MПC), максимальной электрически вызванной тетанической силы сокращения (P_0 ; частота 150 имп/с) (верхняя панель) и силового дефицита (нижняя панель) ТМГ под влиянием продолжительного космического полета.

* - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$



Силовые свойства.

После КП МПС ТМГ уменьшилась на 25,8% и P_0 на 17,7% ($p < 0.05$). При этом Рос уменьшилась на 7,4% (рис. 2). Величина Рд увеличилась на 35,5% (рис. 2).

Скоростные свойства.

Анализ изменения времени развития Рос после КП обнаружил незначительное уменьшение ВОС (4%).

Скоростно-силовые свойства,

После КП время достижения 25, 50 и 75% МПС увеличилось на 13,9%, 20% и 16,7%, соответственно, тогда как анализ данных электрически вызванных сокращений ТМГ не обнаружил существенных различий в скорости развития изометрического напряжения мышцы.

Обсуждение результатов

В настоящем исследовании мы определяли влияние продолжительного КП на сократительные функции ТМГ и архитектуру (L_v и Θ_v) МИМ, ЛИМ и КМ у человека в условиях *in vivo* и попытались связать изменения между функцией и архитектурой мышцы. Архитектура мышцы вместе с ее внутренними свойствами, такими как состав волокон, затрагивает функциональные характеристики мышцы (например, максимальную силу и скорость укорочения) [7]. Настоящее исследование об изменении внутренней архитектуры мышцы можно рассматривать как уникальное, так как продолжительность разгрузки составила 180 суток, а многие предыдущие сообщения базировались лишь на исследованиях, полученных в модельных условиях [2].

Основным результатом настоящего исследования было снижение величины МПС (-26%) ТМГ после 180-суточного КП. Изменение в функциях мышцы под воздействием внешних условий может быть обусловлено либо изменениями в сократительных процессах, либо в нервной (моторной) команде. Действительно, на показатель МПС влияют такие факторы как связь *сила-длина* волокон мышцы, геометрическое расположение мышцы относительно ее сустава и архитектурные характеристики мышцы. Однако, поскольку большинство мышц у человека перистые, то правильная интерпретация функциональных перестроек вследствие разгрузки мышечного аппарата должна учитывать изменения во внутренней организации мышцы, известной как архитектура мышцы [21]. На изменение в способности генерировать силу мышц больше влияют различия внутренней архитектуры, чем состав волокон [12, 20]. Уменьшение L_v и увеличение Θ_v с увеличением длины мышцы можно



рассматривать как фактор при объяснении «слабости» мышечной ткани [5, 20]. В настоящем исследовании уменьшение длины волокон при пассивном подошвенном сгибании от -15° до $+30^\circ$ предполагает, что волокна мышцы стали прогрессивно «слабыми» с увеличивающимися углами в голеностопном суставе. Интересно, что после КП L_v и Θ_v уменьшились, но в большей степени изменилась L_v .

МИМ характеризуется более короткими L_v и большими Θ_v , что позволяет упаковать больше волокон и, следовательно, имеет больший потенциал в генерации силы. Наоборот, ЛИМ имеет самые большие L_v в сложной ТМГ, соответственно число саркомеров в мышце будет наибольшим, обеспечивая высокий скоростной потенциал [12]. Максимальная скорость сокращения мышцы зависит от композиции (типа) волокон [22]. Однако, поскольку состав волокон МИМ и ЛИМ аналогичен [13], то различия в максимальной скорости укорочения и максимальной силе преимущественно определяются их архитектурными свойствами.

Пребывание в условиях КП привело к заметному уменьшению L_v и Θ_v . Кроме того, «флексорное» положение космонавта в условиях реальной микрогравитации создавало голеностопному суставу немного подошвенно-согнутое положение, что, возможно, внесло вклад в уменьшение L_v .

После КП уменьшение L_v и Θ_v предполагает потерю не только последовательно, но и параллельно расположенных саркомеров, что согласуется с предыдущими результатами в условиях неупотребления мышц [7]. Потеря последовательно расположенных саркомеров подразумевает, что рабочий диапазон каждого саркомера становится слишком большим (больше 3,65 мк) и в результате актиновые и миозиновые нити не могут взаимодействовать [11] и функциональным последствием уменьшения L_v мышцы — это уменьшение количества образований поперечных мостиков и, как следствие этого, уменьшение МПС. Изменение числа последовательно расположенных саркомеров может затронуть и Θ_v , при котором волокна мышцы укорачиваются во время сокращения. Наблюдаемый меньший Θ_v после КП, по-видимому, частично компенсирует потерю силы из-за более эффективной передачи силы к сухожилию, несмотря на снижение жесткости мышечно-сухожильного комплекса (МСК) [15-17]. Уменьшение жесткости МСК после КП может означать, что для генерации продукции любого уровня мышечной силы, деформация сухожилия будет значительно большей после КП. Уменьшенная жесткость МСК приведет к изменению отношения *длина-напряжение* от оптимальной длины в зоне этого отношения, что вызовет уменьшение активного напряжения для этих саркомеров, вследствие этого сила сокращения мышцы будет снижена. Это указывает на то, что



адаптационные изменения, происходящие в мышце и МСК, к условиям разгрузки мышечного аппарата при продолжительной микрогравитации, компенсируют друг друга, чтобы поддержать постоянным функциональный диапазон мышцы.

Данные, полученные в настоящем исследовании, показывают, что архитектура разных головок ТМГ значительно отличается, отражая, возможно, их функциональную роль. Результаты свидетельствуют о том, что мышцы с различными функциональными свойствами могут по-разному отвечать на разгрузку, это должно быть принято во внимание в программах реабилитации после любого вида разгрузки. Эти выводы имеют важное клиническое значение для восстановления опорно-двигательного аппарата после разгрузки на Земле и в условиях микрогравитации. Рекомендуется, чтобы сухожилию, помимо мышц, уделялось большее внимание во время реабилитации, которая предпочтительно должна начинаться в течение первых двух недель после возвращения на Землю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, представленные в настоящем исследовании, во-первых, указывают, на то, что метод УЗИ можно использовать для оценки степени изменения архитектуры мышц в условиях *in vivo* и, во-вторых, дают представление о функционировании мышечных волокон человека в условиях *in vivo*, а также о взаимодействии между ними. Продолжительное пребывание в условиях реальной микрогравитации приводит к изменению внутренней архитектуры мышц (*Lv* и *Эв*) и снижению сократительных функций. Архитектура разных головок ТМГ значительно отличается, отражая, возможно, их функциональные свойства. Изменение *Lv* и *Эв* между мышцами, как в условиях покоя, так и после КП, можно объяснить различиями в способности продуцировать силу мышц и упругих, эластических характеристик сухожилий и апоневрозов.

Результаты данного исследования ясно показывают, что архитектура мышечных волокон в условиях покоя значительно отличается от архитектуры мышц после КП. Таким образом, метод УЗИ мышц является высокоинформативным и доступным методом оценки архитектуры скелетных мышц человека *in vivo* после пребывания в условиях продолжительной реальной микрогравитации и может быть использован в комплексе с другими методами для оценки функционального состояния мышц и для изучения механизмов, ответственных за изменения функций под влиянием различных факторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РАН (грант 63.1).



Список источников

1. Коряк, Ю. А. Нервно-мышечная адаптация к кратковременным и продолжительным космическим полетам человека / Ю. А. Коряк // ИМБП РАН. Российский сегмент. - 2011. - Т. 2. - С. 93-123.

2. Продолжительная электромиостимуляционная тренировка мышц у человека в условиях механической разгрузки двигательного аппарата и ее влияние на архитектуру и функцию трехглавой мышцы голени / Ю. А. Коряк, М. М. Кузьмина, И. В. Бережинский, В. М. Коваленко // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 3. – С. 68-87.

3. Модификация тендометрического метода измерения силы сокращения отдельных мышц у человека / Я. М. Коц, Т. М. Абсалямов, В. П. Зорин, Ю. А. Коряк, С. П. Кузнецова, Л. Д. Син // Физиология человека. – 1976. - № 2. – С. 1045-1048.

4. Inactivity and muscle: effect of resistance training during bed rest on muscle size in the lower limb / H. Akima, K. Kubo, M. Imai, H. Kanehisa, Y. Suzuki, A. Gunji, T. Fukunaga // Acta Physiol. Scand. – 2001. – Vol. 172. – pp. 269–278.

5. Alexander R. McN. Animal Mechanics / R. McNeill Alexander. - Seattle, University of Washington Press, 1968. – 346 p.

6. Computed tomography-based muscle attenuation and electrical impedance myography as indicators of trunk muscle strength independent of muscle size in older adults / D. E. Anderson, J. F. Bean, N. E. Holt, J. C. Keel, M. L. Bouxsein // Am. J. Phys. Med. Rehabil. – 2014. – Vol. 93. – pp. 553-561.

7. Time course of muscular, neural and tendinous adaptations to 23 day unilateral lower-limb suspension in young men / M. D. de Boer, C. N. Maganaris, O. R. Seynnes, M. J. Rennie, M. V. Narici // J. Physiol. – 2007. – Vol. 583. - 1079–1091.

8. Friedrich, J.A. Muscle fiber architecture in the human lower limb / J.A. Friedrich, R.A. Brand // J. Biotech. – 1990. – Vol. 23. – pp. 91-95. 1990.

9. Physiological cross-sectional area of human leg muscles based on magnetic resonance imaging / T. Fukunaga, R. R. Roy, F. G. Shellock, J. A. Hodgson, M. K. Day, P. L. Lee, H. Kwong-Fu, V. R. Edgerton // J. Orthop. Res. - 1992. – Vol.10. – pp. 926-934.

10. Muscle volume, strength, endurance, and exercise loads during 6-month missions in space / R. Gopalakrishnan, K. O. Genc, A. J. Rice, S. M. C. Lee, H. J. Evans, C. C. Maender, H. Ilaslan, P. R. Cavanagh // Aviat. Space Environ. Med. - 2010. – Vol. 81. – pp. 91–102.

11. Gordon, A. M. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres / A. M. Gordon, A. F. Huxley, F. J. Jullian // J. Physiol. - 1966. – Vol. 184. – pp. 170-192.



12. Huijing, P. A. Architecture of the human gastrocnemius muscle and some functional consequences / P. A. Huijing // *Acta Anat.* - 1985. – Vol. 123. – pp. 101-107.

13. Johnson, M. A. Appleton D. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles: an autopsy study / M. A. Johnson, J. Polgar, D. Weightman // *J. Neurol. Sci.* - 1973. – Vol. 18. – pp. 111-129.

14. Kawakami, Y. Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction / Y. Kawakami, Y. Ichinose, T. Fukunaga // *J. Appl. Physiol.* - 1998. – Vol. 85. – pp. 398–404.

15. Koryak, Yu. A. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. I: Effect of 120 days of bed-rest without physical training on human muscle musculo-tendinous stiffness and contractile properties in young women / Yu. A. Koryak // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2014. - Vol. 114. - pp. 1025–1036.

16. Koryak, Yu. A. Influence of long-term space flight on mechanical properties of the human triceps surae muscle: electromechanical delay and musculo-tendinous stiffness / Yu. A. Koryak // *J. Skeletal Muscle.* – 2017. – Vol. 1(1). – pp. 1-10.

17. Koryak, Yu. A. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. II: Effect of 120 days of bed-rest with physical training on human muscle musculo-tendinous stiffness and contractile properties in young women / Yu. A. Koryak // *Central Eur. J. Sport Med.* - 2015. – Vol. 11. – pp. 125-143.

18. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women / K. Kubo, H. Kanehisa, K. Azuma, M. Ishizu, S. Y. Kuno, M. Okada, T. Fukunaga // *Int. J. Sports Med.* - 2003. – Vol. 24. – pp. 125–130. 2003.

19. Loram, I. D. Paradoxical muscle movement in human standing / I. D. Loram, C. N. Maganaris, M. Lakie // *J. Physiol.* - 2004. – Vol. 556. – pp. 683–689.

20. Maganaris, C. N. In vivo measurements of the triceps surae architecture in man: implications for muscle function / C. N. Maganaris, V. Baltzopoulos, A. J. Sargeant // *J. Physiol.* - 1998. – Vol. 512. – pp. 604–613.

21. Muhl, Z. F. Active length-tension relation and the effect of muscle pennation on fiber lengthening / Z. F. Muhl // *J. Morphol.* - 1982. – Vol. 173. – pp. 285-292.

22. Muscle architecture and force-velocity characteristics of cat soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control / S. A. Spector, P. F. Gardiner, R. F. Zernicke, R. R. Roy, V. R. Edgerton // *J. Neurophysiol.* - 1980. – Vol. 44. – pp. 951-960.



References

1. Koryak, Yu. A. Neuromuscular adaptation to short-term and long-term human space flights / Yu. A. Koryak // IMBP RAS. The Russian segment. - 2011. - Vol. 2. - pp. 93-123.
2. Prolonged electromyostimulation muscle training in humans under conditions of mechanical unloading of the motor apparatus and its effect on the architecture and function of the triceps muscle of the lower leg / Yu. A. Koryak, M. M. Kuzmina, I. V. Berezhinsky, V. M. Kovalenko // Fundamental research. - 2010. – No. 3. – pp. 68-87.
3. Modification of the tendometric method of measuring the contraction force of individual muscles in humans / Ya. M. Kots, T. M. Absalyamov, V. P. Zorin, Yu. A. Koryak, S. P. Kuznetsova, L. D. Sin // Human Physiology. – 1976. - No. 2. – pp. 1045-1048.
4. Inactivity and muscle: effect of resistance training during bed rest on muscle size in the lower limb / H. Akima, K. Kubo, M. Imai, H. Kanehisa, Y. Suzuki, A. Gunji, T. Fukunaga // Acta Physiol. Scand. – 2001. – Vol. 172. – pp. 269–278.
5. Alexander R. McN. Animal Mechanics / R. McNeill Alexander. - Seattle, University of Washington Press, 1968. – 346 p.
6. Computed tomography-based muscle attenuation and electrical impedance myography as indicators of trunk muscle strength independent of muscle size in older adults / D. E. Anderson, J. F. Bean, N. E. Holt, J. C. Keel, M. L. Bouxsein // Am. J. Phys. Med. Rehabil. – 2014. – Vol. 93. – pp. 553-561.
7. Time course of muscular, neural and tendinous adaptations to 23 day unilateral lower-limb suspension in young men / M. D. de Boer, C. N. Maganaris, O. R. Seynnes, M. J. Rennie, M. V. Narici // J. Physiol. – 2007. – Vol. 583. - 1079–1091.
8. Friedrich, J.A. Muscle fiber architecture in the human lower limb / J.A. Friedrich, R.A. Brand // J. Biotech. – 1990. – Vol. 23. – pp. 91-95. 1990.
9. Physiological cross-sectional area of human leg muscles based on magnetic resonance imaging / Vol. Fukunaga, R. R. Roy, F. G. Shellock, J. A. Hodgson, M. K. Day, R. L. Lee, N. Kwong-Fu, V. R. Edgerton // J. Orthop. Res. - 1992. – Vol.10. – pp. 926-934.
10. Muscle volume, strength, endurance, and exercise loads during 6-month missions in space / R. Gopalakrishnan, K. O. Genc, A. J. Rice, S. M. C. Lee, H. J. Evans, C. C. Maender, H. Ilaslan, P. R. Cavanagh // Aviat. Space Environ. Med. - 2010. – Vol. 81. – pp. 91–102.
11. Gordon, A. M. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres / A. M. Gordon, A. F. Huxley, F. J. Jullian // J. Physiol. - 1966. – Vol. 184. – pp. 170-192.



12. Huijing, R. A. Architecture of the human gastrocnemius muscle and some functional consequences / R. A. Huijing // *Acta Anat.* - 1985. – Vol. 123. – pp. 101-107.

13. Johnson, M. A. Appleton D. Data on the distribution of fiber types in thirty-six human muscles: an autopsy study / M. A. Johnson, J. Polgar, D. Weightman // *J. Neurol. Sci.* - 1973. – Vol. 18. – pp. 111-129.

14. Kawakami, Y. Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction / Y. Kawakami, Y. Ichinose, T. Fukunaga // *J. Appl. Physiol.* - 1998. – Vol. 85. – pp. 398–404.

15. Koryak, Yu. A. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. I: Effect of 120 days of bed-rest without physical training on human muscle musculo-tendinous stiffness and contractile properties in young women / Yu. A. Koryak // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2014. - Vol. 114. - pp. 1025–1036.

16. Koryak, Yu. A. Influence of long-term space flight on mechanical properties of the human triceps surae muscle: electromechanical delay and musculo-tendinous stiffness / Yu. A. Koryak // *J. Skeletal Muscle.* – 2017. – Vol. 1(1). – pp. 1-10.

17. Koryak, Yu. A. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. II: Effect of 120 days of bed-rest with physical training on human muscle musculo-tendinous stiffness and contractile properties in young women / Yu. A. Koryak // *Central Eur. J. Sport Med.* - 2015. – Vol. 11. – pp. 125-143.

18. Muscle architectural characteristics in young and elderly men and women / K. Kubo, H. Kanehisa, K. Azuma, M. Ishizu, S. Y. Kuno, M. Okada, T. Fukunaga // *Int. J. Sports Med.* - 2003. – Vol. 24. – pp. 125–130. 2003.

19. Loram, I. D. Paradoxical muscle movement in human standing / I. D. Loram, C. N. Maganaris, M. Lakie // *J. Physiol.* - 2004. – Vol. 556. – pp. 683–689.

20. Maganaris, C. N. In vivo measurements of the triceps surae architecture in man: implications for muscle function / C. N. Maganaris, V. Baltzopoulos, A. J. Sargeant // *J. Physiol.* - 1998. – Vol. 512. – pp. 604–613.

21. Muhl, Z. F. Active length-tension relation and the effect of muscle pennation on fiber lengthening / Z. F. Muhl // *J. Morphol.* - 1982. – Vol. 173. – pp. 285-292.

22. Muscle architecture and force-velocity characteristics of cat soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control / S. A. Spector, R. F. Gardiner, R. F. Zernicke, R. R. Roy, V. R. Edgerton // *J. Neurophysiol.* - 1980. – Vol. 44. – pp. 951-960.



УДК 612.816+612.73/74

СПОСОБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА К ПРОИЗВОДСТВУ ВЗРЫВНОЙ СИЛЫ ПОСЛЕ 21-СУТОЧНОГО СТРОГОГО ПОСТЕЛЬНОГО РЕЖИМА

Юрий Андреевич Коряк¹, д-р биол. наук, профессор

Ринат Романович Прочий², научный сотрудник

Наталья Сергеевна Кнутова³, научный сотрудник

^{1,2,3}Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, г. Москва, Россия

Аннотация. Способность производить быстрые усилия требует быстрого рекрутирования двигательных единиц, высокой частоты их разряда и быстрых сильных сокращений. Однако роль разгрузки мышечного аппарата на проявление максимальной скорости развития силы при произвольных усилиях ранее не была предметом изучения. В качестве воздействия, имитирующего разгрузку, использовали 21-суточный постельный режим в антиортостатическом положении. До и после разгрузки регистрировалась с использованием динамометра Biodex максимальная произвольная сила (МПС), сила произвольного «взрывного» сокращения, сила с интервалом 50 мс от начала произвольного «взрывного» изометрического усилия (F_{50} , F_{100} , F_{150} , F_{200} , F_{250} и F_{300}). После разгрузки МПС увеличилась (+4 %) и увеличилась нормализованная dP/dt (+5 %). Произвольные F_{50} и F_{150} существенно увеличились. Время достижения первых 50 % МПС после разгрузки уменьшилось (-5,4 %) по сравнению с исходной величиной. В заключение следует отметить, что, по-видимому, усиленный нервный драйв к мышце-агониста произвольного движения объясняет улучшенное производство «взрывной» произвольной силы, особенно на ранней фазе развития сокращения, и повышение мышечной силы.

Ключевые слова: постельный режим, микрогравитация, произвольное сокращение, зависимость сила-скорость, «взрывная» сила, силовые свойства, физиология человека

Для цитирования: Коряк, Ю. А. Способность человека к производству взрывной силы после 21-суточного строгого постельного режима / Ю. А. Коряк, Р. Р. Прочий, Н. С. Кнутова // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 129-143.



THE ABILITY OF A PERSON TO PRODUCE EXPLOSIVE FORCE AFTER A 21-DAY STRICT BED REST

Yuri A. Koryak¹, *Doctor of Biological Sciences, Professor*

Rinat R. Other², *Research Associate*

Natalia S. Knutova³, *Research Associate*

^{1,2,3}*Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Abstract. The ability to produce rapid efforts requires rapid recruitment of motor units, a high frequency of their discharge and rapid strong contractions. However, the role of unloading the muscular apparatus on the manifestation of the maximum speed of force development with arbitrary efforts has not previously been the subject of study. As an effect simulating unloading, 21-day bed rest in an anti-orthostatic position was used. Before and after unloading, the maximum arbitrary force (MPS), the force of an arbitrary "explosive" contraction, the force with an interval of 50 ms from the beginning of an arbitrary "explosive" isometric force (F50, F100, F150, F200, F250 and F300) was recorded using a Biodex dynamometer. After unloading, the MPC increased (+4%) and the normalized dP/dt increased (+5%). The arbitrary F50 and F150 have increased significantly. The time to reach the first 50% of the MPS after unloading decreased (-5.4%) compared to the initial value. In conclusion, it should be noted that, apparently, the increased nervous drive to the voluntary movement agonist muscle explains the improved production of "explosive" voluntary force, especially at the early phase of contraction development, and the increase in muscle strength.

Keywords: bed rest, microgravity, arbitrary contraction, force-speed dependence, "explosive" force, force properties, human physiology

For citation: Koryak, Yu. A. Human ability to produce explosive force after a 21-day strict bed rest / Yu. A. Koryak, R. R. Other, N. S. Knutova // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 129-143.

Введение

Производство «взрывной» силы считается неотъемлемой частью выполнения двигательных задач, когда время для развития силы ограничено, как, например, при спортивных упражнениях типа прыжков и спринта [24]. Однако не менее важным является проявление «взрывной» силы и в стабилизации мышечно-скелетной системы во время стояния, локомоций или в ответ на механическое воздействие и, таким образом, предотвращая падение и травмы [9]. Одной из форм проявления



значительных мышечных усилий человека в наикратчайшее время это так называемая «взрывная» сила [1]. Этот параметр обычно измеряется при изометрических условиях и количественно определяется как сила (или суставной момент), создаваемая в определенный момент времени с начала сокращения [8, 23], скорость развития силы в течение определенного времени, т.е. градиент кривой *сила-время* [7]. Однако роль сниженной нагрузки мышечного аппарата на проявление максимальной скорости развития силы при произвольных усилиях не были предметом изучения. Первой задачей настоящей работы было определить степень изменения механических ответов мышц-разгибателей стопы во время максимально быстрых «взрывных» произвольных изометрических усилий после пребывания в условиях 21-суточного постельного режима.

Материалы и методы исследования

Участники

В исследовании приняли участие шесть здоровых молодых мужчин-добровольцев возрастом $30,9 \pm 2,5$ лет, ростом $179,1 \pm 2,2$ м и массой $77,6 \pm 3,8$ кг, и не имевших мышечно-скелетных травм нижних конечностей. Участники дали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Постельный режим

В качестве воздействия, имитирующего разгрузку мышечного аппарата, использовали постельный режим в антиорто статическом (-6°) положении (АНОГ) в течение 21 суток, который является общепринятой наземной моделью разгрузки мышечного аппарата, возникающей во время космического полета [17]. Во время АНОГ испытуемым не разрешалось вставать, поднимать туловище не более, чем на 30° сгибания, выполнять быстрые движения и большие усилия мышцами нижних и верхних конечностей. Строгий постельный режим контролировался на протяжении 24 ч непрерывным видеонаблюдением и врачом дежурной бригады. Испытуемые оставались в положении АНОГ, включая прием пищи и выделительные функции. Обслуживающий персонал присутствовал при выполнении личной гигиены, включая прием пищи. Все участники были проинформированы о том, что им разрешено в любое время выйти из исследования.

Измерение изометрического суставного момента

Измерение изометрической силы сокращения мышц-разгибателей стопы было выполнено с использованием изокинетического динамометра «Biodex» (USA). При тестировании суставного момента, развиваемого мышцами-разгибателями стопы, каждого испытуемого инструктировали «прикладывать максимальное усилие» в каждом движении. Испытуемые выполнили три произвольных максимальных изокинетических движений



стой с угловой скоростью голеностопного сустава $0^\circ/\text{с}$ -1. Между каждой попыткой был отдых не менее 2 мин [11]. Во время тестирования испытуемому предоставлялась биологическая обратная связь развиваемого усилия на мониторе компьютера, а также словесное поощрение во время и между каждой попыткой. Наибольшее значение произвольного суставного момента (пик момента) принималось за показатель максимального произвольного сокращения (МПС).

Измерение отношения суставной момент-скорость

Скоростно-силовые свойства мышц-разгибателей стопы оценивали по времени нарастания изометрического произвольного напряжения от начала сокращения до достижения 25, 50 и 75 % от МПС (относительные градиенты). При измерении суставной *момент-скорость* испытуемых инструктированы выполнять каждое движение «*как можно быстрее и сильнее*». Испытуемые выполнили две попытки из четырех повторений максимальных разгибаний стопы с угловой скоростью $0^\circ/\text{с}$ -1 и с интервалом отдыха не менее 30 с между повторениями [11]. Во время тестирования испытуемому предоставлялась биологическая обратная связь развиваемого усилия на мониторе компьютера, а также обеспечивалось словесное поощрение во время и между каждой попыткой. Максимальную скорость (dP/dt) развития изометрического произвольного напряжения мышц-разгибателей стопы определяли путем дифференцирования механических (аналоговых) ответов мышцы.

Дополнительно в кривой *суставной момент-скорость* определяли пик произвольного «*взрывного*» изометрического усилия (F_{max}); импульс силы (Ft), значение силы в шести 50-мс временных стандартных интервалах (F_{50} , F_{100} , F_{150} , F_{200} , F_{250} и F_{300}) относительно начала развиваемого усилия; время достижения пика изометрического усилия (t_{max}) и время достижения 50 % от максимума ($t_{50\%}$). Оценивалась также общая способность к проявлению «*взрывного*» усилия ($F_{\text{max}}/t_{\text{max}}$) и градиент стартовой силы в изометрических условиях ($50\%F_{\text{max}}/t_{50\%}$).

Результаты исследования

Изменение изометрической мышечной силы

Величина максимального суставного момента (МПС) после 21-суточной АНОГ увеличилась в среднем со $159,7 \pm 19,9$ Н до $166,3 \pm 8,9$ Н, что соответствует относительному изменению 4,1 % (табл. 1). МПС при быстрых «*взрывных*» сокращениях в изометрических усилиях оставалась без изменений (табл. 1).

Изменение скоростно-силовых свойств

Анализ результатов изменений функций *сила-скорость* показал, что максимальные суставные моменты, развиваемые мышцами-разгибателями стопы после АНОГ при произвольных изометрических «*взрывных*»



сокращениях, оцениваемые по «относительным» показателям, были ниже фоновых (табл. 1). Время развития произвольного «взрывного» изометрического напряжения мышц-разгибателей стопы (или градиент) снижается с самого начала развития сокращения, что видно по времени достижения относительного уровня напряжения (рис. 1). В то же время величина максимальной нормализованной (% от МПС) dP/dt произвольного изометрического напряжения мышц-разгибателей стопы после АНОГ увеличилась на 4,5 % ($p < 0.05$) (рис. 1).

В таблице 1 представлены результаты динамических и временных показателей скоростно-силовых свойств. В большинстве случаев показатели изометрической произвольной F после разгрузки оказались значительно сниженными. Значения F , t и отношение F/t зависят друг от друга. Соответствующая связь приведена в таблице 1. После разгрузки показатели F слабо коррелируют со значениями t , иначе говоря, «слабым» мышцам требуется больше времени, чтобы достичь заданных величин.

Градиент произвольного «взрывного» изометрического усилия (отношение F_{max}/t_{max}) существенно зависит от F . После разгрузки общая способность к «взрывному» проявлению произвольной силы, которая в решающей мере определяет результат движения, оказывается сниженной с 390 ± 5 Н/мс до 360 ± 4 Н/м, что соответствует относительному изменению 7,7 %. Отмечается снижение градиента стартовой силы (отношение $0,5 \% F_{max}/t_{50}$) в изометрических условиях сокращения мышцы. Однако если градиент стартовой силы определяется степенью волевых усилий, то общая способность к «взрывному» проявлению произвольной силы определяется степенью использования силового потенциала мышц.

Сравнивая механические параметры мышечных сокращений в обеих ситуациях эксперимента, мы тем самым определяли, в какой мере условия эксперимента повлияют на результат градиента силы. На рисунке 2 показано влияние градиента силы на кинетику развития механических параметров произвольных «взрывных» изометрических усилий, проявляемых испытуемыми до и после разгрузки мышечного аппарата. Видно, что импульс силы, т.е. площадь под кривой нарастания силы, после разгрузки имеет тенденцию к увеличению. До разгрузки испытуемые характеризовались большой силой и относительно низким градиентом, и, наоборот, после разгрузки отмечается увеличение градиента силы и небольшой максимальной силой. Это указывает, что разгрузка существенно снижает степень использование силовых возможностей мышечного аппарата в кратковременных движениях. Однако если время для выполнения заданного движения окажется крайне малым, то преимущество в успешном выполнении движения будет у тех, кто отличается бóльшим градиентом силы.



Таким образом, когда влияние гравитации устранено, показатели F и градиент произвольного «взрывного» изометрического усилия (отношение F_{\max}/t_{\max}) оказывают влияние на результат движения лишь на начальных участках траектории кривой *сила-время*. Так, время достижения первых 50 % МПС после разгрузки уменьшилось на 5,4 % по сравнению с исходной величиной.

Обсуждение результатов

В настоящем исследовании изучалось влияние разгрузки мышц на «взрывную» производительность и сократительные функции мышц-разгибателей стопы. Основные результаты показывают, что 21-суточная разгрузка привела к изменению сократительных свойств мышц-разгибателей стопы. Вопреки нашим ожиданиям, МПС мышц-разгибателей стопы после постельного режима не только не уменьшилась, но даже увеличилась, хотя хорошо известно, что длительная механическая разгрузка мышц приводит к значительной дезадаптации опорно-двигательного аппарата [20]. В настоящем исследовании изменения в максимальной активации мышц-разгибателей стопы кажутся в разногласии с вышеупомянутыми парадигмами неупотребления. В ранее выполненных исследованиях с использованием аналогичной модели разгрузки, но значительно большей продолжительности, было обнаружено снижение МПС [2, 18, 19].

Таблица 1 – Характеристика динамических и временных показателей «взрывной» силы после разгрузки мышечного аппарата

Показатели	Эксперимент			
	До		После	
	М	$\pm m$	М	$\pm m$
МПС, Н	159,7	19,9	166,3	8,9
F_{\max} , Н	160,3	12,6	159,3	7,9
50 % F_{\max} , Н	80,2	6,3	75,7	3,9
F_{50} мс, Н	38,9	9,8	42,9	10,1
F_{100} мс, Н	77,2	10,0	79,3	10,1
F_{150} мс, Н	106,0	11,7	102,2	8,5
F_{200} мс, Н	124,6	13,2	116,8	8,0
F_{300} мс, Н	149,6	12,9	137,8	8,6
t_{\max} , мс	438,0	48,3	448,0	51,2
$t_{50\%}$, мс	219,0	24,2	224,0	25,6
$\frac{F_{\max}}{t_{\max}}$, Н/мс	390,0	5,0	360,0	4,0
$\frac{0,5F_{\max}}{t_{50}}$, Н/мс	200,0	3,0	180,0	2,0

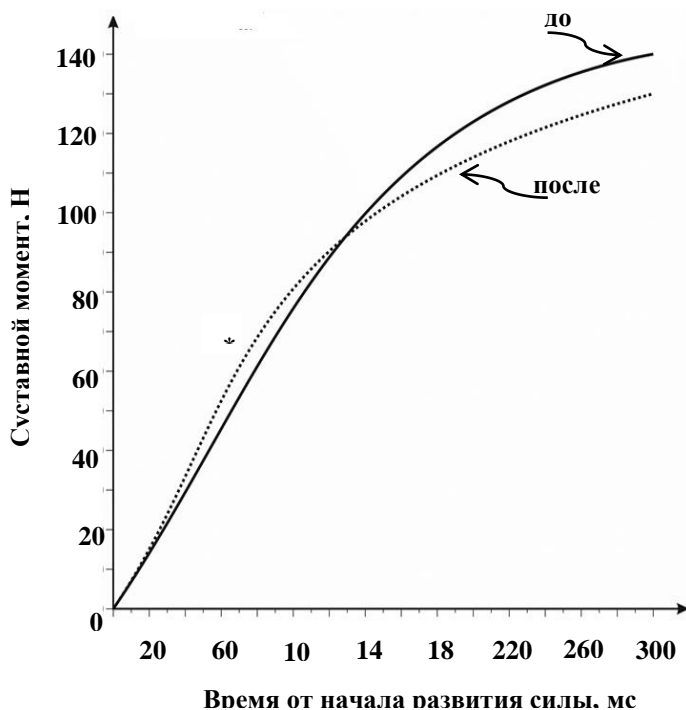


Рисунок 2 – Кинетика изменения силы мышц-разгибателей стопы во время изометрического произвольного «взрывного» усилия от начала сокращения через 0-50, 0-100, 0-150, 0-200, 0-250 и 0-300 мс до и после разгрузки. Данные представляют собой средние значения \pm ошибка средней ($n = 6$). Эффект разгрузки обозначается * $p < 0,05$.

условиях 21-суточного постельного режима приводила к увеличению максимального суставного момента. Хотя в литературе часто сообщается, что во время максимального подошвенного усилия отмечается коактивация мышц-антагонистов подошвенного сгибания, что должно существенно оказывать влияние на регистрируемый произвольный суставной момент [21]. Действительно, как ранее было показано при произвольном сокращении в случае активации большего количества мышц, как в настоящем исследовании при использовании изокINETической динамометрии, повышается активация мышц-антагонистов [4] и снижается эфферентный вклад в активацию мышц [4-6], что снижает степень



использования как силовых, так и скоростно-силовых возможностей мышечного аппарата [4-6]. Тем не менее, в настоящем исследовании мы отмечаем повышение МПС. Похоже, что увеличение МПС в нашем исследовании могло быть в значительной степени связано с усиленной активацией мышц-агонистов движения. Последнее, по-видимому, может быть достигнуто за счет увеличения возбуждающего афферентного входа в пул мотонейронов мышц-агонистов произвольного движения, что приведет к увеличению начальной частоты импульсации и более высокой скорости рекрутирования двигательных единиц – ДЕ [12]. Ранее выполненные исследования показали, что, несмотря на снижение активации мышцы при разгрузке, отмечается увеличение рефлекторной возбудимости [22]. Увеличение возбудимости спинальных мотонейронов при неупотреблении ряд авторов приписывают это снижению пресинаптического торможения афферентов I-а [23]. Снижение пресинаптического торможения спинальных мотонейронов могут предопределять в целом увеличение скорости развития силы [8]. Увеличение возбудимости спинальных мотонейронов возможно связано со снижением порогов рекрутирования ДЕ и увеличением потока эфферентных нервных импульсов к активным мышечным волокнам [26]. Более того, снижение нагрузки сопровождается изменением порядка рекрутирования ДЕ во время изометрических сокращений, облегчая, таким образом, рекрутирование большим ДЕ, которые демонстрируют самую высокую скорость развития силы [12].

Градиент силы, оцениваемый по «относительным» показателям, согласно нашим данным, мало изменяется в результате 21-суточного постельного режима с тенденцией к замедлению. Однако исходя из посылки, что в настоящем исследовании разгрузка сопровождается увеличением мышечной силы, то «относительным» показателям (% МПС) соответствуют большие по величине уровни изометрического произвольного напряжения и, следовательно, время достижения этого уровня напряжения должно увеличиться, особенно при достижении пика усилия.

Вместе с тем отмечается увеличение скорости нарастания мышечной силы при выполнении изометрических произвольных «взрывных» сокращений в начальной фазе сокращений (< 100 мс). Это первое исследование, показывающее различия в скорости развития произвольной силы в течение первых 50 мс начала развития усилия. Нам не известны какие-либо предыдущие исследования, в которых бы сравнивали влияние разгрузки мышечного аппарата на скорость развития силы в первые 50 мс начала усилия. Полученные результаты показывают, что 21-суточный постельный режим вызывает повышение МПС и различную степень



адаптации сократительных свойств на ранних и поздних фазах быстрых произвольных «взрывных» мышечных сокращений.

Увеличение произвольного градиента $F50$, по-видимому, в первую очередь связано с усилением нервной активности мышц-агонистов движения, в то время как увеличение произвольного $F100$ и $F150$, вероятно, связано с пропорциональным увеличением МПС. Более того, увеличение произвольного $F50$ может указывать на улучшенную способность использовать возможности мышечно-сухожильного комплекса для производства взрывной силы. Увеличение ранней производительности градиента силы может быть связано с нервной активностью (частотой импульсации и рекрутированием ДЕ) и сократительными свойствами ДЕ (силой сокращения) [14]. Это означает, что характеристики этих параметров ограничивают возможности мышц. Одним из этих ограничений является способность генерировать максимальную скорость развития силы, обычно характеризуемую как «взрывная» сила. Для достижения максимальной скорости развития силы необходима высокая частота импульсации моторных нейронов и быстрое рекрутирование ДЕ. Отмечалась положительная связь между повышением возбудимости спинальных мотонейронов и скоростью развития силы мышцы, измеренной во время произвольных усилий при подошвенных сгибаниях [16]. Действительно, как было показано ранее, максимальная скорость развития силы сокращения регистрируется только при применении очень высокой частоты электрической стимуляции мышц [3, 13]. Различное поведение мотонейронов после разгрузки в зависимости от времени во время сокращения может быть связано с разным влиянием разгрузки на афферентные и супраспинальные входы. Например, во время быстрых изометрических сокращений мотонейроны начинают разряжаться с высокой частотой, что и предопределяет высокую скорость развития усилия [5]. Увеличение градиента силы может быть обусловлено в основном увеличением силы супраспинального входа, которая может измениться после разгрузки. Таким образом, полученные результаты настоящей работы позволяют предположить, что разгрузка мышечного аппарата в виде 21-суточного постельного режима облегчает рекрутирование ДЕ.

Более того, считается, что на производство произвольной «взрывной» силы влияют не только нервные и механические факторы, но и архитектурные параметры, такие как длина и угол наклона мышечных волокон, а также жесткость мышечно-сухожильного комплекса [10]. Однако в настоящем исследовании потенциально возможные взаимосвязи между «взрывной» силой и переменными архитектуры мышцы не исследованы, и этот вопрос требует дальнейших исследований.



В заключение мы представили поведение мышечного аппарата у человека во время быстрых произвольных «взрывных» сокращений после 21-суточного относительно жесткого постельного режима. Насколько нам известно, наши результаты впервые демонстрируют, что 21-суточный постельный режим не всегда может вызывать снижение в генерации мышечной силы, скорости ее развития, как мы предполагаем, из-за специфической адаптации системы управления, необходимой для влияния на сократительные функции. Экспериментальные данные показали, что нервная адаптация, необходимая для увеличения максимальной выработки силы (показатель F), отличается от той, которая влияет на градиент произвольного «взрывного» изометрического усилия (отношение F_{\max}/t_{\max}), особенно на очень раннем начальном участке траектории кривой *сила-время*. Таким образом, когда влияние гравитации устранено, показатели изометрической F и отношение F_{\max}/t_{\max} (градиент произвольного «взрывного» изометрического усилия) оказывают влияние на результат движения лишь на начальных участках траектории кривой *сила-время*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 19-15-00435П).

© Коряк Ю. А., Прочий Р. Р., Кнутова Н. С., 2022

Список источников

1. Зацюрский, В. М. Физические качества спортсмена : основы теории и методики воспитания / В. М. Зацюрский. - [3-е изд.]. - Москва : Советский спорт, 2009 (Вологда : Полиграфист). - 199 с. : ил.; 22 см.

2. Коряк, Ю. А. Нервно-мышечная адаптация к кратковременным и продолжительным космическим полетам человека / Ю. А. Коряк // ИМБП РАН. Российский сегмент. - 2011. - Т. 2. - С. 93-123.

3. Коц, Я. М. Длительность «активного состояния» и скорость развития тетанического изометрического напряжения мышц-антагонистов голени / Я. М. Коц, Ю. А. Коряк // Теория и практика физической культуры. - 1981. - № 2. - С. 16-21

4. Мартянов, В. А. Степень использования скоростно-силовых возможностей нервно-мышечного аппарата при произвольных усилиях / В. А. Мартянов // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. - 1974. - Т. 60. - С. 1416-1422.

5. Мартянов В.А., Степень использования возможностей мышечного аппарата при максимальном произвольном усилии / В. А.



Мартьянов, Ю. А. Копылов, М. И. Гнутов // Физиологический журнал СССР им. И. М. Сеченова. – 1972. - Т. 58. - С. 1390-1396.

6. Мартьянов, В. А. Повышение произвольной силы под действием дополнительно вызванных афферентных влияний / В. А. Мартьянов, Ю. А. Коряк // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. 1973, т. 59. С. 1756-1760.

7. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training / P. Aagaard, E. B. Simonsen, J. L. Andersen, P. Magnusson, P. Dyhre-Poulsen // J Appl Physiol. – 2002. - Vol. 93. - pp. 1318–1326.

8. Effect of contrasting physical exercise interventions on rapid force capacity of chronically painful muscles / L. L. Andersen, J. L. Andersen, C. Suetta, M. Kjaer, K. Søgaard, G. Sjøgaard // J Appl Physiol. – 2009. - Vol. 107. - pp. 1413–1419.

9. Behan, F. P. Explosive voluntary torque is related to whole-body response to unexpected perturbations / F. P. Behan, M. T. G Pain, J. P. Folland // J. Biomech. – 2018. – Vol. 81. – pp. 86–92.

10. Changes in muscle force–length properties affect the early rise of force in vivo / A. J. Blazevich, D. Cannavan, S. Horne, D. R. Coleman, P. Aagaard // Muscle Nerve. - 2009. – V. 39. – pp. 512–520.

11. Brown, L. E. ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power / L. E. Brown, J. Weir // J. Exerc. Physiol. Online. – 2001. – Vol. 4. – pp. 1–21.

12. The relative strength of common synaptic input to motor neurons is not a determinant of the maximal rate of force development in humans / A. D. Vecchio, D. Falla, F. Felici, D. Farina // J Appl Physiol. – 2019. - Vol. 127. - pp. 205–214.

13. Deutekom, M. No acute effects of short-term creatine supplementation on muscle properties and sprint performance / M. Deutekom, J. G. Beltman, C. J. de Ruiter, J. J. de Koning, A. de Haan // Eur. J Appl. Physiol. - 2000. – Vol. 82. – pp. 223–229.

14. Dideriksen, J. L. Neural and muscular determinants of maximal rate of force development / J. L. Dideriksen, A. D. Vecchio, D. Farina // J. Neurophysiol. – 2020. – Vol. 123. – pp. 149–157.

15. Duchateau, J. Human motor unit recordings: origins and insight into the integrated motor system / J. Duchateau, R. M. Enoka // Brain Res. – 2011. – Vol. 1421. – pp. 42–61.



16. The effect of rate of force development on maximal force production: acute and training-related aspects / A. Holtermann, K. Roeleveld, B. Vereijken, G. Ettema // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2007. – Vol. 99. – pp. 605–613.

17. Antiorthostatic hypokinesia as a method of weightlessness simulation / L. I. Kakurin, V. I. Lobachik, V. M. Mikhailov, Y. A. Senkevich // *Aviat.Space Environ. Med.* – 1976. – Vol. 47. – pp. 1083–1086.

18. Koryak, Yu. A. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. I: Effect of 120 days of bed-rest without physical training on human muscle musculo-tendinous stiffness and contractile properties in young women / Yu. A. Koryak // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2014. - Vol. 114. - pp. 1025–1036.

19. Koryak, Yu. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. II. Effect of 120-days of bed rest with physical training on human muscle contractile properties and musculo-tendinous stiffness in young women / Yu. A. Koryak // *Central Eur. J. of Sport Sci. and Med.* – 2015. – Vol. 11. - pp. 125–143.

20. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus / S. L. Rhodri, D. F. Avery, M. H. Stone [et al.] // *Br. J. Sports Med.* – 2014. – Vol. 48(7). – pp. 498-505.

21. Load-displacement properties of the human triceps surae aponeurosis and tendon in runners and non-runners / S. Rosager, P. Aagaard, P. Dyhre-Poulsen, K. Neergaard, M. Kjaer, S. P. Magnusson // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* – 2002. - Vol. 12. – pp. 90–98.

22. Early structural adaptations to unloading in the human calf muscles / O. R. Seynnes, C. N. Maganaris, M. D. de Boer, P. E. di Prampero, M. V. Narici // *Acta Physiol.* – 2008. – Vol. 193. – pp. 265–274.

23. Characteristic changes of motor unit activity in hip joint flexor muscles during voluntary isometric contraction during water immersion / Y. Sugajima, G. Mitarai, M. Koeda, T. Moritani // *J Electromyogr Kinesiol.* – 1995. – Vol. 6(2). – pp. 83-95.

24. Neuromuscular Performance of Explosive Power Athletes versus Untrained Individuals / N. A. Tillin, P. Jimenez-Reyes, M. T. G. Pain, J. P. Folland // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2010. – Vol. 42(4). – pp. 781–790.

25. Tillin N.A., Pain M.T.G., Folland J.P. Explosive force production during isometric squats correlates with athletic performance in rugby union players / N. A. Tillin, M. T. G. Pain, J. Folland // *J. Sports Sci.* – 2013. – Vol. 31. – pp. 66–76.



26. Changes in H reflex and V wave following short-term endurance and strength training / C. Vila-Chã, D. Falla, M. V. Correia, D. Farina // *J. Appl. Physiol.* – 2012. – Vol. 112. – pp. 54–63.

References

1. Zatsiorsky, V. M. Physical qualities of an athlete: fundamentals of theory and methods of education / V. M. Zatsiorsky. - [3rd ed.]. - Moscow : Soviet Sport, 2009 (Vologda : Polygraphist). - 199 p. : ill.; 22 cm.

2. Koryak, Yu. A. Neuromuscular adaptation to short-term and long-term human space flights / Yu. A. Koryak // *IMBP RAS. The Russian segment.* - 2011. - Vol. 2. - pp. 93-123.

3. Kots, Ya. M. Duration of the "active state" and the rate of development of tetanic isometric tension of the shin antagonist muscles / Ya. M. Kots, Yu. A. Koryak // *Theory and practice of physical culture.* - 1981. - No. 2. - pp. 16-21

4. Martianov, V. A. The degree of using the speed-power capabilities of the neuromuscular apparatus with arbitrary efforts / V. A. Martianov // *Physiological Journal of the USSR named after I. M. Sechenov.* - 1974. - Vol. 60. - pp. 1416-1422.

5. Martianov V.A., The degree of using the capabilities of the muscular apparatus with maximum voluntary effort / V. A. Martianov, Yu. A. Kopylov, M. I. Gnutov // *Physiological Journal of the USSR named after I. M. Sechenov.* – 1972. - Vol. 58. - pp. 1390-1396.

6. Martianov, V. A. Increase of arbitrary force under the action of additionally induced afferent influences / V. A. Martianov, Yu. A. Koryak // *Physiological Journal of the USSR named after I.M. Sechenov.* 1973, vol. 59. pp. 1756-1760.

7. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training / P. Aagaard, E. B. Simonsen, J. L. Andersen, P. Magnusson, P. Dyhre-Poulsen // *J Appl Physiol.* – 2002. - Vol. 93. - pp. 1318-1326.

8. Effect of contrasting physical exercise interventions on rapid force capacity of chronically painful muscles / L. L. Andersen, J. L. Andersen, C. Suetta, M. Kjaer, K. Søgaard, G. Sjøgaard // *J Appl Physiol.* – 2009. - Vol. 107. - pp. 1413-1419.

9. Behan, F. P. Explosive voluntary torque is related to whole-body response to unexpected perturbations / F. P. Behan, M. T. G Pain, J. P. Folland // *J. Biomech.* – 2018. - Vol. 81. - pp. 86-92.

10. Changes in muscle force–length properties affect the early rise of force in vivo / A. J. Blazevich, D. Cannavan, S. Horne, D. R. Coleman, P. Aagaard // *Muscle Nerve.* - 2009. - V. 39. - pp. 512-520.



11. Brown, L. E. ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power / L. E. Brown, J. Weir // *J. Exerc. Physiol. Online.* – 2001. - Vol. 4. - pp. 1-21.
12. The relative strength of common synaptic input to motor neurons is not a determinant of the maximal rate of force development in humans / A.D. Vecchio, D. Falla, F. Felici, D. Farina // *J Appl Physiol.* – 2019. - Vol. 127. - pp. 205-214.
13. Deutekom, M. no acute effects of short-term creatine supplementation on muscle properties and sprint performance / M. Deutekom, J. G. Beltman, C. J. de Ruiter, J. J. de Koning, A. de Haan // *Eur. J Appl. Physiol.* - 2000. - Vol. 82. - pp. 223-229.
14. Dideriksen, J. L. Neural and muscular determinants of maximal rate of force development / J. L. Dideriksen, A.D. Vecchio, D. Farina // *J. Neurophysiol.* – 2020. - Vol. 123. - pp. 149-157.
15. Duchateau, J. Human motor unit recordings: origins and insight into the integrated motor system / J. Duchateau, R. M. Enoka // *Brain Res.* – 2011. - Vol. 1421. - pp. 42-61.
16. The effect of rate of force development on maximal force production: acute and training-related aspects / A. Holtermann, K. Roeleveld, B. Vereijken, G. Ettema // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2007. - Vol. 99. - pp. 605-613.
17. Antiorthostatic hypokinesia as a method of weightlessness simulation / L. I. Kakurin, V. I. Lobachik, V. M. Mikhailov, Y. A. Senkevich // *Aviat.Space Environ. Med.* – 1976. - Vol. 47. - pp. 1083-1086.
18. Koryak, Yu. A. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps muscle in vivo. I: Effect of 120 days of bed rest without physical training on human muscle muscle tendinous stiffness and contractile properties in young women / Yu. A. Koryak // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2014. - Vol. 114. - pp. 1025-1036.
19. Koryak, Yu. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps muscle in vivo. II. Effect of 120-days of bed rest with physical training on human muscle contractile properties and musculo-tendinous stiffness in young women / Yu. A. Koryak // *Central Eur. J. Of Sport Sci. and Med.* – 2015. - Vol. 11. - pp. 125-143.
20. Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus / S. L. Rhodri, D. F. Avery, M. H. Stone [et al.] // *Us. J. Sports Med.* – 2014. - Vol. 48(7). - pp. 498-505.
21. Load-displacement properties of the human triceps surae aponeurosis and tendon in runners and non-runners / S. Rosager, P. Aagaard, P. Dyhre-Poulsen, K. Neergaard, M. Kjaer, S. P. Magnusson // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* – 2002. - Vol. 12. - pp. 90-98.



22. Early structural adaptations to unloading in the human calf muscles / O. R. Seynnes, C. N. Maganaris, M. D. de Boer, P. E. di Prampero, M. V. Narici // *Acta Physiol.* – 2008. - Vol. 193. - pp. 265-274.

23. Characteristic changes of motor unit activity in hip joint flexor muscles during voluntary isometric contraction during water immersion / Y. Sugajima, G. Mitarai, M. Koeda, T. Moritani // *J Electromyogr Kinesiol.* – 1995. - Vol. 6(2). - pp. 83-95.

24. Neuromuscular Performance of Explosive Power Athletes versus Untrained Individuals / N. A. Tillin, P. Jimenez-Reyes, M. T. G. Pain, J. P. Folland // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2010. - Vol. 42(4). - pp. 781-790.

25. Tillin N. A., Pain M. T. G., Folland J. P. Explosive force production during isometric squats correlates with athletic performance in rugby union players / N. A. Tillin, M. T. G. Pain, J. Folland // *J. Sports Sci.* – 2013. - Vol. 31. - pp. 66-76.

26. Changes in H reflex and V wave following short-term endurance and strength training / C. Vila-Chã, D. Falla, M. V. Correia, D. Farina // *J. Appl. Physiol.* – 2012. - Vol. 112. - pp. 54-63.



УДК 796.012:612.766

БИОМЕХАНИКА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ПОЗВОНОЧНИКА ПРИ ПАТОЛОГИЯХ

Ольга Владимировна Лапыгина¹, *старший преподаватель*

¹*Сибирский Государственный Университет науки и технологий имени М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия.*

Аннотация. Раскрывается сущность позвоночника человека как сложной биомеханической системы. Исследуется роль биомеханических методик при патологических процессах позвоночника. Отражается обзор на различные патологии позвоночника человека и на то, как они влияют на работу человеческого позвоночника, на его подвижность.

Ключевые слова: позвоночник, биомеханика, патология, подвижность позвоночника

Для цитирования: Лапыгина, О. В. Биомеханика человеческого позвоночника при патологиях / О. В. Лапыгина // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фуряев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 144-148.

BIOMECHANICS OF THE HUMAN SPINE IN PATHOLOGIES

Olga V. Lapygina¹, *Senior lecturer*

¹*Siberian State University of Science and Technology named after Academician M. F. Reshetnev*

Abstract. The essence of the human spine as a complex biomechanical system is revealed. The role of biomechanical techniques in the pathological processes of the spine is investigated. The review reflects on various pathologies of the human spine and how they affect the work of the human spine, its mobility.

Keywords: spine, biomechanics, pathology, spinal mobility

For citation: Lapygina, O. V. Biomechanics of the human spine in pathologies / O. V. Lapygina // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow



State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 144-148.

Прежде всего следует понять, что же такое биомеханика. Биомеханика – это один из разделов естественных наук, который изучает движения живых существ на основании их механических свойств, (то есть характеристик поведения тел под воздействием механических напряжений). Позвоночник – это важнейшая часть осевого человеческого скелета [1].

Позвоночник является достаточно сложной биомеханической системой, каждый человек нуждается хотя бы в базовом понимании данной темы, чтобы избежать патологических заболеваний, в том числе и при занятиях спортом или некотором комплексе упражнений для оздоровления, а также чтобы понимать свой организм лучше – такова актуальность темы. Цель отражается в кратком обзоре биомеханики позвоночника при патологиях.

Любой человеческий позвоночник представляет собой очень сложную трёхмерную конструкцию, анатомические особенности которой как раз и обеспечивают движения. Существует множество деформаций позвоночника человека, многие из которых являются, как правило, врождёнными, например, одноплоскостные сагиттальные и фронтальные деформации, так называемые чистые кифозы, лордозы и сколиозы встречаются. Такие патологические заболевания связаны с аномалиями позвонков, но, согласно биомеханике, они являются более простыми, что позволяет их анализировать и теоретическими, и математическими методами.

На основании уже имеющихся современных исследований по биомеханике человеческого позвоночника выражают 5 пять следующих направлений:

- 1) изучение, анализ прочности анатомических структур, которые формируют переднюю и заднюю колонны человеческого позвоночника;
- 2) изучение кинематических свойств изолированных ПДС – позвоночно-двигательных сегментов, а также самих отделов позвоночника;
- 3) изучение биомеханики изменений позвоночника человека;
- 4) изучение процессов перестройки костных трансплантатов непосредственно в условиях соответствующей деформации;
- 5) изучение и (или) анализ биомеханики имплантатов и позвоночника при его инструментальной фиксации [2].

С. С. Павленко полагает, что основными факторами развития риска поясничных заболеваний, более являются физические нагрузки (примерно 88%), в результате которых и нарушается биомеханика человеческого позвоночника. По данным В. А. Епифанова, позвоночник подобен некой кинематической цепи, которая состоит из отдельных звеньев.



Подвижность позвоночника обеспечивается за счёт межпозвонковых дисков, занимающих колоссальное место в биомеханике. Межпозвонковый диск – это типичная гидростатическая система. Любое давление, которое тем или иным образом действует на ядро, трансформируется во все стороны равномерно, потому что жидкости почти несжимаемы.

Ведущая особенность позвоночного столба заключается в наличии 4 физиологических изгибов:

- 1) шейный лордоз,
- 2) грудной кифоз,
- 3) поясничный лордоз,
- 4) крестцово-копчиковый кифоз [3].

Абсолютно любая патология, патологический процесс, который ослабляет функцию диска, тем самым нарушая биомеханику позвоночника человека, приводит к сглаженности физиологических изгибов или же к их увеличению. При сглаженности физиологических изгибов позвоночника развивается сгибательный тип функциональных нарушений, который характеризуется вынужденным положением больного, а именно – в положении сгибания, а при увеличении физиологических изгибов – происходит развитие разгибательного типа функциональных нарушений, который характеризуется выпрямленной походкой больного и ограничением разгибания в поясничном отделе и шейном.

Объём движений позвоночника напрямую зависит от пространственного расположения плоскостей суставов, которые образованы отростками дужек позвонков, а также зависит и от высоты межпозвонковых дисков [6]. Существует 3 основные плоскости тела:

- 1) сагиттальная,
- 2) горизонтальная,
- 3) фронтальная.

По вышеуказанным плоскостям проводят исследование нарушений биомеханики позвоночника. В целях данного исследования больные были всесторонне обследованы при помощи современных клинко-инструментальных методов [4]. При проведении такого исследования с целью изменения патологического стереотипа при поясничном остеохондрозе были разработаны следующие методики:

- 1) электростимуляции от аппарата «Миотон–604»,
- 2) «Способ лечения болевого синдрома при распространенном остеохондрозе позвоночника»,
- 3) подводное вытяжение по методике вертикального вытяжения позвоночника с применением специального устройства,
- 4) вакуумный массаж паравerteбральных мышц с помощью устройства для вакуум-массажа.



Данные методики значительно сократили комплекс лечения и восстановления позвоночного аппарата, что подтверждает, что комплексы специальных упражнений и различные аппараты способны восстановить позвоночник человека и излечить патологию. Даже после однократного сеанса вытяжения по данным методикам возрастает объём движений в различных отделах позвоночного столба, что приводит к большей активности позвоночной системы человека. Любая патология позвоночника сковывает движения и негативно отражается на всём организме.

Таким образом, с помощью различных видов современных биомеханических методик исследования можно обособить конкретный тип патологического заболевания и подобрать необходимое лечение и соответствующую больному диагностику. Зачастую причина функциональных нарушений есть изменения позвоночного столба, дисбаланс, который возникает из-за развития мышечной асимметрии и нестабильностью ПДС. Правильный уход за позвоночником позволяет спасти себя от подобных патологий и сохранить подвижность позвоночника.

© Лапыгина О. В., 2022

Список источников

1. Бубновский, С. М. Практическое руководство по кинезотерапии / С. М. Бубновский. – Москва, 2000. – С. 240.
2. Епифанов, В. А. Остеохондроз позвоночника : (диагностика, лечение, профилактика) : руководство для врачей / В. А. Епифанов, А. В. Епифанов. - 3-е изд. - Москва : МЕДпресс-информ, 2008. - 271 с.
3. Павленко, С. С. О необходимости стандартизации оказания медицинской помощи больным с поясничными болями / С. С. Павленко // Боль, 2009. – № 1(22). – С. 22–25.
4. Васильева, Л. Ф. Функциональные блоки суставов позвоночника и конечностей : (Мануал. диагностика и терапия с основами прикладной кинезиологии) / Л. Ф. Васильева; Новокузнец. ин-т усовершенствования врачей. Каф. традиц. медицины. - Новокузнецк, 1999. - 159 с.

References

1. Bubnovsky, S. M. Practical guide to kinesotherapy / S. M. Bubnovsky. – Moscow, 2000. – p. 240.
2. Epifanov, V. A. Osteochondrosis of the spine: (diagnosis, treatment, prevention) : a guide for doctors / V. A. Epifanov, A.V. Epifanov. - 3rd ed. - Moscow : MEDpress-inform, 2008. - 271 p.



3. Pavlenko, S. S. On the need to standardize the provision of medical care to patients with lumbar pain / S. S. Pavlenko // Pain, 2009. – № 1(22). – С. 22-25.

4. Vasilyeva, L. F. Functional blocks of joints of the spine and limbs : (Manual. diagnostics and therapy with the basics of applied kinesiology) / L. F. Vasilyeva; Novokuznetsk. institute of Advanced Medical Training. Kaf. tradits. medicine. Novokuznetsk, 1999. - 159 p.



УДК 796.012

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО БИОМЕХАНИКЕ И СПОРТИВНОЙ МЕТРОЛОГИИ

Елена Анатольевна Лукунина¹, канд. пед. наук, доцент

¹ Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. Необходимость создания учебно-исследовательских лабораторий для повышения качества преподавания биомеханики и спортивной метрологии не вызывает сомнений [2]. Однако использование современных аппаратно-программных комплексов (АПК) в лабораторном практикуме во многих случаях сопряжено с большими трудностями, поскольку программное обеспечение большинства АПК, поставляемое фирмами-производителями, не специализировано, а сделано вообще для решения широкого круга задач. С аналогичной ситуацией исследователи сталкиваются при использовании различных АПК при проведении оперативного и текущего биомеханического контроля [1]. В связи с этим актуальным является создание специализированного программного обеспечения для лабораторных стендов, направленного на решение учебно-исследовательских задач.

Ключевые слова: биомеханика, спортивная метрология, программное обеспечение, электромиограф

Для цитирования: Лукунина, Е. А. Использование специализированных программ обработки данных при проведении лабораторных работ по биомеханике и спортивной метрологии / Е. А. Лукунина // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 149-156.

THE USE OF SPECIALIZED DATA PROCESSING PROGRAMS DURING LABORATORY WORK ON BIOMECHANICS AND SPORTS METROLOGY

Elena A. Lukunina ¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

¹The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia



Abstract. The need to create educational and research laboratories to improve the quality of teaching biomechanics and sports metrology is beyond doubt [2]. However, the use of modern hardware and software complexes (APC) in laboratory practice in many cases is fraught with great difficulties, since the software of most of the APC supplied by manufacturers is not specialized, but is made in general to solve a wide range of tasks. Researchers face a similar situation when using various agro-industrial complexes during operational and ongoing biomechanical control [1]. In this regard, it is relevant to create specialized software for laboratory stands aimed at solving educational and research tasks.

Keywords: biomechanics, sports metrology, software, electromyography

For citation: Lukunina, E. A. The use of specialized data processing programs during laboratory work on biomechanics and sports metrology / E. A. Lukunina // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 149-156.

Задачи исследования:

1. Определить наиболее информативные показатели электрической активности мышц и методы их определения.

2. Разработать техническое задание для создания специализированной программы обработки электромиограмм.

Методика исследования. Для регистрации ЭМГ сигналов использован беспроводной 8-канальный электромиограф (рис. 1), программное обеспечение которого состоит из двух программ: программы сбора данных и программы обработки результатов измерений. Полоса пропускаемых частот биполярных усилителей от 10 до 500 Гц. Частота дискретизации сигналов 1000 Гц.



Рисунок 1 – Беспроводной многоканальный электромиограф и комплект накожных электродов с предварительными усилителями.

Анализ научно-методической литературы по электромиографии показывает, что наиболее информативными характеристиками электрической активности мышц являются амплитудные и частотные показатели ЭМГ сигнала.

Амплитудные показатели, выраженные в виде интегрированной ЭМГ, косвенно отражают силу тяги мышцы. При этом большинство исследователей считают, что лучшей характеристикой интегрированной электромиограммы является действительный сигнал (или RMS сигнал в англоязычной литературе):

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum x_i^2}, \text{ где}$$

x_i - значение оцифрованного сигнала, N - количество считываний в эпохе.

По аналогии с основными силовыми показателями предлагаются следующие основные показатели ЭМГ сигнала:

1. Максимальное значение RMS сигнала (V_{max} в мкВ).
2. Импульс ЭМГ сигнала ($\int |d|A|dt$ в мкВ*с), по аналогии с импульсом силы.
3. Среднее значение ЭМГ сигнала (M_{ean} в мкВ), по аналогии со средней силой.

Наряду с амплитудными показателями предлагается использовать медианное значение спектра ЭМГ сигнала для оценки локального утомления мышц.

4. Медиана спектра (Гц)



Еще один метод обработки ЭМГ сигналов – использование кросскорреляционного анализа, с помощью которого возможно изучение особенностей межмышечной координации.

Основываясь на перечисленных показателях и методах обработки ЭМГ сигналов, было разработано техническое задание, в соответствии с которым создана специализированная программа записи и обработки электромиограмм.

Результаты исследования. На рисунке 2 приведен пример записи поверхностной и интегрированной электромиограммы, для обработки которой использованы перечисленные выше амплитудные и частотные показатели. В зарегистрированной ЭМГ выделяют временную область, в пределах которой программа автоматически определяет эти показатели и представляет их в виде итоговой таблицы (рис. 3). Полученные результаты можно скопировать в буфер обмена и использовать для дальнейшей статистической обработки или графического представления.

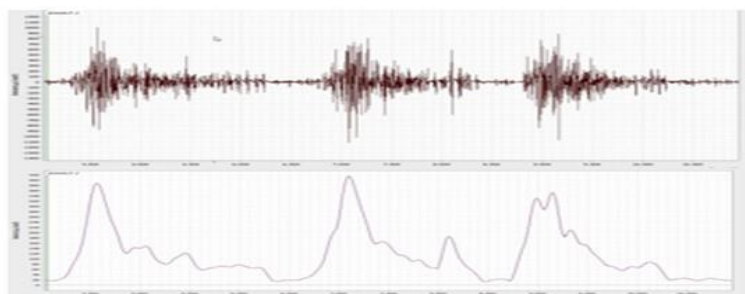


Рисунок 2 – Поверхностная ЭМГ (вверху) и интегрированная ЭМГ в виде RMS сигнала (внизу).

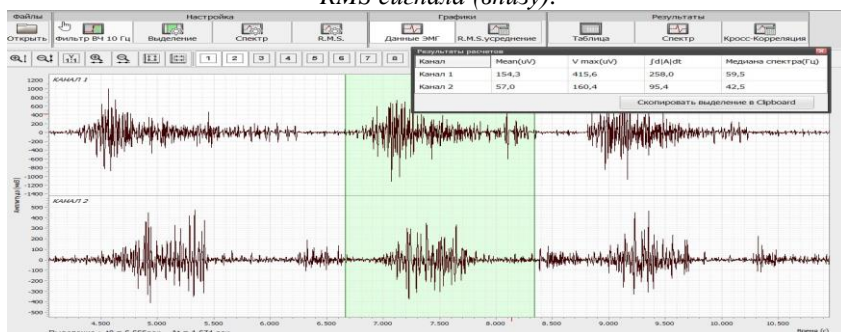


Рисунок 3 – Результаты обработки ЭМГ сигнала (объяснение в тексте).



В зависимости от тематики лабораторных работ программа позволяет определить динамику изменения показателей ЭМГ сигнала в задачах учебного и исследовательского характера. На рисунке 4 показано изменение показателей ЭМГ сигнала при выполнении отжиманий в упоре лежа до отказа.



Рисунок 4 – Изменение показателей интегрированной ЭМГ и медианного значения спектра ЭМГ сигнала трехглавой мышцы плеча при многократном отжимании в упоре лежа.



Показатели электрической активности трехглавой мышцы плеча правой руки были измерены в пятисекундные интервалы в начале (сверху), в середине и в конце (внизу) отжиманий. Соответствующие медианные значения спектра ЭМГ сигнала равны 57,5 Гц, 51,0 Гц и 42,0 Гц, что согласуется с данными других авторов [3, 4], изучавших локальное утомление мышц в работе до отказа.

Особый интерес представляет еще один метод обработки электрической активности мышц, позволяющий изучать особенности межмышечной координации и степени участия мышц в управлении движениями. Этот метод получил название кросскорреляционный анализ. В качестве примера на рисунке 5 показаны интегрированные электромиограммы двух мышц и корреляционная функция, позволяющая оценить степень статистической связи между этими процессами в выделенной временной области.

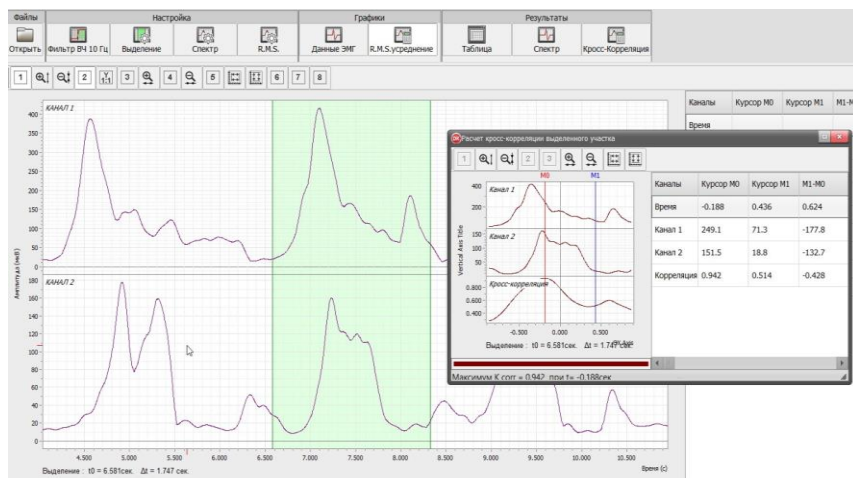


Рисунок 5 – Кросскорреляция между ЭМГ двух мышц в выбранной временной области. В окне результатов показана выделенная область интегрированной ЭМГ и кросскорреляционная функция. Максимальная величина коэффициента корреляции между ЭМГ сигналами равна 0,942.



Если синхронизировать работу электромиографа с другими измерительными системами, позволяющими регистрировать механические характеристики движений (перемещение, скорость, силу и т.п.), то можно изучать многие вопросы, связанные с управлением движениями.

Выводы:

1. В соответствии с разработанным техническим заданием создан 8-канальный беспроводной электромиограф и специфичное программное обеспечение для расчета наиболее информативных показателей электрической активности мышц.

2. Предложена тематика лабораторных работ учебного и исследовательского характера для более глубокого изучения и практического использования поверхностной электромиографии.

© Лукунина Е. А., 2022

Список источников

1. Захаров, А. А. Организационно-методические и научно-педагогические составляющие биомеханического контроля в спорте / А. А. Захаров, А. А. Шалманов, Е. А. Лукунина // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2018. – № 5. – С. 26-31.

2. Лукунина, Е. А. Повышения качества преподавания биомеханики в вузах физической культуры и спорта / Е. А. Лукунина, И. В. Тарханов, А. А. Шалманов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Малаховка, 21–23 ноября 2018 года / Министерство спорта Российской Федерации; Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма; Московская государственная академия физической культуры. – Малаховка: Московская государственная академия физической культуры, 2018. – С. 45-48.

3. Muscle fatigue and fatigue-related biomechanical changes during a cyclic lifting task / P. Bonato, G. Ebenbichler, S. H. Roy, S. Lehr, M. Posch, J. Kollmitzer, U. D. Croce // Spine. – 2003. – Vol. 28(16). – pp. 1810-1820.

4. Luca, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics / C. J. Luca // Journal of Applied Biomechanics. – 1997. – Vol. 13(2). – pp. 135-163.

References

1. Zakharov, A. A. Organizational-methodological and scientific-pedagogical components of biomechanical control in sports / A. A. Zakharov, A. A. Shalmanov, E. A. Lukunina // Physical culture: upbringing, education, training. – 2018. – No. 5. – pp. 26-31.



2. Lukunina, E. A. Improving the quality of teaching biomechanics in universities of physical culture and sports / E. A. Lukunina, I. V. Tarkhanov, A. A. Shalmanov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials at the VI All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Malakhovka, November 21-23, 2018 / Ministry of Sports Russian Federation; The Russian University of Sport «GTSOLIFK»; Moscow State Academy of Physical Culture. – Malakhovka: Moscow State Academy of Physical Culture, 2018. – pp. 45-48.

3. Muscle fatigue and fatigue-related biomechanical changes during cyclic weight lifting / P. Bonato, G. Ebenbichler, S. H. Roy, S. Lehr, M. Posh, J. Kollmitzer, U. D. Croce // Spine. - 2003. – Volume 28(16). – pp. 1810-1820.

4. Luka, K. J. The use of surface electromyography in biomechanics / K. J. Luka // Journal of Applied Biomechanics. - 1997. – Volume 13(2). – pp. 135-163.



УДК 531.391:612.76

ДИФФУЗИОННЫЙ АНАЛИЗ В СТАБИЛОМЕТРИИ

Антон Александрович Любкевич¹, аспирант

Павел Анатольевич Кручинин², канд. физико-математических наук,
доцент

^{1,2}Московский Государственный университет им. М. В. Ломоносова, г.
Москва, Россия

Аннотация. В работе рассматривается метод диффузионного анализа стабиллограмм. Известно, что показатели такого анализа реальных данных для фронтали и сагиттали различны, при этом диффузионные функции стабиллограмм имеют характерный «изгиб». В докладе рассмотрен вопрос о возможной связи такого различия показателей диффузионного анализа с особенностями работы вестибулярного аппарата, обладающего зоной нечувствительности.

Ключевые слова: стабиллометрия, диффузионный анализ, показатель Хёрста, математическая модель

Для цитирования: Любкевич, А. А. Диффузионный анализ в стабиллометрии / А. А. Любкевич, П. А. Кручинин // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 157-163.

DIFFUSION ANALYSIS IN STABUSTOMETRY

Anton A. Lyubkevic¹, postgraduate student

Pavel A. Kruchinin², Kand. Physico-mathematical Sciences, Associate
Professor

^{1,2}Moscow State University named after M. V. V. Lomonosov, Moscow, Russia

Abstract. The paper considers the method of diffusion analysis of stabigrams. It is known that the indicators of such analysis of real data for the front and the sagittal are different, with diffusion stabilizing functions having characteristic "bending". The report considered the possible relationship of such a difference in diffusion analysis to the characteristics of a vestibular apparatus with an insensitive zone.

Keywords: stabilisation, diffusion analysis, Hurst index, mathematical model



For citation: Lyubkevich, A. A. Diffusion analysis in stabilometry / A. A. Lyubkevich, P. A. Kruchinin // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 157-163.

Стабилометрия является инструментальным методом оценки вертикальной позы и изучения равновесия человека. Данный метод использует стабиллоплатформу – прибор для оценки траектории центра давления (ЦД) человека на опорной поверхности. Полученная траектория движения ЦД называется стабиллограммой.

Параметры диффузионного анализа и их модификации применяются в практике стабиллометрии, однако до конца не ясно, какие именно особенности функционирования организма они характеризуют. В докладе использована математическая модель движения при удержании вертикальной позы для анализа возможного влияния вестибулярного аппарата, обладающего зоной нечувствительности, на особенности результатов диффузионного анализа.

Диффузионный анализ стабиллограмм. Впервые диффузионный анализ стабиллометрических измерений был применён в работе [1]. Предполагалось, что для описания колебаний ЦД, можно воспользоваться понятием частичного броуновского движения, для которого характерна следующая связь между среднеквадратичным перемещением $f(\Delta t)$ за время Δt и самим интервалом времени Δt :

$$f(\Delta t) = 2D\Delta t^H$$

В этих соотношениях величину H называют показателем Хёрста.

Среднеквадратичное перемещение за время Δt оценивается соотношением:

$$f(\Delta t) = \frac{\sum_{i=1}^K \Delta r_i^2}{K}$$

$\Delta r_i = r_{i+m} - r_i$ – перемещение за время Δt , K – число последовательных интервалов продолжительностью Δt , использованных при осреднении, m – число измерений, фиксируемых за промежуток Δt .

Функция $f(\Delta t)$, вычисленная по результатам стабиллометрических измерений, называется диффузионной функцией стабиллограмм (ДФС)

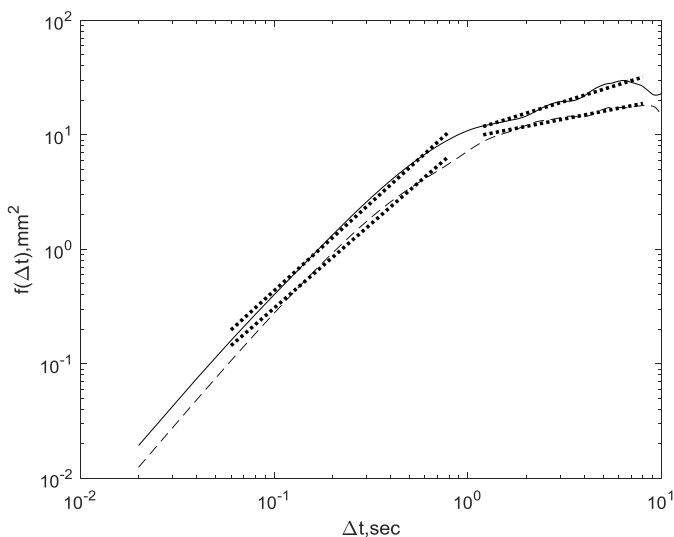


Рисунок 1 – ДФС в логарифмических осях. Фронталь - штриховая линия, сагитталь - сплошная, аппроксимирующие прямые – пунктиром.

На графиках ДФС в логарифмических осях выделяются две области с разной «крутизной» графика. Первая - это область до «изгиба», характеризующая перемещения на малых (до 1 с) интервалах времени, вторая - характеризует движение для более протяженных интервалов.

Для этих областей принято [1] вычислять коэффициенты угла наклона в логарифмических осях, получая оценки показателя Хёрста, обозначаемые H_S и H_l соответственно, где S - обозначает «краткосрочную» область, ближайшую к началу координат, l - «долгосрочную» область.

В статье [2] обсуждается возможность объяснения разделения ДФС на медленную и быструю части наличием запаздывания в цепи обратной связи. Однако такая интерпретация не объясняет отличия диффузионных показателей для фронтالي и сагиттали, отмечавшиеся в работах [1].

Таким образом, вопрос об интерпретации стабиллометрических диффузионных показателей остается до настоящего времени открытым.

Математическая модель движения. Для описания изменения координат ЦД при стоянии использованы две модели. Стандартная модель перевернутого маятника в сагиттальной плоскости и модель движения человека во фронтальной плоскости для стояния в положении "ноги на



ширине плеч". Принят подход, в соответствии с которым для управления используется ПИД регулятор, входом которого служат координаты центра масс. Он дополнен управляющим сигналом, сформированным по горизонтальным составляющим показаний чувствительного элемента отолитовой мембраны. Модель вестибулярного аппарата грубо учитывает наличие зоны нечувствительности в его показаниях.

Для приближенных моделей движения во фронтальной и сагиттальной плоскостях используем уравнения перевернутого маятника, параметры которых отличаются незначительно [3]. Для описания работы системы управления удержанием вертикальной позы модифицируем модель, описанную в работе [2]. Система уравнений, описывающая каждое из 2-х парциальных движений, имеет вид:

$$J_{1_i} \ddot{\phi} = C_i \phi - T_c + T_d \quad (1)$$

$$\tau_f \dot{T}_d + T_d = K_\xi \xi \quad (2)$$

$$T_c = K_P \phi + K_d \dot{\phi} + K_i \int_0^t \phi(\tau) d\tau + T_f \quad (3)$$

$$T_f = K_v F(x_s) \quad (4)$$

$$F(x_s) = \begin{cases} 0, & \text{если } |x_s| \leq G \\ (|x_s| - G) \text{sign}(x_s), & \text{если } |x_s| \geq G \end{cases} \quad (5)$$

$$m_1 \ddot{x}_s + k_v \dot{x}_s + k_u x_s = m_2 (g_s - W_s) \quad (6)$$

$$y_p = (J_{2_i} \ddot{\phi} - C_i \phi) / mg \quad (7)$$

Индекс i — принимает значение s для сагиттали и f для фронтали. Уравнение (1) описывает движение маятника под действием управляющих моментов. В этом уравнении ϕ — угол отклонения перевернутого маятника от вертикали для сагиттального направления и угол наклона параллельно установленным ног для фронтального, J_{1_i} — приведенный момент инерции, C_i — коэффициент опрокидывающего момента, порожденного силой тяжести. T_c — величина управляющего момента, создаваемого мышцами голени для сагиттального движения и мышцами таза для фронтального. T_d — момент возмущающих сил. Для его моделирования в соответствии с [2] использован формирующий фильтр (2). ξ — гауссовский случайный процесс типа белого шума.

Уравнение (3) описывает формирование управляющего момента T_c в виде ПИД регулятора по отклонению маятника от вертикали в соответствии



с [2] с добавлением составляющей T_f , порожденной информацией от вестибулярного аппарата.

В докладе использована математическая модель отолитовой мембраны из [4]. Уравнение (6) описывает механическое движение чувствительной массы отолитовой мембраны. g_s и W_s — проекции ускорения свободного падения и линейного ускорения головы на соответствующую "горизонтальную" ось отолитовой мембраны. Для фронтального направления при параллельном расположении ног $g_s \equiv 0$, а для сагиттального $g_s = h_s \phi$). Соответственно, $W_s = h_s \ddot{\phi}$, где величина h_s для сагиттального направления примерно в 2 раза больше, чем для фронтальной. x_s — величина отклонения чувствительного элемента отолита от положения равновесия. m_1, m_2, k_v, k_u — параметры модели в соответствии с [4]. Пороговое значение G отклонения чувствительного элемента отолитовой мембраны x_s выберем в предположении, что вестибулярный аппарат замечает возмущения вертикального положения порядка 0.5° . Не уточняя динамику модели преобразования информационного потока в отолите и нервной системе, примем простейшее алгебраическое соотношение (4), отображающее наличие области нечувствительности в линеаризованной модели.

Уравнение (7) моделирует показания стабиланализатора и описывает связь между углом отклонения перевернутого маятника от вертикали и координатой центра давления U_p в соответствии с [3].

Численное моделирование и его сравнение с результатами обследований. При численной реализации решений используем значения постоянных величин из работ [2] [3] [4]. Для интегрирования системы использован пакет Simulink. Длина реализации 60 сек. Для каждого значения рассчитывалось 200 реализаций и оценки показателя Хёрста вычислялись осреднением по ансамблю этих реализаций.

В результате подбора параметров найдены различия между сагиттальной и фронтальной, продемонстрированные в Таблица 1. В таблице также приведены результаты диффузионного анализа на реальных данных. Для сравнения использованы результаты обследования 82 добровольцев мужского пола в возрасте от 20 до 24 лет. Тесты проводились на «СТАБИЛАН-01-2». Использовались записи проб с открытыми глазами продолжительностью 60 секунд. Результаты расчетов показателей H_s и H_l представлены в таблице 1. Последний столбец таблицы содержит для сравнения величины средних размахов колебаний.



Таблица 1 – Результаты расчетов показателей H_s и H_l .

Сагитталь	H_s	H_l	$std(y_p)$
Модель	0.701 ± 0.068	0.148 ± 0.111	5.586 ± 1.329
Обследование	0.67 ± 0.1	0.28 ± 0.13	4.77 ± 2.32
Фронталь			
Модель	0.740 ± 0.018	0.218 ± 0.061	3.560 ± 0.765
Обследование	0.71 ± 0.09	0.18 ± 0.13	2.99 ± 2.09

Обсуждение. В натуральных обследованиях разброс значений диффузионных параметров очень велик. Это связано со значительной вариабельностью системы управления движением человека. Полученные при моделировании оценки показателей диффузионного анализа лежат в области значений близких к тем, которые реализуются в ходе обработки данных реальных обследований и отображают отмеченные различия для фронтального и сагиттального направлений. Это утверждение подтверждает гипотезу о возможном влиянии вестибулярного аппарата, обладающего зоной нечувствительности, на особенности формирования показателей диффузионного анализа. Вместе с тем, недостаток информации о формировании управляющих воздействий со стороны нервной системы человека не позволяет считать описанный механизм единственно возможным.

© Любкевич А. А., Кручинин П. А., 2022

Список источников

1. Collins, J. J. Open-loop and closed-loop control of posture: A random-walk analysis of center-of-pressure trajectories / J. J. Collins, C. J. De Luca // *Experimental Brain Research*. – 1993. - 95(2). - pp. 308–318.
2. Peterka, R. J. Postural control model interpretation of stabilogram diffusion analysis / R. J. Peterka // *Biol. Cybern.* – 2000. - 82(4). - pp. 335-43.
3. Кручинин, П. А. Механические модели в стабилometрии / П. А. Кручинин // *Российский журнал биомеханики*. – 2014. – Т. 18. – № 2. – С. 184-193.
4. Александров, В. В. О математической модели гравито-инерциального механорецептора / В. В. Александров, Т. Б. Александрова, С. С. Мигунов // *Вестник Московского ун-та. Сер. I. Математика, Механика*. - 2006. - № 2. - С. 61-64.



References

1. Collins, J. J. Open-loop and closed-loop control of posture: a random-walk analysis of center-of-pressure trajectories / J. J. Collins, C. J. De Luca // *Experimental Brain Research*. - 1993. - 95 (2). - pp. 308-318.
2. Peterka, R. J. Postural control model interpretation of stabilogram diffusion analysis / R. J. Peterka // *Biol. Cybern.* - 2000. - 82(4). - pp. 335-43.
3. Kruchinin, P. A. Mechanicheskie models in stablometriy / P. A. Kruchinin // *Rossiyskiy Journal biomechaniki*. - 2014. - T. 18. - № 2. - pp. 184-193.
4. Aleksandrov, V. V. O mathematical models of gravito-inertial mechanics / V. V. Aleksandrov, T. B. Aleksandrov, S. S. Migunov // *Vestnik Moskovskogo UN-Ta. Ser.1. Mathematics, Mechanics*. - 2006. - № 2. - pp. 61-64.



УДК 796.012:615.477.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОАНАЛИЗА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И ОЦЕНКИ ОПОРНО- ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПАЦИЕНТА С ПРОТЕЗОМ ГОЛЕНИ ПРИ ХОДЬБЕ

Олеся Николаевна Мальцева¹, *магистрант*

Андрей Юрьевич Аксенов², *канд. тех. наук, доцент*

^{1,2}*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. В данной работе производится реконструкция движения ОДА пациента с протезом голени с помощью видеоанализа и использования динамометрических платформ. Также производится функциональный анализ походки.

Ключевые слова: протез стопы, биомеханика, видеоанализ, анализ походки, протез голени, биомеханическая оценка походки, маркерный анализ

Для цитирования: Мальцева, О. Н. Использование видеоанализа для реконструкции и оценки опорно-двигательного аппарата пациента с протезом голени при ходьбе / О. Н. Мальцева, А. Ю. Аксенов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Малаховка, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 164-169.

USING VIDEO ANALYSIS FOR RECONSTRUCTION AND VALUATION OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM OF A PATIENT WITH A PROSTHETIC LOWER LEG WHEN WALKING

Olesya N. Maltseva¹, *Master's student*

Andrey Y. Aksenov², *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

^{1,2}*Sankt-St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), St. Petersburg, Russia*

Abstract. In this work, the movement of the ODA patient with prosthesis tibia is reconstructed by video analysis and the use of dynamometer platforms. Functional gait analysis is also performed.



Keywords: foot prosthesis, biomechanics, video analysis, gait analysis, tibia prosthesis, biomechanical assessment of gait, marker analysis

For citation: Maltseva, O. N. The use of video analysis for reconstruction and evaluation of the musculoskeletal system of a patient with a prosthetic lower leg when walking / O. N. Maltseva, A. Y. Aksenov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 G. / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 164-169.

Введение. В ортопедии и травматологии применяются различные методы функциональной оценки походки человека, от регистраций временных характеристик шага с помощью секундомера до безмаркерного анализа. В данной работе применяется видеоанализ с использованием динамометрических платформ и высокочастотных инфракрасных камер. Этот метод позволяет получить данные подометрии, ихнометрии и динамометрии с высокой точностью, а также дать биомеханическую оценку состояния опорно-двигательного аппарата человека с ампутацией голени для последующей корректировки плана реабилитации или лечения.

Актуальность. Использование видеорегистрации движений начало активно применяться во многих сферах спорта и медицины. Это связано не только с необходимостью фиксирования прохождения рубежа спортсменом, но и для реконструкции скелета для проведения функционального анализа движения. Этот метод позволяет врачам-ортопедам и травматологам оценить динамику реабилитации, проводить сравнительный анализ протезов и ортопедических средств, корректировать потери ходьбы пациента после операции или ампутации, а также широко применяется для выбора плана лечения у пациентов с ДЦП.

Цель работы: Создание цифрового двойника пациента, применяя метод видеорегистрации, и оценка состояния ОДА с точки зрения нормальной биомеханики походки.

Испытуемые. В исследовании участвовал 33-летний пациент с ампутацией средней трети левой голени, носящий протез стопы марки Ottobock Trias. Ампутация произошла в возрасте 16 лет. Жалоб на носимый протез нет, исследование проводилось для оценки состояния ОДА [5, 6].

Методы исследования. Метод маркерного анализа, применяя видеорегистрацию, заключается в следующем: пациента предупреждают о необходимости ношения специальной одежды для исследований – короткие облегающие шорты и майку (для женщин), а также дают инструктаж для записи статики и динамики. Исследование может проводиться как в обуви, так и босиком, в зависимости от цели анализа. Данное испытание



проводилось для пациента с протезом голени в кроссовках, а также ортезом на правой ноге, моделируя ситуацию ежедневных передвижений.

На тело пациента прикрепляются одиночные маркеры и «кластеры» - совокупность маркеров - по анатомической схеме расположения для определения скелетного ориентира при видеоанализе [3, 4]. Камеры фиксируют перемещения пациента в пространстве, а система координат XYZ совпадает с расположением L-образной рамки для калибровки камер. При калибровке камер в области нахождения платформ следует учитывать «объем» походки пациента – ширину шага, высоту пациента и длину прохода. Человек выполняет 4-5 проходов для регистрации динамики и 1-2 для статики, для получения необходимого набора данных для исследования. С помощью алгоритма инверсивной кинематики Qualisys и C-motion маркеры подстраиваются под скелет пациента, создавая АИМ-модель (Artificial Intelligence Model).

Функциональный анализ полученных данных выполняется вручную с учетом возможных патологий пациента, анализируются данные биомеханики походки, такие как длина шага, ширина шага, угол дорсифлексии голеностопа, сгибание-разгибание бедра и колена, делается вывод о коррекции передвижений, ношения обуви или же реабилитации.

Обсуждение результатов исследования. В результате применения маркерного анализа и видеорегистрации удалось реконструировать ОДА пациента как в виде маркеров (рис. 1 а), так и в виде «артефактов», которые заметны камере, так как поверхность маркеров имеет светоотражающее покрытие (рис. 1 б). Также удалось построить скелет нижних конечностей для анализа биомеханики (рис. 3).

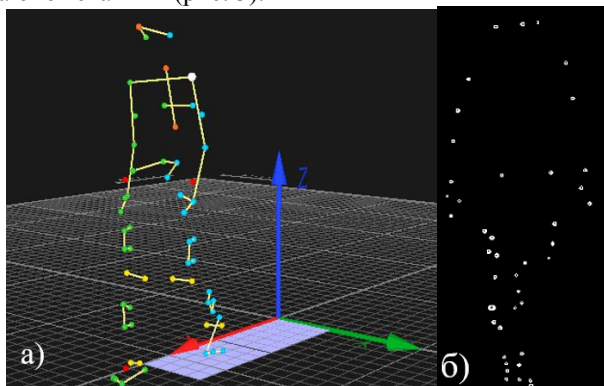


Рисунок 1 – а) Восстановление ОДА пациента маркерами, б) Восстановление ОДА пациента в виде «артефактов» камеры.

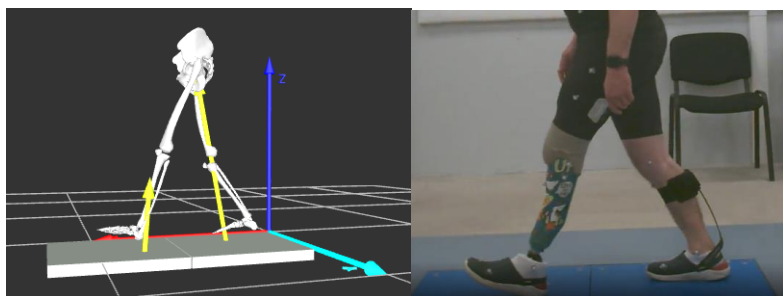


Рисунок 3 – Визуализация нижних конечностей пациента.

При анализе биомеханики походки были получены следующие результаты [1, 2, 3]:

1) При скорости ходьбы 1,1 м/с средняя ширина шага составляет $0,12 \pm 0,01$ м., длина шага: левая – $0,62 \pm 0,04$ м., правая – $0,59 \pm 0,05$ м., можно сделать вывод о более уверенном касании левой стопы с поверхностью за все периоды регистрации динамики. Это может быть объяснено тем, что на правой ноге пациент носит ортез для поддержания отвисающей ступни из-за частичного отсутствия сухожилия, из-за чего становление на правую ногу является менее уверенным.

2) Фаза нагружения правой стопы в среднем, при норме от 2 до 10% цикла шага, длится до 13% цикла, левой – до 15%, таким образом, пациент старается больший период времени быть в опоре на левую, ампутированную конечность с протезом Ottobock Trias.

3) Фаза одиночной опоры и фаза двойной опоры характеризуют устойчивость при ходьбе. Чем больше патология, тем большую часть цикла ходьбы человек на протезе стремится находиться в этих фазах. В данном случае, пациент находится в фазе первой двойной опоры от 0 до 16% цикла шага, второй – от 53 до 68%, в сумме пациент находится в фазе двойной опоры 31% цикла шага, что говорит о стремлении находиться в данной фазе дольше нормального (от 16 до 22%).

4) В среднем угол голеностопа правой ноги в начале фазы контакта составляет $4,54^\circ$, для левой – $4,19^\circ$, при норме от $-1,3^\circ$ до $2,7^\circ$. Это означает излишнюю напряженность икроножной мышцы для постановки стопы на поверхность, зачастую связанную с «зацикливанием» пациента совершить «правильный» шаг, попав на динамометрические платформы. Угол максимальной дорсифлексии стопы с протезом составляет 17° , в ортезе – 27° при норме до 15° и смещены относительно нормального цикла шага на



9-11%. С правой стопой это произошло из-за принципа подчинения икроножной мышцы ортезу, который не позволяет оторвать пятку от поверхности, пока не будет согнуто колено, которое приведет в движение фиксированную систему карбонового ортеза.

Выводы. В результате проведенного исследования был создан цифровой двойник пациента путем маркерного анализа, был построен скелет нижних конечностей в программе Qualisys, а также приведены некоторые из выводов биомеханического анализа походки. Пациенту рекомендовано подобрать правильную высоту переходника между модулем протеза стопы и гильзой, так как на видеоанализе заметна хромота исследуемого из-за различия длин конечностей на несколько миллиметров. Также для уменьшения момента внутреннего разгибания бедра и выработки энергии в сагиттальном направлении бедра необходимо отклонение угла текущего положения туловища на $5-10^\circ$ от вертикального положения для формирования правильной нагрузки на нижние конечности и таз. Полученные с видеоанализа данные будут служить дополнительной оценкой качества походки при посещении врача-ортопеда пациентом.

© Мальцева О. Н., Аксенов А. Ю., 2022

Список источников

1. Скворцов, Д. В. Клинический анализ движений. Анализ походки / Д. В. Скворцов. – Иваново : Стимул, 1996. – 344 с.
2. May, B. J. Amputations and Prosthetics: a case study approach / B. J. May. – Philadelphia : F.A. Davis, 1996. – 246 p.
3. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination / A. Cappozzo, F. Catani, U. Croce Della, A. Leardini // Clinical Biomechanics. – 1995. - pp. 171-178.
4. Jan, S. Color Atlas of Skeletal Landmark Definitions. Guidelines for Reproducible Manual and Virtual Palpations / S. Jan. – Edinburgh: Churchill Livingstone, 2007.
5. Мальцева, О. Н. Моделирование и изготовление индивидуального протеза стопы для биомеханической оценки походки с помощью видеоанализа / О. Н. Мальцева, А. Ю. Аксенов, Р.А. Егоров // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : тезисы докладов XVI Всероссийской школы. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2022. – С. 62.
6. Ottobock, Catalogue of lower limbs. – 2021. - URL: <https://www.ottobock.ru/media/local-media/forspecialists/prosthetics/catalogues/catalogue-lower-limbs-2021en.pdf> (дата обращения 21.01.2022).



References

1. Skvortsov, D. V. Clinical analysis of movements. Gait analysis / D. V. Skvortsov. – Ivanovo : Stimul, 1996. – 344 p.
2. May, B. J. Amputations and Prosthetics: a case study approach / B. J. May. – Philadelphia : F.A. Davis, 1996. – 246 p.
3. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination / A. Cappozzo, F. Catani, U. Croce Della, A. Leardini // Clinical Biomechanics. – 1995. - pp. 171-178.
4. Jan, S. Color Atlas of Skeletal Landmark Definitions. Guidelines for Reproducible Manual and Virtual Palpations / S. Jan. – Edinburgh: Churchill Livingstone, 2007.
5. Maltseva, O. N. Modeling and manufacturing of an individual prosthetic foot for biomechanical assessment of gait using video analysis / O. N. Maltseva, A. Y. Aksenov, R.A. Egorov // Mathematical modeling and biomechanics in modern University : abstracts of the XVI All-Russian School. - Rostov-on-Don : Southern Federal University Press, 2022. – p. 62.
6. Ottobock, Catalogue of lower limbs. – 2021. - URL: <https://www.ottobock.ru/media/local-media/forspecialists/prosthetics/catalogues/catalogue-lower-limbs-2021en.pdf> (accessed 21.01.2022).



УДК 796.012.38

АНАЛИЗ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА ПАРКУРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОСТУПНЫХ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Екатерина Михайловна Мелихова¹, студент

Андрей Александрович Померанцев², канд. пед. наук, доцент

^{1,2}Липецкий государственный педагогический университет имени

П.П. Семенова-Тян-Шанского, г. Липецк, Россия

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования доступных биомеханических технологий для анализа техники паркура. В качестве примера показан биомеханический анализ сальто вперёд с разбега. Применение оптико-электронного метода включает использование камеры смартфона и свободно распространяемого программного приложения Kinovea. Данный подход является идеальным для трейсеров, занимающихся паркуром в городских условиях.

Ключевые слова: паркур, фриран, трейсер, сальто вперёд, Kinovea, кинематика, биомеханика, доступные технологии, камера, смартфон

Для цитирования: Мелихова, Е. М. Анализ техники выполнения элемента паркура с использованием доступных биомеханических технологий / Е. М. Мелихова, А. А. Померанцев // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 170-175.

ANALYSIS OF THE TECHNIQUE OF PERFORMING THE PARKOUR ELEMENT USING AVAILABLE BIOMECHANICAL TECHNOLOGIES

Ekaterina M. Melikhova¹, student

Andrey A. Pomerantsev², Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

^{1,2}Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, Lipetsk, Russia

Abstract. The article considers the possibility of using available biomechanical technologies for the analysis of parkour techniques. As an example, a



biomechanical analysis of a forward flip from a running start is shown. The application of the optoelectronic method includes the use of a smartphone camera and a freely distributed Kinovea software application. This approach is ideal for tracers engaged in parkour in urban environments.

Keywords: parkour, freerun, tracers, forward somersaults, Kinovea, kinematics, biomechanics, available technologies, camera, smartphone

For citation: Melikhova, E. M. Analysis of the technique of performing the parkour element using available biomechanical technologies / E. M. Melikhova, A. A. Pomerantsev // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 170-175.

Введение. Паркур представляет собой комплекс навыков, заимствованных из скалолазания, легкой атлетики, спортивной гимнастики и акробатики. Название «паркур» (фр. le parkour, искажённое от parcours, parcours du combattant) пришло из конного спорта, где так называется полоса препятствий.

Главной основополагающей идеей паркура является принцип «нет границ, есть лишь препятствия, а любое препятствие можно преодолеть». Отличие паркура от фрирана заключается в том, что паркур – это преодоление препятствий, возникающих на маршруте, а фриран – эффектное и зрелищное выполнение элементов.

Актуальность. Паркур является молодым и весьма перспективным видом спорта, признанным Международной федерацией гимнастики (FIG).

Трейсеры – молодые люди, занимающиеся на улицах города паркур, зачастую не имеют четкого представления о правильности выполнения упражнений. Элементы паркура крайне редко изучаются в академических биомеханических лабораториях и плохо описаны в научной литературе. Однако очевидные факторы успеха – безопасность и эффективность выполнения элементов – заставляют задуматься о применении доступных инструментов биомеханического анализа [2, 3, 4].

Цель исследования – демонстрация возможностей доступного биомеханического анализа для изучения техники выполнения элементов паркура.

Организация исследования. Для анализа мы выбрали один из наиболее часто используемых элементов паркура, а именно сальто вперёд с разбега.

В исследовании принял участие выпускник Института физической культуры и спорта Липецкого государственного педагогического



университета имени П.П. Семенова-Тян-Шанского. Спортсмен имеет спортивный разряд по спортивной гимнастике и на данный момент является инструктором по паркуру. Его опыт занятий паркуром более 10 лет. По нашей просьбе он согласился принять участие в исследовании и дал согласие на использование своих видео в научных целях.

Методы исследования. Основным инструментом исследования являлся оптико-электронный метод определения кинематических характеристик [1].

Съемка проводилась смартфоном iPhone 12 со скоростью записи 240 кадров в секунду.

Для проведения кинематического анализа применялась компьютерная программа Kinovea (рис. 1).

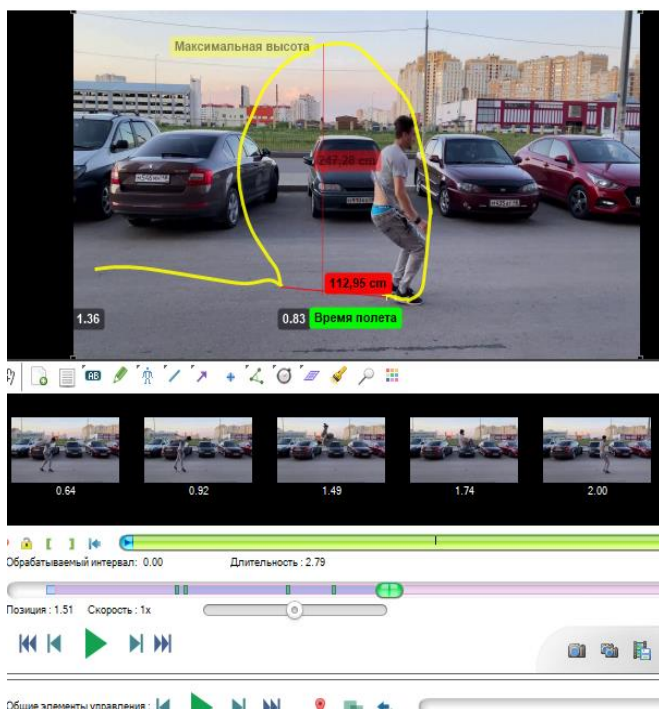


Рисунок 1 – Пример использования программы Kinovea для анализа движения, записанного на смартфон



Преимуществом данной программы является нетребовательность к мощности компьютера, русифицированный интерфейс, простота использования, возможность загружать любые видеофайлы, покадровый просмотр вперед и назад и многие другие удобные функции. Встроенные инструменты для рисования позволяют разметить видео, прибавляя стрелки, описания и другой контент. Функция «хронометр» дают возможность точно измерять временные характеристики. Автоматизированный трекинг позволяет отслеживать траектории движения и скорости исполнения каждого элемента.

Обсуждение результатов исследования. Используя программу Kinovea, были определены основные кинематические характеристика выполнения элемента (табл.).

Таблица 1 – Кинематические характеристики выполнения элемента паркура.

Пространственные характеристики	
Рост спортсмена, см	185
Максимальная точка полета, см	247
Расстояние от точки отталкивания до точки приземления, см	113
Временные характеристики	
Общее время, затраченное на упражнение, с	2,3
Длительность последнего стопорящего шага, с	0,453
Длительность полета, с	0,791
Длительность от момента отрыва до полной группировки, с	0,263
Длительность полета в группировке, с	0,302
Длительность полета от раскрытия до приземления, с	0,226

Полученные данные представляют ценную информацию для оценки и совершенствования элемента, а также сопоставления техники выполнения элемента различными трейсерами,

Выводы

1. Применение камеры смартфона в режиме slow-motion и свободно распространяемого программного приложения Kinovea является оптимальным решением для изучения и совершенствования элементов паркура в реальных городских условиях.

2. Оптико-электронный метод делает возможным количественную оценку пространственных и временных кинематических характеристик выполнения элементов.



3. Доступные биомеханические технологии позволяют сравнивать технику выполнения элементов различных трейсеров, а также отслеживать изменение техники со временем.

© Мелихова Е. М., Померанцев А. А., 2022

Список источников

1. Анализ биомеханической структуры опорных прыжков типа переворот - сальто вперед с использованием высокоскоростной съемки и математического моделирования / Н. Г. Сучилин, Л. А. Хасин, С. Б. Потемкин, Ю. В. Шевчук // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 19–20 ноября 2015 года / Московская государственная академия физической культуры. – Москва ; Малаховка : Московская государственная академия физической культуры, 2015. – С. 99-106.

2. Дарданова, Н. А. Модель техники опорного прыжка переворотом вперед с последующим сальто вперед в группировке / Н. А. Дарданова, А. Д. Антоновский, А. Э. Козлова // Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма : материалы XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. В 2-х томах, Уфа, 25–27 марта 2020 года. Том 2. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 56-60.

3. Сравнительный анализ методики обучения опорным прыжкам высокой сложности / А. И. Акулова, Е. В. Богачева, О. В. Гаевская, М. В. Кракова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 6(208). – С. 3-7. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2022.6.p3-7.

4. Шевчук, Ю. В. Исследование движения тела спортсмена в безопорном периоде спортивных упражнений / Ю. В. Шевчук, Н. Г. Сучилин // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2014. – № 1(27). – С. 140-145.

References

1. Analysis of the biomechanical structure of support jumps of the flip-forward type using high-speed shooting and mathematical modeling / N. G. Suchilin, L. A. Khasin, S. B. Potemkin, Yu. V. Shevchuk // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, November 19-20 twothousandfifteen / Moscow State Academy of Physical



Culture. – Moscow ; Malakhovka : Moscow State Academy of Physical Culture, 2015. – pp. 99-106.

2. Dardanova, N. A. A model of the technique of a support jump with a forward flip followed by a forward flip in a grouping / N. A. Dardanova, A.D. Antonovsky, A. E. Kozlova // Actual problems of physical culture, sports and tourism : materials of the XIV International Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. In 2 volumes, Ufa, March 25-27, 2020. Volume 2. – Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2020. – pp. 56-60.

3. Comparative analysis of the methodology of teaching support jumps of high complexity / A. I. Akulova, E. V. Bogacheva, O. V. Gaevskaya, M. V. Krakova // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. – 2022. – № 6(208). – pp. 3-7. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2022.6.p3-7.

4. Shevchuk, Yu. V. Investigation of athlete's body movement in the unsupported period of sports exercises / Yu. V. Shevchuk, N. G. Suchilin // Bulletin of the Krasnoyarsk State Pedagogical V.P. Astafyev University. – 2014. – № 1(27). – pp. 140-145.



УДК 796.012:612.886

ЭФФЕКТЫ СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКИ НА КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОНООПОРНОЙ ПОЗЫ У ФИЗИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДЕВУШЕК

Андрей Александрович Мельников¹, д-р биол. наук, профессор
Полина Александровна Смирнова², аспирант

¹Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

²Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского, г. Ярославль, Россия

Аннотация. Целью работы было оценить эффекты силовой тренировки на кинематические показатели устойчивости моноопорной позы у физически активных девушек. Экспериментальная группа (n=19) занималась по программе силовой тренировки, контрольная группа (n=19) посещала только занятия по дисциплине физическая культура. Кинематические показатели устойчивости моноопорной позы на устойчивой платформе и подвижной пресс-папье: скорость и амплитуду колебаний углов в коленном и голеностопном суставах опорной конечности, определяли с помощью гироскопов («Neurocor Trast-M»). Силовые способности регистрировали с помощью функциональных тестов. Установлено, что силовая тренировка вызвала повышение силовой выносливости, кинематические показатели не изменялись в статическом моноопорном положении на устойчивой платформе. В стойке на качающейся пресс-папье выявлено повышение стабильности коленного сустава. Таким образом, силовая тренировка не влияет на колебания в суставах опорной конечности в статическом положении на устойчивой поверхности, но повышает стабильность коленного сустава в динамической стойке на подвижной опоре.

Ключевые слова: кинематические показатели, гониометры, вертикальная поза, силовая тренировка, молодые девушки

Для цитирования: Мельников, А. А. Эффекты силовой тренировки на кинематические показатели моноопорной позы у физически активных девушек / А. А. Мельников, П. А. Смирнова // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 176-186.



THE EFFECTS OF STRENGTH TRAINING ON THE KINEMATIC PARAMETERS OF THE MONO-SUPPORTING POSE IN PHYSICALLY ACTIVE GIRLS

Andrey A. Melnikov¹, *Doctor of Biological Sciences, Professor*
Polina A. Smirnova², *PhD student*

¹*The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia*

²*Yaroslavsky State Pedagogical University named after K. D. Ushinsky, Yaroslavl, Russia*

Abstract. The aim of the work was to evaluate the effects of strength training on the kinematic indicators of the stability of the mono-supporting pose in physically active girls. The experimental group (n=19) was engaged in a strength training program, the control group (n=19) attended only physical education classes. Kinematic indicators of the stability of the mono-supporting pose on a stable platform and a movable paperweight: the speed and amplitude of angle fluctuations in the knee and ankle joints of the supporting limb were determined using gyroscopes ("Neurocor Trast-M"). Strength abilities were recorded using functional tests. It was found that strength training caused an increase in strength endurance, kinematic parameters did not change in a static monopod position on a stable platform. In the rack on the swinging paperweight, an increase in the stability of the knee joint was revealed. Thus, strength training does not affect the vibrations in the joints of the supporting limb in a static position on a stable surface, but increases the stability of the knee joint in a dynamic stance on a movable support.

Keywords: kinematic indicators, goniometers, vertical pose, strength training, young girls

For citation: Melnikov, A. A. The effects of strength training on the kinematic parameters of the monopod pose in physically active girls / A. A. Melnikov, P. A. Smirnova // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 176-186.

Введение. Важной двигательной способностью спортсменов многих видов спорта является способность к сохранению равновесия вертикальной позы. Значение системы регуляции равновесия обусловлено не только ее ролью в предупреждении падений и сохранении баланса в обычных бытовых ситуациях [7], но и ее участием как базовой способности в



эффективной реализации сложных спортивных движений [8, 10]. Недостаточность постурального равновесия ограничивает освоение сложных навыков и снижает их выполнение в изменяющихся условиях спортивной борьбы.

Регуляция равновесия позы включает три различных, но взаимосвязанных компонента: 1) антигравитацию как противодействие силе тяжести тела; 2) баланс (или само равновесие) как поддержание вертикальной позы, несмотря на ее нарушение, с помощью управление траекторией общего центра масс в горизонтальной плоскости и 3) ориентацию как сохранение линейного вертикального положения тела в пространстве [9]. Во время вертикального положения тела человек совершает малозаметные колебания, которые являются следствием нарушения баланса, например, вследствие дыхания, так и активности мышц, осуществляющих восстановление вертикальности позы. Как правило, для оценки равновесия оценивают амплитуду и скорость колебаний общего центра давления (ОЦД) как проекции общего центра масс на опору. Однако колебания ОЦД – это интегральный результат колебаний во множестве суставах тела. В привычной стойке на твердой опоре основные колебания происходят в голеностопном суставе [12], однако в коленных, тазобедренных и в различных отделах позвоночника отмечаются существенные колебания [1]. Поэтому для детальной и оценки регуляции позы необходимо оценивать колебания углов в различных суставах тела.

Под влиянием спортивной тренировки устойчивость позы повышается [3]. Однако механизмы, которые лежат в основе этого роста, остаются полностью не выясненными. Важное значение имеют силовые способности постуральных мышц нижних конечностей. Действительно, ряд работ показал, что скорость колебаний ОЦД тела повышается у пожилых лиц с возрастной саркопенией [4] или при снижении силовых способностей [6]. Напротив, у тяжелоатлетов устойчивость позы, особенно в более сложных условиях при отсутствии зрительных сигналов и на податливой опоре, значительно выше, чем у лиц, не занимающихся спортом [5]. Таким образом, совершенствование регуляции позы у спортсменов может быть связано с улучшением силовых и скоростно-силовых способностей нижних конечностей. Мы предположили, что силовая тренировка будет увеличивать не только силовые способности, но и регуляцию позы, что будет сочетаться снижением колебаний в голеностопном и коленном суставе в вертикальной позе. **Цель работы** - оценить эффект силовой тренировки на кинематические показатели устойчивости моноопорной позы у молодых физически активных девушек.



Методы исследования.

Организация исследования. В исследовании на добровольной основе принимали участие здоровые девушки-студентки ($n = 38$, 18-21 год), ведущие физически активный образ жизни. 19 девушек вошли в группу «Контроль» и 19 – в экспериментальную группу «Сила». Основные антропометрические показатели перед тренировкой не различались между группами.

Студентки группы «Контроль» занималась физическими упражнениями дважды в неделю в рамках дисциплины «физическая культура». Экспериментальная группа занималась по программе силовой тренировки (3 раза в неделю по 60-80 мин). Для развития силовых способностей применялись: плиометрические упражнения; упражнения со штангой и гантелями (приседание со штангой, выпады с гантелями, 10-30 повторных максимумов); упражнения на силовых тренажерах (сгибание и разгибание ног в коленном суставе, сопротивление составляло 5-20 повторных максимумов). Упражнения выполняли повторным методом силовой тренировки. Интервал отдыха между подходами варьировал от 1 мин после низкоинтенсивных упражнений до 3-4 мин после околорексимальных сопротивлений.

Оценка кинематических показателей опорной конечности. Для оценки устойчивости вертикальной моноопорной позы на неподвижной *стабилоплатформе* (Платформа) и качающейся в сагиттальной плоскости *пресс-папье* (Папье, $h = 10$ см, $r = 60$ см) программно определяли кинематические показатели: 1) среднеквадратическое отклонение (или амплитуду) колебаний углов суставов ($SD_{с/ф}$ в град); 2) среднюю угловую скорость колебаний углов ($V_{с/ф}$ в град/с) в голеностопном (ГСС) и тазобедренном (ТБС) суставах опорной конечности в сагиттальной и фронтальной (с/ф) плоскости с помощью трех датчиков-гироскопов («Neurocor Trast-M»), закрепленных эластичной лентой на тыльной стороне стопы, латеральных сторонах голени и бедра. Уменьшение скорости или амплитуды колебаний указывает на повышение стабильности вертикальной позы и совершенствование ее устойчивости. Испытуемые стояли в моноопорной позе на неведущей ноге с закрытыми (40 с) глазами, вторая нога была согнута в коленном суставе (около 100 град), руки были скрещены и прижаты к груди.

Силовые способности определяли с помощью функциональных тестов: 1) прыжок в длину с места (см); 2) время бега на 12 м с автоматической фиксацией времени с помощью Apple iPad и приложения «SprinterTimer»; 3) силовых тестов: сгибание (максимальное число повторений с отягощением 30 кг) и разгибание (максимальное число



повторений с отягощением 40 кг) обеих ног в коленном суставе на специальном силовом тренажере.

Статистика. Результаты в таблицах представлены как медиана (Me) \pm межквартильный рамах (25% - 75%). Двухфакторный анализ для повторных измерений (ANOVA) использовали для определения различий в динамике показателей силовых способностей между группами «Контроль» и «Сила». Для всех показателей определяли степень изменения за экспериментальный период относительно исходного уровня (Δ , %). По данным критерия Shapiro-Wilk значительная часть показателей, кроме силовых, имела ненормальное распределение. Сравнительный анализ между группами выполняли с помощью критерия Mann-Whitney. Различия до и после экспериментального периода в группах выполняли с помощью парного теста Wilcoxon. Расчеты выполняли в программе Statistica v12.

Результаты и обсуждение

Эффект тренировки на силовые способности нижних конечностей. До тренировки группы не различались по всем силовым показателям. По данным ANOVA, изменения показателей во всех функциональных тестах в группе «Сила» существенно отличались от динамики показателей в группе «Контроль» (все $p < 0,05$). Как результат, у девушек группы «Сила» после 10-недельной тренировки показатели в тестах разгибание и сгибание ног в коленных суставах с субмаксимальным сопротивлением стали больше ($p < 0,05$), а прыжок в длину с места - дальше, чем в «Контроль» на уровне тенденции ($p = 0,063$). Несмотря на отличия в динамике, время бега на 12 м не различались между группами после тренировки. В целом, силовая тренировка в экспериментальной группе привела к существенному увеличению силовой выносливости и менее значимому улучшению мощности мышц, указывая на её эффективность.

Кинематические показатели опорной конечности в моноопорной стойке на платформе с закрытыми глазами. Группы не различались по кинематическим показателям в стойке на платформе как до, так и после тренировки (табл. 1). После тренировки в группе «Сила» по сравнению с исходным уровнем снизились (табл. 1): Vc-KC ($p < 0,05$), SDф-ГСС ($p < 0,01$) и Vф-ГСС ($p < 0,01$). Однако эти изменения в группе «Сила» не отличались от динамики этих показателей в группе «Контроль» (все $p > 0,1$).



Таблица 1 - Кинематические показатели опорной конечности в стойке на платформе с закрытыми глазами до и после силовой тренировки (Ме [25%-75%]).

Показатели	«Сила»	«Контроль»	p
Коленный сустав			
SDc-КC, град (до)	1,35 [0,58 - 1,91]	1,46 [0,83 - 2,32]	0,735
SDc-КC, град (после)	0,97 [0,65 - 1,52]	1,05 [0,74 - 0,80]	0,456
Δ SDc-КC, %	-37,7 [-59,3 - 47,7]	-12,1 [-34,1 - 11,7]	0,626
Vc-КC, град/с (до)	5,44 [3,29 - 7,43]	4,16 [3,57 - 5,49]	0,371
Vc-КC, град/с (после)	4,79 [3,23 - 6,35]	4,14 [3,14 - 5,72]	0,524
Δ Vc-КC, %	-10,9 [-29,4 - 12,03]*	-3,4 [-13,8 - 8,17]	0,303
Голеностопный сустав			
SDc-ГСС, град (до)	1,15 [0,79 - 1,71]	1,07 [0,86 - 0,53]	0,860
SDc-ГСС, град (после)	1,34 [0,73 - 1,81]	1,12 [0,91 - 1,38]	0,787
Δ SDc-ГСС, %	5,6 [-28,6 - 98,6]	17,3 [-35,0 - 57,0]	0,828
SDф-ГСС, град (до)	3,56 [1,88 - 6,85]	3,49 [2,70 - 4,68]	0,807
SDф-ГСС, град (после)	3,26 [1,54 - 4,70]	3,42 [2,58 - 3,99]	0,588
Δ SDф-ГСС, %	-18,8 [-38,6 - 4,0]**	-5,3 [-23,3 - 14,1]	0,233
Vф-ГСС, град/с (до)	14,70 [12,0 - 28,4]	16,50 [12,0 - 18,8]	0,725
Vф-ГСС, град/с (после)	12,45 [7,91 - 21,22]	14,73 [8,90 - 18,03]	0,903
Δ Vф-ГСС, %	-20,1 [-33,7 - 2,3]**	-10,4 [-19,9 - 14,8]	0,267
Vc-ГСС, град/с (до)	4,95 [3,71 - 8,20]	4,10 [3,41 - 5,22]	0,198
Vc-ГСС, град/с (после)	5,26 [4,14 - 7,25]	4,76 [3,31 - 6,32]	0,343
Δ Vc-ГСС, %	-8,1 [-28,9 - 32,5]	1,4 [-16,0 - 34,4]	0,432

Примечание (здесь и далее): Δ – изменение за период тренировки; SDф / SDc – амплитуда колебаний угла в суставе по фронтالي / по сагиттали; Vc / Vф – скорость колебаний суставных углов по сагиттали / по фронтали; КС – коленный сустав; ГСС – голеностопный сустав; * / ** - $p < 0,05 / 0,01$ по сравнению с исходным периодом; p – значимость различий между группами.

Кинематические показатели опорной конечности в моноопорной стойке на качающейся пресс-папье с закрытыми глазами. Постуральный тест на пресс-папье оказался достаточно сложным заданием, которое смогли пройти только 10 девушек из группы «Сила» и 11 девушек – из группы «Контроль». Поэтому анализ эффекта тренировки выполнен при участии меньшего количества испытуемых. В группе «Сила» после тренировки выявлено снижение V-КC-ПП на 20,0% ($p < 0,05$), SDф-ГСС-ПП на 22,8% ($p < 0,05$. Таблица 2), Vф-ГСС-ПП-3Г на 20,1% ($p < 0,05$) по



сравнению с исходным уровнем (табл. 2). Однако различия в динамике этих показателей между группами были на уровне тенденции: по Δ SD-КК-ПП ($p = 0,079$) и Δ V-КК-ПП-ЗГ ($p = 0,079$).

Таблица 2 - Изменение кинематических показателей опорной конечности в стойке на пресс-папье с закрытыми глазами до и после силовой тренировки (Me [25%-75%]).

Показатели	«Сила» ($n = 10$)	«Контроль» ($n = 11$)	p
Коленный сустав			
SDc-КК-ПП, град (до)	1,60 [1,02 - 2,10]	1,78 [1,15 - 3,17]	0,903
SDc-КК-ПП, град (после)	1,84 [1,00 - 3,04]	2,79 [1,55 - 3,88]	0,307
Δ SDc-КК-ПП, %	-12,2 [-46,9 - 58,8]	37,8 [0,9 - 118,0]	0,079
Vc-КК-ПП, град/с (до)	7,30 [6,53 - 9,59]	7,46 [5,86 - 8,98]	0,967
Vc-КК-ПП, град/с (после)	6,62 [4,97 - 7,88]	7,42 [5,23 - 11,18]	0,307
Δ Vc-КК-ПП, %	-20,0 [-30,6 - 7,9]*	7,2 [-23,3 - 26,7]	0,079
Голеностопный сустав			
SDc-ГСС-ПП, град (до)	3,82 [2,94 - 5,12]	4,55 [3,65 - 5,19]	0,597
SDc-ГСС-ПП, град (после)	3,67 [3,23 - 4,16]	4,13 [3,65 - 4,53]	0,170
Δ SDc-ГСС-ПП, %	-13,2 [-39,6 - 24,5]	-0,4 [-18,7 - 20,6]	0,549
SDф-ГСС-ПП, град (до)	5,15 [3,30 - 6,03]	5,11 [3,67 - 5,99]	0,860
SDф-ГСС-ПП, град (после)	3,70 [2,54 - 4,67]	4,13 [2,92 - 5,94]	0,170
Δ SDф-ГСС-ПП, %	-22,8 [-37,5 - 1,5]*	-19,2 [-36,2 - 32,7]	0,504
Vф-ГСС-ПП, град/с (до)	19,06 [15,35 - 20,68]	18,97 [16,58 - 22,38]	0,916
Vф-ГСС-ПП, град/с (после)	14,61 [12,83 - 16,43]	16,66 [12,59 - 24,64]	0,418
Δ Vф-ГСС-ПП, %	-21,1 [-29,8 - 4,3]*	-17,6 [-32,9 - 9,1]	0,860
Vc-ГСС-ПП, град/с (до)	12,27 [11,96 - 17,64]	14,09 [10,47 - 16,64]	0,972
Vc-ГСС-ПП, град/с (после)	11,91 [11,33 - 13,70]	13,08 [10,34 - 15,88]	0,597
Δ Vc-ГСС-ПП, %	-5,9 [-29,4 - 5,5]	-3,1 [-21,4 - 17,5]	0,460



Примечание: ПП - пресс-папье

Результаты проведенного эксперимента в целом показали, что любительская тренировка силовой направленности, приводящая к повышению силовых показателей нижних конечностей, не вызывает существенных изменений кинематических показателей в стойке на неподвижной платформе и снижает скорость колебаний углов в коленном суставе в динамической стойке на подвижной по сагиттали пресс-папье. Однако можно говорить только о позитивной тенденции к снижению подвижности коленного сустава в динамическом поструральном задании после тренировки, поскольку отличия от изменений в «Контроле» были только на уровне тенденции ($p < 0,08$).

Наши результаты противоречат результатам работ [13], в которых показан позитивный эффект силовой тренировки на регуляцию статической моноопорной позы, но согласуется с данными [14] о ее низкой эффективности. Вместе с тем, эффект силовой тренировки был более очевиден для динамической стойки на подвижной опоре, чем для статической стойки на платформе.

Механизмы отсутствия выраженного эффекта тренировки могут быть связаны, во-первых, с недостаточным силовым воздействием, применявшимся на тренировках, поскольку программа была любительского уровня. Это может подтверждать отсутствие различий между группами в прыжках в длину и спринте на 12 м после тренировки. Во-вторых, хотя силовая тренировка вызывает множество позитивных эффектов, которые включают факторы регуляции позы и движений, например, рост скорости развития силы, повышение сенсомоторной чувствительности, повышение стабильности силы [2], однако прямого переноса адаптационных перестроек после силовой тренировки на регуляцию позы и движений не происходит [11]. Поэтому можно отметить, что прирост силовых способностей вызвал небольшое повышение стабильности коленного сустава опорной конечности во время сложного пострурального теста на подвижной опоре. Эти результаты позволяют рекомендовать применение силовых упражнений для повышения стабильности коленного сустава во время динамических поз, что может предупреждать повреждения связочного аппарата во время занятий спортом.

Заключение

Результаты исследования показали, что увеличение силовых способностей нижних конечностей после любительской программы силовой тренировки не оказывало существенного влияния на кинематические показатели опорной конечности в статической стойке на устойчивой опоре, но вызвало небольшое увеличение стабильности коленного сустава в динамической стойке на подвижной опоре.



Список источников

1. Алмейда, Г. Л. Постуральная стратегия удержания равновесия на качелях / Г. Л. Алмейда, Р. Л. Карвалью, В. Л. Талис // Походка и осанка. - 2006. - Т. 23. - С. 17-21.

2. Андерсон, К. Влияние тренировок с сопротивлением нестабильности на равновесие и стабильность / К. Андерсон, Д. Г. Бем // Спортивная медицина. - 2005. - Т. 35. - № 1. - С. 43-53.

3. Стабильность осанки у спортсменов: роль спортивного направления / А. Андреева, А. Мельников, Д. Скворцов, К. Ахмерова [и др.] // Походка и осанка. - 2021. - Т. 89. - С. 120-125.

4. Возрастное относительное увеличение электромиографической активности и крутящего момента в зависимости от максимальной мощности при вертикальном положении / М. Бийо, Э. М. Симоно, Дж. Ванхукке, А. Мартин // Eur. J. Appl. Физиол. - 2010. - Т. 109. - С. 669-680.

5. Брайантон, М. А. Влияние зрения и податливости поверхности на равновесие у нетренированных и силовых спортсменов / М. А. Брайантон, М. Билодо // J. Mot. 1. - 2019. - Т. 51. - № 1. - С. 75-82.

6. Мышечная слабость ухудшает проприоцептивный контроль положения человека / А. А. Батлер, С. Р. Лорд, М. У. Роджерс, Р. К. Фитцпатрик // Исследования мозга - 2008. - Том 1242. - С. 244-251.

7. Тест на физическую работоспособность как предиктор частых падений: проспективное когортное исследование на базе сообщества / К. Дельбере, Н. Ван ден Нортгейт, Дж. Бургуа, Г. Вандерстраэтен, У. Тайн, Д. Камбье // Клин. Реабилитация. - 2006. - Т. 20. - С. 83-90.

8. Хрисомаллис, С. Способность к равновесию и спортивные результаты / С. Хрисомаллис // Спортивная медицина. - 2011. - Т. 41. - С. 221-232.

9. Иваненко, Ю. Контроль позы человека / Ю. Иваненко, В. С. Гурфинкель // Фронт. Неврологи. - 2018. - Т. 12. - С. 171.

10. Систематический обзор взаимосвязи между физической активностью в спорте или повседневной жизни и осанкой в вертикальном положении / Х. Кирс, Х. ван Диен, Х. Деккерс, Л. Виттинк, Дж. Ванхис // Спортивная медицина. - 2013. - Т. 43. - № 11. - С. 1171-89.

11. Специфика тренировки равновесия у здоровых людей: систематический обзор и мета-анализ / Й. Кюммель, А. Крамер, Л. С. Гибоин, М. Грубер // Спортивная медицина. - 2016. - Т. 46. - № 9. - С. 1261.

12. Мэдиган, М. Л. На осанку и кинематику суставов во время спокойного стояния влияет усталость поясничных разгибателей / М. Л.



Мэджиган, Б. С. Дэвидсон, М. А. Нуссбаум // Хум. Мов. Наука. – 2006. – Т. 25. - № 6. – С. 788-799.

13. Силовые тренировки улучшают равновесие у здоровых пожилых людей / Р. Опп, Н. Дж. де Вос, Н.А. Сингх [и др.] // J. Gerontol. Биол. наук. Мед. наук. - 2006. - Т. 61. - № 1. - с. - 78-84.

14. Скалторп, Н.Ф. Один сеанс высокоинтенсивной интервальной тренировки (НИТ) каждые 5 дней улучшает мышечную силу, но не статическое равновесие у мужчин, ведущих сидячий образ жизни, в течение всей жизни: рандомизированное контролируемое исследование / Н. Ф. Скалторп, П. Герберт, Ф. Грейс // Медицина (Балтимор). - 2017. - Т. 96. - № 6. - С. 6040.

References

1. Almeida, G. L. Postural strategy to keep balance on the seesaw / G. L. Almeida, R. L. Carvalho, V. L. Talis // Gait Posture. - 2006. – Vol. 23. – pp. 17–21.

2. Anderson, K. The Impact of Instability Resistance Training on Balance and Stability / K. Anderson, D. G. Behm // Sports Med. – 2005. – Vol. 35. – № 1. – pp. 43-53.

3. Postural stability in athletes: The role of sport direction / A. Andreeva, A. Melnikov, D. Skvortsov, K. Akhmerova [et al.] // Gait & posture. - 2021. - Vol. 89. - pp. 120–125.

4. Age-related relative increases in electromyography activity and torque according to the maximal capacity during upright standing / M. Billot, E. M. Simoneau, J. VanHoecke, A. Martin // Eur. J. Appl. Physiol. – 2010. – Vol. 109. – pp. 669–680.

5. Bryanton, M. A. The Effect of Vision and Surface Compliance on Balance in Untrained and Strength Athletes / M. A. Bryanton, M. Bilodeau // J. Mot. Behav. – 2019. – Vol. 51. – №. 1. – pp. 75-82.

6. Muscle weakness impairs the proprioceptive control of human standing / A. A. Butler, S. R. Lord, M. W. Rogers, R. C. Fitzpatrick // Brain Res. – 2008. – Vol. 1242. – pp. 244-251.

7. The Physical Performance Test as a predictor of frequent fallers: a prospective community-based cohort study / K. Delbaere, N. Van den Noortgate, J. Bourgois, G. Vanderstraeten, W. Tine, D. Cambier // Clin. Rehabil. - 2006. – Vol. 20. – pp. 83-90.

8. Hrysomallis, C. Balance ability and athletic performance / C. Hrysomallis // Sport Med. – 2011. - Vol. 41. - pp. 221–232.

9. Ivanenko, Y. Human Postural Control / Y. Ivanenko, V. S. Gurfinkel // Front. Neurosci. – 2018. – Vol. 12. – P. 171.



10. A systematic review of the relationship between physical activities in sports or daily life and postural sway in upright stance / H. Kiers, H. van Dieën, H. Dekkers, L. Wittink, J. Vanhees // *Sports Med.* - 2013. - Vol. 43. - № 11. – pp. 1171-89.

11. Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis / J. Kümmel, A. Kramer, L. S. Giboin, M. Gruber // *Sports Med.* - 2016. - Vol. 46. - № 9. - P. 1261.

12. Madigan, M. L. Postural sway and joint kinematics during quiet standing are affected by lumbar extensor fatigue / M. L. Madigan, B. S. Davidson, M. A. Nussbaum // *Hum. Mov. Sci.* – 2006. – Vol. 25. - № 6. – pp. 788-799.

13. Power training improves balance in healthy older adults / R. Orr, N. J. de Vos, N.A. Singh [et al.] // *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* - 2006. - Vol. 61. - № 1. - pp. - 78-84.

14. Sculthorpe, N. F. One session of high-intensity interval training (HIIT) every 5 days, improves muscle power but not static balance in lifelong sedentary ageing men: A randomized controlled trial / N. F. Sculthorpe, P. Herbert, F. Grace // *Medicine (Baltimore).* - 2017. - Vol. 96. - № 6. - P. 6040.



УДК 796.012.1:615.825.4

БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА В ПРОЦЕССЕ ЗАНЯТИЙ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ХОДЬБОЙ

Александр Игоревич Милюков¹, *магистрант*

Максим Викторович Ерёмин², *канд. пед. наук, доцент, преподаватель высшей категории*

Татьяна Евгеньевна Демидова³, *д-р исторических наук, профессор*

^{1,2,3}*Российский государственный социальный университет, г. Москва, Россия*

Аннотация. Сегодня оздоровительная ходьба занимает особое место в жизнедеятельности лиц пожилого возраста, т.к. данный вид физической активности способствует сохранению и укреплению здоровья, в том числе увеличивает продолжительность жизни. Биомеханика в процессе оздоровительной ходьбы у лиц пожилого возраста зачастую нарушена и сопровождается возрастными заболеваниями. В статье анализируются результаты эксперимента, направленного на оценку биомеханики двигательных способностей у лиц пожилого возраста в процессе занятий оздоровительной ходьбой.

Ключевые слова: оздоровительная ходьба, лица пожилого возраста, здоровье, ходьба, биомеханика, двигательные способности, физическая активность

Для цитирования: Милюков, А. И. Биомеханика двигательных способностей у лиц пожилого возраста в процессе занятий оздоровительной ходьбой / А. И. Милюков, М. В. Ерёмин, Т. Е. Демидова // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 187-194.

BIOMECHANICS OF MOTOR ABILITIES IN ELDERLY PEOPLE IN THE PROCESS OF RECREATIONAL WALKING

Alexander I. Milyukov¹, *Master's student*

Maxim V. Eremin², *Candidate of Pedagogical Sciences, associate professor, teacher of the highest category*

Tatiana E. Demidova³, *Doctor of Historical Sciences, Professor*



Abstract. Today, recreational walking occupies a special place in the life of the elderly, because this type of physical activity contributes to the preservation and strengthening of health, including increases life expectancy. Biomechanics in the process of wellness walking in the elderly is often disrupted and accompanied by age-related diseases. The article analyzes the results of an experiment aimed at assessing the biomechanics of motor abilities in elderly people during recreational walking.

Keywords: wellness walking, elderly people, health, walking, biomechanics, motor abilities, physical activity

For citation: Milyukov, A. I. Biomechanics of motor abilities in elderly people during recreational walking / A. I. Milyukov, M. V. Eremin, T. E. Demidova // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 187-194.

Введение. На сегодняшний день одним из популярных видов двигательной активности для лиц пожилого возраста является ходьба, которая может подразделяться на скандинавскую, спортивную и оздоровительную. Более эффективной является оздоровительная ходьба, в процессе которой задействовано до 90% мышц всего тела. Но в силу возрастных особенностей, лица пожилого возраста имеют ограничения по здоровью, которые мешают их жизнедеятельности, снижая здоровье и физическое состояние. Поэтому очень важно обращать внимание на биомеханику двигательных способностей у лиц пожилого возраста не только в процессе занятий оздоровительной ходьбой, но и в повседневной жизни.

В повседневной жизни лица пожилого возраста сталкиваются с множеством трудностей бытового характера. Например, перенести правильно груз (донести продукты из магазина или иные дачные работы), что впоследствии провоцирует повышенный травматизм (боли в спине, мышцах и коленях). Также это касается тренировочного процесса. Зачастую при занятиях оздоровительной ходьбой пожилые допускают ошибки в технике выполнения упражнений, что впоследствии приводит к негативному влиянию на организм (травмам). Поэтому необходимо следить за биомеханикой движений пожилых людей, т.к. у данной возрастной группы ограничены двигательные возможности.



Актуальность. Оздоровительная ходьба рекомендована лицам пожилого возраста, т.к. ограничения практически отсутствуют. Данный вид двигательной активности эффективно борется с избыточным весом, нормализует давление, повышает подвижность и в целом благоприятно воздействует на организм человека [1,3].

С выходом на пенсию у лиц пожилого возраста наступает психоэмоциональный упадок, который порой приводит к маниакально-депрессивному состоянию. Для того чтобы не допустить развития депрессии и стресса, важно вовремя заинтересовать данную группу населения занятиями оздоровительной ходьбой [5].

В процессе занятий оздоровительной ходьбой улучшается не только физическое, но и психоэмоциональное состояние. Лица пожилого возраста в период посещения занятий знакомятся с новыми людьми, общаются, обучаются новым упражнениям и т.д. – в совокупности улучшают своё психологическое здоровье и более безболезненно адаптируются в социуме после выхода на пенсию [2,4].

Цель – оценить биомеханику двигательных способностей у лиц пожилого возраста в процессе занятий оздоровительной ходьбой

Испытуемые. В эксперименте приняли участие 30 лиц пожилого возраста, из них 15 мужчин и 15 женщин.

Методы исследования. Для достижения поставленной цели был использован констатирующий педагогический эксперимент.

Обсуждение результатов исследования. Биомеханика оздоровительной ходьбы заключается в правильности выполнения движений. Движение при ходьбе происходит в вертикальной, горизонтальной и фронтальной плоскостях. Каждый цикл ходьбы начинается с постановки пятки на грунт (ровную поверхность), при этом стопа должна опускаться мягко, избегая резкой ударной постановки. В процессе переката с пятки на всю стопу необходимо переместить вес тела на опорной ногу. Постановка опорной ноги должна быть уверенной и твёрдой. При этом постановка всей стопы на грунт происходит после отталкивания, т. е. ключевая фаза шага. За счёт данной фазы происходит продвижение вперёд. Закачивается фаза отрывом носка опорной ноги от грунта.

К биомеханическим критериям ходьбы принято относить:

1. сохранение вертикального положения и контроль за равновесием при перемещении тела вперёд;
2. отслеживание постановки стопы;
3. контроль ритма движений в процессе ходьбы;
4. взаимосвязь всего тела в процессе передвижения;



5. формирование гибкости двигательного навыка ходьбы при смене местности или поставленных задач.

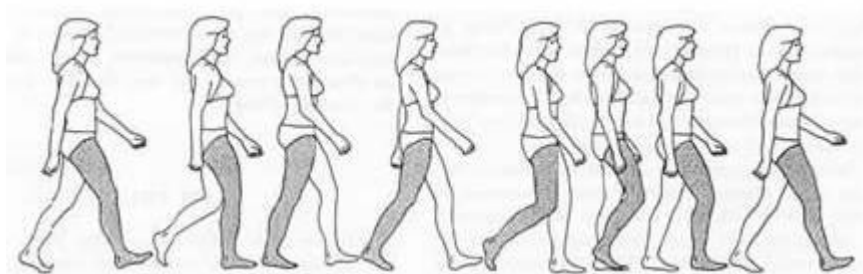


Рисунок 1 – Техника оздоровительной ходьбы.

Для наглядности на Рис. 1 мы отразили технику оздоровительной ходьбы, более подробно рассмотрим данный момент.

Характеристика шагательных движений является попеременной активностью ног, чередованием отталкивания и переноса каждой ноги. Каждая нога поочередно бывает опорной и переносной. Опорный период имеет фазы амортизации и отталкивания, а переносный – фазы подъёма и торможения движения ноги.

Базовое шагательное движение характеризуется фазой отталкивания и непрерывно связано с подготовкой и переходом к фазе амортизации.

Фаза амортизации начинается с постановки ноги с пятки на опору. Амортизация характеризуется плавной остановкой движения тела по направлению к опоре. В данном процессе происходит растягивание мышц и уменьшение скорости движения. К концу фазы амортизации скорость тела значительно снижается, полное окончание данной фазы наступает с полным прекращением движения тела вниз.

Фаза отталкивания осуществляется с разгибания опорной ноги в коленном суставе. Заканчивается фаза отталкивания в момент отрыва стопы от опоры.

После опорного периода ноги наступает период её переноса. Фаза подъёма осуществляется в момент отрыва ноги от опоры, а заканчивается при её движении вперёд (относительно таза). В данный момент опора тела происходит на одной ноге и длится до момента опускания ноги на опору.



При этом фаза опускания ноги на опору начинается с момента крайнего положения бедра вперёд и кверху и заканчивается постановкой стопы на опору. Руки в процессе движения двигаются свободно и ритмично.

Также в процессе занятий оздоровительной ходьбой важно уделять внимание таким критериям, как ПАНО и МПК. ПАНО характеризуется как порог анаэробного обмена, а МПК – максимальное количество кислорода, усваиваемого организмом человека за 1 минуту. По рекомендациям ВОЗ, следует использовать в качестве показателя физической работоспособности величину МПК, которая характеризует работу сердечно-сосудистой и дыхательной систем. В период 20 – 25 лет МПК развивается естественным путём, от 25 до 35 лет наступает процесс стабилизации и после 35 лет наступает постепенное снижение. Начиная с 65 лет, показатели МПК снижаются примерно на одну треть, у нетренированных лиц длительность выполнения физической нагрузки на уровне МПК может составлять 1 – 5 минут, а у спортсменов 10-15 минут.

Порог анаэробного обмена (ПАНО) – это уровень интенсивности нагрузки, при котором концентрация молочной кислоты (лактата) в крови начинает резко увеличивается за счёт скорости его образования и скорости утилизации, достигая отметки 4 ммоль/л. Определить уровень ПАНО для начинающих можно по формуле $180 - \text{возраст (в годах)}$, так, например, лица пожилого возраста, начинающие заниматься оздоровительной ходьбой в возрасте 55 лет: $180 - 55 = 125$. Полученный результат сигнализирует его максимально допустимую ЧСС, при этом обозначает границу аэробной зоны, соответствующие уровню ПАНО.

До 20 лет – 200 у./мин. (уровень анаэробного порога – 160 уд/мин.)

20-29 лет – 190 уд/мин. (АП – 150 уд/мин.)

30-39 лет – 180 уд/мин. (АП – 145 уд/мин.)

40-49 лет – 170 уд/мин. (АП – 135 уд/мин.)

50-59 лет – 160 уд/мин. (АП – 130 уд/мин.)

60-69 лет – 150 уд/мин. (АП – 120 уд/мин.)

Скорость оздоровительной ходьбы на уровне анаэробного порога ниже 65 – 85% является наиболее эффективной, имеет оздоровительную направленность и характеризуется развивающимся процессом. Скорость оздоровительной ходьбы при ЧСС ниже уровня ПАНО в среднем на 70% относится к восстановительному процессу, способна решать задачи по восстановлению организма.

В процессе эксперимента нами был разработан план занятий по оздоровительной ходьбе для лиц пожилого возраста в период выхода на пенсию. Для этого необходимо оценить состояние здоровья, исходя из анализа медицинских справок, карт, дополнительные опросы занимающихся, сбор и анализ информации о состоянии здоровья лиц



пожилого возраста. После сбора и анализа информации были выделены следующие особенности здоровья испытуемых:

1. Наличие избыточного веса, нарушение походки, повышенное давление и атрофия мышц.

2. Нарушение психоэмоционального состояния (стресс, депрессии, боязнь получить травму в процессе занятий оздоровительной ходьбы).

Исходя из полученных данных, был сформирован план занятий по оздоровительной ходьбе, включающий следующие стадии:

- 1 стадия – разминка, включающая базовые общеразвивающие упражнения (ОРУ).

- 2 стадия – основная часть, характеризующаяся оздоровительной ходьбой в течении от 40 мин до 1 часа, со скоростью 6 – 8 км/ч.

- 3 стадия – заминка, ходьба в спокойном (комфортном) темпе для занимающихся в течение 10-15 мин.

После 3-х месячного эксперимента мы получили следующие положительные результаты:

1. Снижение избыточного веса.

2. Нормализация давления.

3. Улучшение осанки, походки и устойчивости.

4. Отступили психоэмоциональные недуги.

5. Появился стимул к жизни, адаптация (социализация) после выхода на пенсию протекает благоприятно, отклонения отсутствуют.

Таким образом, можно сказать, что поставленный эксперимент считается успешным, разработанный нами план занятий по оздоровительной ходьбе имеет положительное влияние на физическое и психоэмоциональное состояние лиц пожилого возраста после выхода на пенсию.

Выводы. Подводя итоги эксперимента, можно констатировать, что оздоровительная ходьба на лиц пожилого возраста влияет благоприятно, способствует сохранению и укреплению здоровья, в том числе, положительно влияет на продолжительность жизни, а также борется с психоэмоциональными расстройствами (стрессом и депрессиями), помогает социализироваться после выхода на пенсию.

© Милюков А. И., Ерёмин М. В., Демидова Т. Е., 2022

Список источников

1. Активный образ жизни лиц пожилого возраста как путь к долголетию / М. В. Еремин, А. И. Милюков, Т. Е. Демидова, А. Ю. Пачин // Актуальные проблемы теории и практики спортивной тренировки и оздоровительной физической культуры : материалы Всероссийской научно-



практической конференции с международным участием. – Самара : Научно-технический центр, 2022. – С. 85-93.

2. Еремин, М. В. Методика похудения лиц с избыточной массой тела путём здорового питания и спортивной ходьбы [Электронный ресурс] / М. В. Еремин, А. И. Милоков, А. Ю. Пачин // Научный вестник МГУСиТ : спорт, туризм, гостеприимство. - 2021. – № 2 (68). – С. 135–140.

3. Еремин, М. В. Скандинавская ходьба как эффективное средство физической активности в укреплении и оздоровлении организма человека / М. В. Еремин, А. И. Милоков, А. Ю. Пачин // Физическое воспитание и детско-юношеский спорт. – 2018. – № 2. – С. 36–38.

4. Милоков, А. И. Механизм сохранения здоровья и повышения продолжительности жизни для лиц пожилого возраста за счёт использования оздоровительной ходьбы и здорового питания / А. И. Милоков, М. В. Еремин, А. Ю. Пачин // Актуальные проблемы теории и практики спортивной тренировки и оздоровительной физической культуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Самара : Научно-технический центр, 2022. – С. 202-209.

5. Милоков, А. И. Скандинавская ходьба как один из эффективных факторов укрепления здоровья лиц пожилого возраста / А. И. Милоков, М. В. Еремин // Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы : сборник материалов XV Международной студенческой научно-практической конференции. Часть 2 / [Электронное издание]. – Москва : Московский государственный университет спорта и туризма. 2021. – С. 333–338.

References

1. Active lifestyle of elderly people as a way to longevity / M. V. Eremin, A. I. Milyukov, T. E. Demidova, A. Yu. Pachin // Actual problems of theory and practice of sports training and health-improving physical culture : materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. – Samara : Scientific and Technical Center, 2022. – pp. 85-93.

2. Eremin, M. V. Method of weight loss of overweight people by healthy eating and sports walking [Electronic resource] / M. V. Eremin, A. I. Milyukov, A. Yu. Pachin // Scientific Bulletin of MGUSiT : sport, tourism, hospitality. - 2021. – № 2 (68). – Pp. 135-140.

3. Eremin, M. V. Scandinavian walking as an effective means of physical activity in strengthening and improving the human body / M. V. Eremin, A. I. Milyukov, A. Yu. Pachin // Physical education and youth sports. - 2018. – no. 2. – pp. 36-38.



4. Milyukov, A. I. The mechanism of preserving health and increasing life expectancy for the elderly through the use of health-improving walking and healthy eating / A. I. Milyukov, M. V. Eremin, A. Yu. Pachin // Actual problems of theory and practice of sports training and health-improving physical culture : materials of the All-Russian Scientific and practical conference with international participation. – Samara : Scientific and Technical Center, 2022. – pp. 202-209.

5. Milyukov, A. I. Scandinavian walking as one of the effective factors for improving the health of the elderly / A. I. Milyukov, M. V. Eremin // Tourism industry: opportunities, priorities, problems and prospects : a collection of materials of the XV International Student Scientific and Practical Conference. Part 2 / [Electronic edition]. – Moscow : Moscow State University of Sports and Tourism. 2021. – pp. 333-338.



УДК 612.763

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СИНЕРГИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКОМОТОРНЫМ ЦИКЛОМ

Сергей Александрович Моисеев¹, канд. биол. наук, научный сотрудник
¹Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Россия, г. Великие Луки

Аннотация. Рассматривали кинематические синергии, включающие перемещение сегментов тела нижних конечностей и изменения амплитуды движений суставных углов в условиях произвольно выполняемых локомоций и при шагоподобных движениях, инициируемых чрезкожной электрической стимуляцией спинного мозга. Установлены отличительные особенности пространственно-временной структуры кинематических синергий, вероятно, связанных с преимущественным воздействием стимуляции спинного мозга на ритмогенерирующую часть нейрональной сети спинного мозга.

Ключевые слова: кинематические синергии, локомоции, электростимуляция спинного мозга, управление движением

Для цитирования: Моисеев, С. А. Кинематические синергии в системе управления локомоторным циклом / С. А. Моисеев // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 195-201.

KINEMATIC SYNERGIES IN THE LOCOMOTIVE CYCLE CONTROL SYSTEM

Sergey A. Moiseev¹, PhD. *biol. sciences, researcher*

¹*Velikoluk State Academy of Physical Culture and Sports", Velikiye Luki, Russia*

Abstract. Kinematic synergies were considered, including the movement of segments of the body of the lower extremities and changes in the amplitude of movements of articular angles under conditions of arbitrarily performed locomotion and with step-like movements initiated by percutaneous electrical stimulation of the spinal cord. Distinctive features of the spatio-temporal structure of kinematic synergies have been established, probably related to the predominant



effect of spinal cord stimulation on the rhythmogenerating part of the spinal cord neuronal network.

Keywords: kinematic synergies, locomotion, electrical stimulation of the spinal cord, motion control

For citation: Moiseev, S. A. Kinematic synergies in the locomotor cycle Control system / S. A. Moiseev // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 195-201.

Введение. На кинематическом уровне исследования синергетическое взаимодействие сегментов тела выявляется при рассмотрении разнообразных двигательных задач: локомоций, сохранение вертикальной устойчивости, а также сложных по координации двигательных актов. Центральной идеей синергизма на этом уровне является утверждение о том, что образование кинематических синергий может быть частью решения классической проблемы управления движением Н.А. Бернштейна – управление избыточностью степеней свободы.

Отличительной особенностью системы управления координационной структурой движения является способность настраивать кинематические синергии в соответствии с изменяющимися требованиями двигательной задачи. В стандартных условиях выполнения движения регистрируется определенный набор неизменных модулей, а при изменении условий реализации движений выявляются специфические для новых условий синергии. Показано, что управление пространственно-временными переменными движений осуществляется посредством гибкой модуляции соответствующих наборов синергий и их пространственно-временной архитектуры [1,2].

Актуальным на сегодняшний день остается вопрос о природе наблюдаемых синергетических эффектов как на мышечном, так и кинематическом уровнях. Постулируется, что наблюдаемые паттерны взаимодействия элементов системы (коактивация перемещения сегментов тела, суставных углов на кинематическом уровне; мышечного взаимодействия на мышечном уровне) являются результатом центрального управления, однако есть мнение, что они являются следствием биомеханических ограничений, накладываемых опорно-двигательным аппаратом [4,5]. Чтобы приблизиться к пониманию того, какое отношение к системе управления имеют наблюдаемые синергетические эффекты, необходимо их рассмотреть в условиях, частично исключаящих



произвольный компонент. В связи с этим **целью** работы явилось изучение синергетических паттернов пространственно-временной структуры локомоторного цикла в обычных условиях и под воздействием электрической стимуляции спинного мозга. Предполагалось, что структура двигательной активности в таких условиях будет иметь схожие паттерны взаимодействия суставных углов и перемещений сегментов тела нижних конечностей, что позволит приблизиться к пониманию степени участия центральных управляющих структур в организации и управлении структурой локомоций.

Методы исследования. Исследования проведены на 8 здоровых мужчинах в возрасте от 19 до 26 лет. Эксперименты выполнены в лаборатории физиологии движений Научно–исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры ВЛГАФК (Великие Луки). Испытуемые располагались в горизонтальной вывеске нижних конечностей на левом боку (рис. 1) [3]. Условия эксперимента включали выполнение произвольных локомоций без стимуляционного воздействия и при чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ). В анализ включали не менее 6 полных шагательных циклов (шагоподобных движений при ЧЭССМ), определяемых по крайним положениям плюсневой антропометрической точки правой ноги по сагиттальной оси.

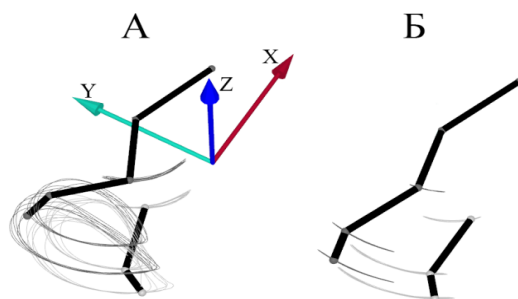


Рисунок 1 – Схема расположения испытуемого в условиях горизонтальной вывески и траектории движений основных антропометрических точек нижних конечностей. А – произвольные локомоции, Б – в условиях ЧЭССМ.



Стимуляция наносилась при помощи стимулятора Биокин ЭС-5 (ООО «Косима», Россия). Стимулирующий электрод располагался между позвонками T11 и T12, два анода – симметрично над гребнями подвздошных костей, частота стимуляции – 30 Гц. Сила тока стимуляции составляла от 30 до 90 мА. Как правило, ее было достаточно, чтобы вызвать шагоподобные движения у испытуемых (Gorodnichev et al., 2012).

Видеозахват движений сегментов тела нижних конечностей реализован в системе Qualisys (Швеция). Частота дискретизации составляла 500 Гц. Светоотражающие маркеры размещались на следующих антропометрических точках: плюсневой, нижеберцовой, вышеберцовой, вертельной. Оцифрованные данные (координаты антропометрических точек, величины суставных углов) экспортировали в систему Statistica 10.0 для дальнейшего анализа. Формировали матрицу исходных данных (X), размерностью ($I \times J$), где I – число отсчетов (мгновенных измерений), а J – число независимых переменных. Извлечение кинематических синергий реализовывали с помощью метода главных компонент, используя стандартный модуль Statistica «Advanced/Multivariate – PCA». Анализировали количество извлекаемых компонент, процент общей дисперсии (VAF), степень взаимосвязи рассматриваемых компонент в синергии (от 0 до 1) и динамику изменений вклада изучаемого элемента системы (суставной угол, сегмент тела) внутри каждого компонента – синергии (Moiseev et al., 2022). Сравнение пространственно-временной структуры кинематических синергий (КинС) выполняли с помощью дисперсионного (ANOVA) и кросскорреляционного анализа. Математико-статистическая обработка данных включала расчет среднего арифметического (M), ошибки среднего арифметического (SE), стандартного отклонения (SD).

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 представлены данные о величинах средней амплитуды движений антропометрических точек при произвольных локомоциях и при движениях, вызываемых электростимуляцией спинного мозга. Установлены существенные различия в нижеберцовой и плюсневой точках правой нижней конечности на 11,6% и 8,1% соответственно. В других точках статистически значимых различий в разных экспериментальных условиях выявлено не было. В величинах амплитуды суставных углов достоверных различий также не было обнаружено, в разных условиях разница не превышала 7,10%.



Таблица 1 – Амплитуда движений антропометрических точек (мм) по сагиттальной оси при произвольных локомоциях и при ЧЭССМ, $M \pm m$.

Антр. точка	ПРЗВ	СТИМ	%	P
Вертельная пр.	64,7±2,5	88,6±3,5	36,9	>0,05
Верхнеберцовая пр.	352,1±6,1	367,3±7,3	4,3	>0,05
Нижнеберцовая пр.	731,5±5,8	646,1±6,3	-11,6	<0,05
Плюсневая пр.	902,4±3,2	829,1±3,6	-8,1	<0,05
Верхнеберцовая лев.	286,1±12,7	307,9±1,7	7,6	>0,05
Нижнеберцовая лев.	591,3±16,1	589,6±16,8	-0,2	>0,05
Плюсневая лев.	783,3±19,1	771,2±21,8	-1,5	>0,05

Установлено, что векторы синергии в разных экспериментальных условиях демонстрировали высокую степень сходства – коэффициенты кросскорреляции достигали 0,98, при этом степень взаимосвязи элементов (сегментов тела) в структуре синергии существенно различались (рис. 2А). Например, достоверные различия выявлены в плюсневой правой, верхнеберцовой и плюсневой левой антропометрических точках. Коленный и тазобедренный суставы правой нижней конечности также демонстрировали существенные различия в синергии (рис. 2Б). Коэффициенты активации КинС оказывались в высокой степени схожими в первой половине движения ($r_{\max} > 0.99$), однако во второй половине шагательного цикла степень сходства временной структуры снижалась и чаще всего не превышала $0,66 \pm 0,12$ (рис. В,Г).

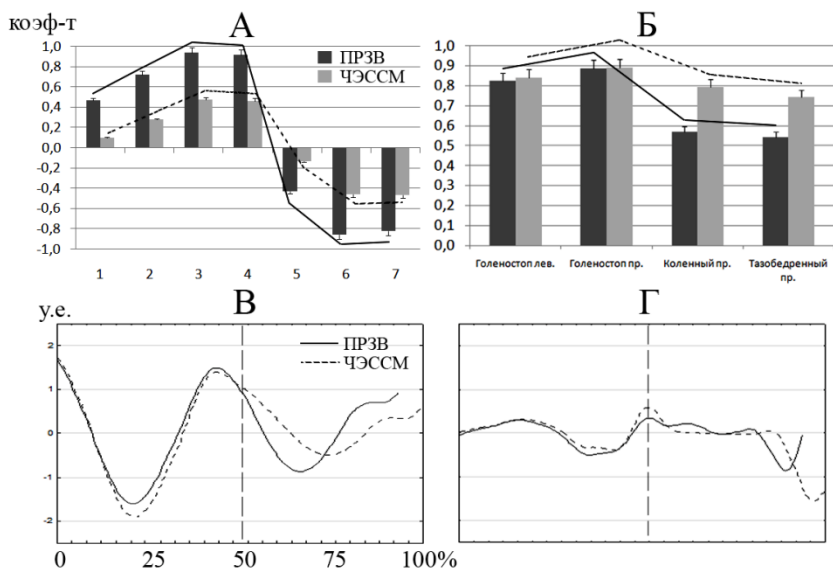


Рисунок 2 – Пространственно-временная структура КинС. А – взаимосвязь перемещений антропометрических точек в структуре первой синергии. Б – коактивация суставных углов первой синергии. В – временная структура первой КинС (перемещения), Г – коэффициенты активации суставных углов. 1 – вертельная пр., 2 – верхнеберцовая пр., 3 – нижнеберцовая пр., 4 – плюсовая пр., 5 – верхнеберцовая лев., 6 – нижнеберцовая лев., 7 – плюсовая лев. На рис В по оси абсцисс – прогресс цикла шага. На рис. А,Б сплошная и пунктирная линии – векторы синергии.

Выводы. Таким образом, сравнение кинематических синергий в условиях произвольного выполнения локомоций в горизонтальной вывеске нижних конечностей и при шагоподобных движениях, вызываемых электростимуляцией спинного мозга, показывает высокое сходство пространственной их организации, но вклад отдельных элементов управляемой системы (суставной угол, сегмент тела) внутри синергии имеет существенные различия. Временная структура кинематических синергий имеет практически идентичные паттерны коактивации сегментов тела и суставных углов в первой половине полного цикла шага, а во второй половине степень их сходства снижается до среднего уровня. Такие особенности пространственно-временной структуру КинС, вероятно, связаны с преимущественным воздействием чрескожной электрической



стимуляции спинного мозга на ритмогенерирующую часть нейрональной сети спинного мозга, обеспечивающую контроль и взаимодействие звеньев нижних конечностей в процессе локомоций.

© Моисеев С. А., 2022

Список источников

1. Cheung, V. C. Adjustments of motor pattern for load compensation via modulated activations of muscle synergies during natural behaviors / V. C. Cheung, A. d'Avella, E. Bizzi // *J Neurophysiol.* – 2009. - Vol. 101. - № 3. - pp. 1235-57.
2. Latash, M. L. On Primitives in Motor Control / M. L. Latash // *Motor Control.* – 2020. - Vol. 24. - № 2. - pp. 318-346.
3. Response of external inspiration to the movements induced by transcutaneous spinal cord stimulation / A. V. Minyaeva, S. A. Moiseev, A. M. Pukhov, A. A. Savokhin, Y. P. Gerasimenko, T. R. Moshonkina // *Human Physiology.* – 2017. - Vol. 43. - № 5. - pp. 43-51.
4. Modular Control of Human Movement During Running: An Open Access Data Set / A. Santuz, A. Ekizos, L. Janshen, F. Mersmann, S. Bohm, V. Baltzopoulos, A. Arampatzis // *Front Physiol.* – 2018. - № 9. - P. 1509.
5. Modularity in Motor Control: Similarities in Kinematic Synergies Across Varying Locomotion Tasks. Stetter B.J., Herzog M., Möhler F., Sell S., Stein T. // *Front Sports Act Living.* – 2020. - Vol. 13. - pp. 1-9.

References

1. Cheung, V. C. Adjustments of motor pattern for load compensation via modulated activations of muscle synergies during natural behaviors / V. C. Cheung, A. d'Avella, E. Bizzi // *J Neurophysiol.* – 2009. - Vol. 101. - № 3. - pp. 1235-57.
2. Latash, M. L. On Primitives in Motor Control / M. L. Latash // *Motor Control.* – 2020. - Vol. 24. - № 2. - pp. 318-346.
3. Response of external inspiration to the movements induced by transcutaneous spinal cord stimulation / A. V. Minyaeva, S. A. Moiseev, A. M. Pukhov, A. A. Savokhin, Y. P. Gerasimenko, T. R. Moshonkina // *Human Physiology.* – 2017. - Vol. 43. - № 5. - pp. 43-51.
4. Modular Control of Human Movement During Running: An Open Access Data Set / A. Santuz, A. Ekizos, L. Janshen, F. Mersmann, S. Bohm, V. Baltzopoulos, A. Arampatzis // *Front Physiol.* – 2018. - № 9. - P. 1509.
5. Modularity in Motor Control: Similarities in Kinematic Synergies Across Varying Locomotion Tasks. Stetter B.J., Herzog M., Möhler F., Sell S., Stein T. // *Front Sports Act Living.* – 2020. - Vol. 13. - pp. 1-9.



УДК 796.966.012

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИКИ МАНЕВРИРОВАНИЯ В ХОККЕЕ НА ЭТАПЕ НАЧАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

Кирилл Сергеевич Напалков¹, аспирант

Владимир Геннадьевич Медведев², канд. пед. наук, доцент

^{1,2}Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. Исследование включало проведение сравнительного видеоанализа различной реализационной эффективности техники ведения и обводки. В исследовании приняли участие 10 спортсменов разных амплуа (защитники и нападающие) из группы начальной подготовки 2-го года обучения. По результатам исследования были разработаны комплексы упражнений для повышения эффективности техники маневрирования в хоккее. Специальные упражнения направлены на освоение таких параметров техники маневрирования, как хват клюшки; посадка игрока; положение крюка клюшки; скрестные шаги (переступания).

Ключевые слова: маневрирование, техническая подготовка, специальные упражнения, контроль в спорте, видеоанализ, реализационная эффективность техники, параметры техники

Для цитирования: Напалков, К. С. Разработка специальных упражнений для повышения эффективности техники маневрирования в хоккее на этапе начальной подготовки / К. С. Напалков, В. Г. Медведев // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 202-208.

DEVELOPMENT OF SPECIAL EXERCISES TO IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF MANEUVERING TECHNIQUES IN HOCKEY AT THE INITIAL TRAINING STAGE

Kirill S. Napalkov¹, PhD student

Vladimir G. Medvedev², Cand. of Pedagogical Sciences, Associate Professor

^{1,2}The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia

Abstract. The study included a comparative video analysis of various implementation effectiveness of the technique of conducting and tracing. The



study involved 10 athletes of different roles (defenders and forwards) from the initial training group of the 2nd year of study. Based on the results of the study, sets of exercises were developed to improve the effectiveness of maneuvering techniques in hockey. Special exercises are aimed at mastering such parameters of maneuvering techniques as club grip; player landing; stick hook position; crossing steps (stepping over).

Keywords: maneuvering, technical training, special exercises, control in sports, video analysis, implementation efficiency of equipment, equipment parameters

For citation: Napalkov, K. S. Development of special exercises to improve the effectiveness of maneuvering techniques in hockey at the stage of initial training / K. S. Napalkov, V. G. Medvedev // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 203-209.

Введение. Интенсивное развитие спорта высших достижений и, как следствие, возрастающий уровень конкуренции предъявляют высокие требования к процессу подготовки спортивного резерва. Одним из ключевых направлений в решении данного вопроса является увеличение эффективности тренировочного процесса за счет использования научно-обоснованного подхода к организации и проведению занятий [2, 4, 5].

Актуальность. В хоккее с шайбой умение быстро принимать решение в ходе соревновательной деятельности является определяющим для успешного исхода матча. Быстрота маневрирования, как одно из проявлений специальных двигательных способностей хоккеистов, позволяет уйти из-под опеки соперника, выбрать наилучшую позицию на площадке для выполнения точной передачи или броска, опередить соперника в борьбе за владение шайбой [1, 3].

В связи с этим, актуальность темы исследования заключается в разработке научно-обоснованных специальных упражнений для совершенствования технической подготовленности при выполнении маневрований.

Цель исследования – научно обосновать и разработать специальные упражнения для совершенствования технической подготовленности при выполнении маневрований в хоккее.

Методика и организация исследования. Исследование проводилось на базе НИИ спорта и спортивной медицины РУС «ГЦОЛИФК», кафедре ТиМ хоккея с шайбой им. А.В. Тарасова и ледовой площадке УСЗК РУС «ГЦОЛИФК». В исследовании приняло участие 10 хоккеистов в возрасте $9,5 \pm 0,17$ лет (масса тела – $35,3 \pm 0,79$ кг, длина тела –



1,415±0,1231 м, стаж – 4,5±0,19 лет). Выборка включала спортсменов разных амплуа (защитники и нападающие) из группы начальной подготовки 2-го года обучения. В ходе исследования спортсмены выполняли контрольные двигательные задания на льду [6].

При проведении тестирования была организована скоростная видеосъемка камерой Canon 550D в режиме 50 fps/720p.

Разработка специальных упражнений для повышения эффективности техники маневрирования в хоккее осуществлялась следующим образом:

1. Эффективность техники маневрирования в хоккее складывалась из эффективности техники ведения шайбы и техники выполнения обводки.

2. Были отобраны попытки выполнения двигательных заданий у спортсменов с наиболее различающейся реализационной эффективностью техники маневрирования.

3. Был проведён сравнительный видеоанализ отобранных попыток, в ходе которого были выделены ключевые параметры техники.

4. На основе ключевых параметров техники разрабатывались комплексы упражнений для повышения уровня технической подготовленности хоккеистов при выполнении маневрирования.

Результаты и их обсуждение. По результатам выполнения заданий «Бег прямо с шайбой» и «Бег прямо без шайбы» на номограмме были отмечены результаты попыток с наибольшей разницей в реализационной эффективности техники (Рисунок 1).

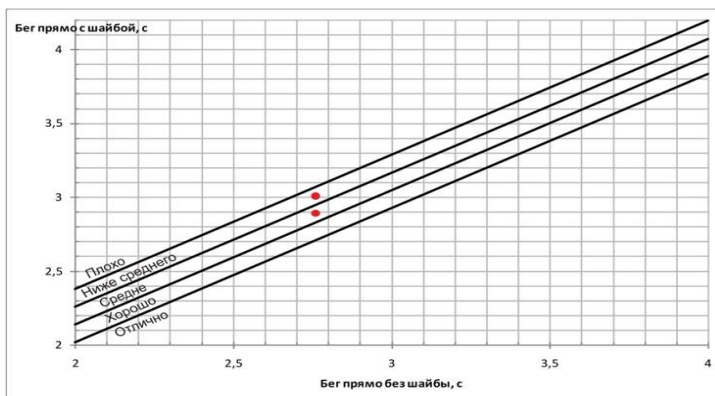


Рисунок 1 – Номограмма оценки реализационной эффективности техники ведения шайбы по прямой (красным отмечены результаты отобранных испытуемых).



Схожим образом, были отмечены результаты двух попыток при выполнении заданий «Бег с обводкой» и «Бег прямо с шайбой» (Рисунок 2).

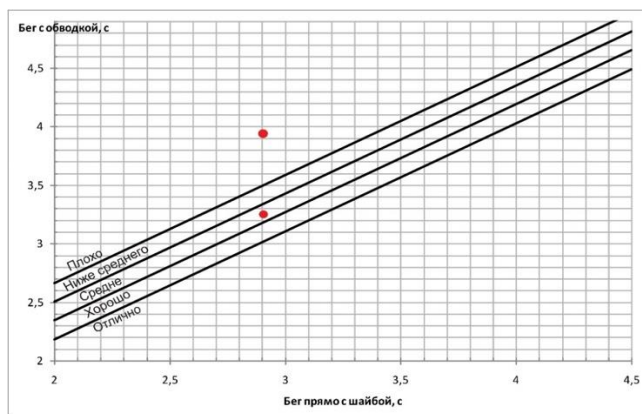


Рисунок 2 – Номограмма оценки реализационной эффективности техники ведения с обводкой (красным отмечены результаты отобранных испытуемых).

Видеоанализ отобранных попыток испытуемых позволил выделить следующие параметры техники ведения шайбы при выполнении маневрирования (в том числе, при выполнении обводки):

- динамическое положение тела спортсмена («посадка»);
- хват клюшки;
- положение крюка клюшки;
- скрестные шаги (переступания) при изменении направления.

В соответствии с параметрами техники, выделенными в ходе сравнительного видеоанализа, были разработаны комплексы упражнений, направленные на повышение уровня технической подготовленности хоккеистов при выполнении маневрирования. Каждый из комплексов направлен на освоение конкретного параметра техники маневрирования.

Комплекс упражнений по параметру «посадка» игрока:

1. Бег по кругу в высокой, средней, низкой посадке (выполняется по кругу, смена положения происходит по сигналу тренера);
2. То же, только с шайбой.

Комплекс упражнений по параметру «хват клюшки»:

1. Ведение перед собой (клюшка в одной руке, толкаем удобной стороной крюка);



2. То же, только неудобной стороной крюка;
3. Ведение перед собой (клюшка в двух руках);
4. Ведение перед собой с переключением шайбы из стороны в сторону (клюшка в двух руках);
5. Ведение шайбы с чередованием хвата (сначала в две руки, потом в одну руку и наоборот).

Комплекс упражнений по параметру «наклон крюка клюшки»:

1. Широкое ведение шайбы с акцентом на наклон крюка клюшки (стоя на месте);
2. То же, только в движении по прямой (без отрыва коньков ото льда);
3. То же, только с отрывом коньков ото льда.

Комплекс упражнений по параметру «скрестные шаги (переступания)»:

1. Бег по прямой перебежкой без шайбы (1 скрестный шаг влево, один вправо);
2. То же, только с двумя скрестными шагами влево-вправо;
3. Бег по прямой перебежкой с шайбой (1 скрестный шаг влево-вправо);
4. То же, только с двумя скрестными шагами влево-вправо;
5. Выполнение обводки препятствий влево-вправо, расположенных треугольником с акцентом на выполнение переступаний в начале обводки и в фазе отрыва от опеки (2-3 треугольника на прямую 52 метра);
6. Выполнение обводки игрока влево-вправо (игрок находится в статичном положении);
7. Выполнение обводки игрока (игрок движется назад, но при этом действует пассивно, не мешая выполнению движения). Выполняется по прямой от лицевой линии.

Выводы:

1. Разработка специальных упражнений для повышения эффективности техники маневрирования на льду включает в себя три этапа:
 - отбор с помощью номограмм результатов с наибольшей разницей в реализационной эффективности;
 - сравнительный видеоанализ отобранных попыток и выявление на его основе ключевых параметров техники;
 - разработка комплексов упражнений на совершенствование выявленных параметров.
2. По результатам исследования были разработаны специальные упражнения для повышения эффективности маневрирования на льду при выполнении маневрирований.



3. Эффективность техники маневрирования в хоккее складывается преимущественно из эффективности техники ведения шайбы и эффективности техники выполнения обводки.

© Напалков К. С., Медведев В. Г., 2022

Список источников

1. Давыдов, А. П. Методика оценки техники маневрирования с шайбой в хоккее / А. П. Давыдов, Н. Н. Урюпин, В. Г. Медведев // Вестник Федерации хоккея России. – Москва : Человек, 2015. – С. 4-10.

2. Дышаков, А. С. Принципы подбора упражнений для повышения уровня координационных способностей (на примере ВМХ-race) / А. С. Дышаков, В. Г. Медведев // Совершенствование системы подготовки в танцевальном спорте : материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции, 9 февраля 2017 г. / под ред. В. А. Александровой. – Москва : РГУФКСМиТ, 2017. – С. 32-36.

3. Медведев, В. Г. Контроль подготовленности хоккеистов: Быстрота маневрирования : учебное пособие для студентов РГУФКСМиТ, обучающихся по направлению подготовки 49.03.01 «Физическая культура» / В. Г. Медведев, А. П. Давыдов, Н. Н. Урюпин. – Москва : БИБКОМ, 2017. – 27 с.

4. Напалков, К. С. Диверсификация программ технико-тактической подготовки юных хоккеистов / К. С. Напалков, В. Г. Медведев // Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием по спортивной науке : «Подготовка спортивного резерва». – Москва : ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, 2020. – С. 319-326.

5. Напалков, К. С. Отечественные и зарубежные программы подготовки юных хоккеистов / К. С. Напалков, В. Г. Медведев // Актуальные вопросы подготовки спортивного резерва : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Екатеринбург : Екатеринбургская академия современного искусства, 2020. – С. 121-132.

6. Napalkov, K. S. Testing of general and special physical fitness of young hockey players / K. S. Napalkov, V. G. Medvedev // Modern University Sport Science : XVI Annual International Conference for Students and Young Researchers, Москва, 17–19 мая 2022 года. – Москва : RSUPESY&T, 2022. – pp. 238-240.

References

1. Davydov, A. P. Methodology for assessing the technique of maneuvering with the puck in hockey / A. P. Davydov, N. N. Uryupin, V. G. Medvedev // Bulletin of the Russian Hockey Federation. – Moscow : Man, 2015. – pp. 4-10.



2. Dyshakov, A. S. Principles of selection of exercises to increase the level of coordination abilities (on the example of BMX-race) / A. S. Dyshakov, V. G. Medvedev // Improving the training system in dance sports : materials of the XVII All-Russian Scientific and Practical Conference, February 9, 2017 / edited by V. A. Alexandrova. – Moscow : RSUFKSMiT, 2017. – pp. 32-36.

3. Medvedev, V. G. Control of the preparedness of hockey players: Speed of maneuvering : a textbook for RSUFKSMiT students studying in the direction of training 49.03.01 "Physical culture" / V. G. Medvedev, A. P. Davydov, N. N. Uryupin. – Moscow : BIBKOM, 2017. – 27 p.

4. Napalkov, K. S. Diversification of programs of technical and tactical training of young hockey players / K. S. Napalkov, V. G. Medvedev // Materials for the IV All-Russian scientific and practical conference with international participation in sports science : "Preparation of the sports reserve". – Moscow : GKU "TSTiSK" Moskomspor, 2020. - pp. 319-326.

5. Napalkov, K. S. Domestic and foreign training programs for young hockey players / K. S. Napalkov, V. G. Medvedev // Topical issues of sports reserve training : materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. – Yekaterinburg : Yekaterinburg Academy of Contemporary Art, 2020. – pp. 121-132.

6. Napalkov, K. S. Testing of general and special physical fitness of young hockey players / K. S. Napalkov, V. G. Medvedev // Modern University sports science : XVI Annual International Conference of Students and Young researchers, Moscow, May 17-19, 2022. – Moscow : RSUPS&T, 2022. – pp. 238-240.



УДК 796.412.24

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЛОЖНОГО ПРЕАКРОБАТИЧЕСКОГО УПРАЖНЕНИЯ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКЕ

Алина Денисовна Патрина¹, студент

Елена Юрьевна Лалаева², канд. пед. наук, доцент

^{1,2}Волгоградская государственная академия физической культуры, г. Волгоград, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены кинематические параметры преакробатического упражнения – переворот вперед после броска обруча с последующей его ловлей. В результате анализа сложного двигательного действия были выделены стадии, определен фазовый состав упражнения, обозначены граничные позы и ведущие двигательные действия. На основании полученных количественных характеристик определены модельные параметры биомеханической структуры переворота вперед, отвечающих современным требованиям художественной гимнастики.

Ключевые слова: художественная гимнастика, преакробатические упражнения, биомеханический анализ, двигательные действия.

Для цитирования: Патрина, А. Д. Кинематические параметры сложного преакробатического упражнения в художественной гимнастике / А. Д. Патрина, Е. Ю. Лалаева // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 209-216.

KINEMATIC PARAMETERS A COMPLEX ACROBATIC EXERCISE IN RHYTHMIC GYMNASTICS

Alina D. Patrina¹, student

Elena Y. Lalaeva², Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

^{1,2}Volgograd State Academy of Physical Culture, Volgograd, Russia

Abstract. The article considers the kinematic parameters of a pre-acrobatic exercise – a forward flip after throwing a hoop with its subsequent catching. As a result of the analysis of a complex motor action, stages were identified, the phase composition of the exercise was determined, boundary poses and leading motor actions were designated. On the basis of the obtained quantitative characteristics,



the model parameters of the biomechanical structure of the forward revolution that meet the modern requirements of rhythmic gymnastics are determined.

Keywords: rhythmic gymnastics, acrobatic exercises, biomechanical analysis, motor actions

For citation: Patrina, A.D. Kinematic parameters of a complex pre-acrobatic exercise in rhythmic gymnastics / A.D. Patrina, E.Y. Lalaeva // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports: materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 209-216.

Введение. Учет ведущих биомеханических параметров в структуре двигательных действий является одним из важных требований, позволяющих повысить качество исполнения элементов в художественной гимнастике. По мере совершенствования мастерства спортсменок возникает необходимость определения ведущих показателей техники спортивных движений. Преакробатические элементы группы «мастерство» (М) представляют собой сложную систему одновременного выполнения двигательных действий телом и предметом. Основным критерием к этой группе является выполнение без зрительного контроля и дополнительного вращения. Элементы группы «риски» (R) являются обязательными в соревновательной программе гимнасток. Представляют собой соединение броска и, как минимум, два вращательных движений под ним, а также ловлю предмета.

Одним из факторов, определяющих преимущество исполнительского мастерства гимнасток, а также сложности и зрелищности соревновательных композиций в художественной гимнастике, является исполнение гимнастками разнообразных преакробатических упражнений [4, 7, 8]. Сложность выполнения элементов данной группы заключается в том, что при выполнении акробатических упражнений гимнастка осуществляет манипуляции с предметом различными частями тела. Особую трудность представляют броски и ловля предметов, так как гимнастка, выполняя акробатические упражнения, не всегда способна зрительно контролировать предмет. Это создает определенные трудности в освоении подобных движений с предметом [3]. Чтобы овладеть рациональной техникой, нужно знать, когда, как и в каких пределах следует вносить изменения в движения и приспосабливать их к переменным условиям [6].

Цель исследования: изучить кинематические параметры сложного преакробатического упражнения – переворот вперед после броска обруча с последующей его ловлей.

Метод исследования: биомеханический анализ. Для осуществления фазового состава сложного преакробатического упражнения в процессе



исследования применялась компьютерная программа анализа спортивных движений «Kinovea». На рисунке 1 представлена контурограмма, в таблице 1 показана структурно-фазовая модель и кинематические характеристики техники исполнения изучаемого упражнения. На основании полученных данных были определены стадии, фазы, граничные положения и ведущие двигательные действия.

Обсуждение результатов исследования

Преакробатическое упражнение – переворот вперед после броска обруча с последующей его ловлей - длится три секунды.

Двигательное действие состоит из трех стадий: подготовительных действий, основных и завершающих действий. Каждая из этих стадий имеет свои частные и обобщенные задачи [5]. В свою очередь стадии состоят из определенных фаз, число которых различно в каждой стадии [1, 2].

Длительность подготовительных действий составляет 1,54 с и включает в себя следующие две фазы: фазу замаха и фазу нашагивания правой с броском обруча.

Задачи подготовительной стадии: подготовка опорно-двигательного аппарата спортсменки, выполняющей основную работу в исполнении переворота вперед и энергонасыщение движения посредством замаха и шага правой ногой с последующим броском обруча.

Фаза «замаха» длится 0,46 с. Гимнастка отводит правую руку с обручем назад, выполняет шаг левой вперед, угол в плечевом суставе при отведении руки назад составляет 19° .

Длительность фазы «нашагивание правой с броском обруча» составляет 0,6 с. Спортсменка делает шаг вперед правой ногой и одновременно правой рукой выбрасывает обруч вверх. Увеличение скорости махового звена выбрасывающего предмет происходит с момента отведения руки назад и достигает максимальной скорости в момент выброса предмета.

Стадия основных действий длится 1,48 с и содержит три фазы: отталкивание, вращение, приземление

Задача основных действий: ускорение опорно-двигательного аппарата спортсменки, выполнение быстрых, мощных действий, прилагая мышечные усилия для выполнения переворота вперед и последующей готовности принять предмет в руку.

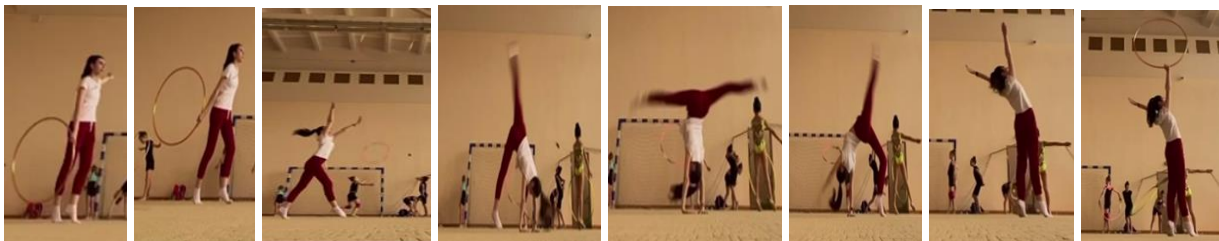


Рисунок 1 – Контурограммапереворотом вперед после броска обруча с последующей его ловлей



Таблица 1 – Структурно-фазовая модель и кинематические характеристики техники исполнения переворотом вперед после броска обруча с последующей его ловлей.

Стадии	Подготовительные действия		Основные действия			Завершающие действия	
Время (с)	1,06		1,48			0,46	
Фазы	Замах	Нашагивание правой с броском обруча	Отталкивание	Вращение	Приземление	Ловля обруча	Фиксация положения
Время (с)	0,46	0,60	0,48	0,36	0,64	0,30	0,16
Граничные положения	Стойка ноги врозь левой	Стойка ноги врозь правой	Упор стоя согнувшись на правой	Стойка на руках, ноги в шпагат	Стойка на носках правой, руки готовы встретить обруч	Стойка ноги врозь правой с ловлей обруча	Стойка с захватом обруча
Ведущие действия гимнастки	Замах обруча с выведением руки назад	Выброс обруча вперед-вверху, наращивание увеличения скорости двигательного действия	Наклон вперед с активным махом левой назад и выпрямлением правой	Стойка на руках в шпагате с последующим переворачиванием и подготовкой постановки ноги на пол	Опускание правой и приставление к ней левой, отталкиваясь руками, принятие вертикального положения туловища	Ловля обруча правой рукой	Приставление ног и удержание вертикального положения



Основные вращательные действия гимнастка выполняет под предметом, который находится в фазе полета. Фаза «отталкивание» длится 0,48 с. Гимнастка выполняет наклон вперед, ставит две руки на пол, делает активный мах левой назад и толчок правой от пола.

В фазе «вращение», которая длится 0,36 с, спортсменка выходит в стойку на руках в шпагате с последующим переворачиванием и подготовкой постановки ноги на пол. Увеличение скорости маховой ноги происходит в момент шага назад и достигает максимальных границ (8,5 с) в момент постановки опорной ноги на пол.

В последней фазе основных действий - «приземлении» - гимнастка выпрямляется и принимает вертикальное положение туловища в стойке на носках. Руки принимают позу готовности встретить предмет после фазы полета. Длительность данной фазы 0,64 с.

Стадия завершающих действий длится 0,46 с и включает две фазы: ловлю обруча и фиксацию положения.

Задачи завершающих действий: обеспечение завершенности двигательного действия, коррекция конечного положения, обеспечение безопасности ловли обруча

В фазе «ловля обруча», которая длится 0,3 с, гимнастка ловит предмет путем его захвата правой рукой. Приставляя ноги и удерживая вертикальное положение в фазе «фиксация положения» (0,16 с), заканчивает выполнение сложного преакробатического упражнения.

Вывод: в результате проведенного биомеханического анализа были установлены ключевые моменты подготовительной, основной и завершающей стадии действий гимнастки:

- в стадии подготовительных действий ускорение маховых звеньев (рук и ноги), обеспечивающее энергонасыщение движение гимнастки;
- быстрые, мощные действия в период основной стадии выполнения двигательного действия;
- завершенность и коррекция переворота вперед после ловли предмета в завершающей стадии.

Таким образом, практическое использование биомеханической модели изучаемого движения позволит оптимизировать процесс тренировки гимнасток. Практическое использование результатов кинематического анализа сложного преакробатического упражнения позволит подбирать соответствующие средства и методы для его обучения и совершенствования.



Список источников

1. Аркаев, Л. Я. Как готовить чемпионов : теория и технология подготовки гимнастов высшей квалификации / Л. Я. Аркаев, Н. Г. Сучилин. - Москва : Физкультура и спорт, 2004. – 325 с.

2. Гавердовский, Ю. К. Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика / Ю. К. Гавердовский. – Москва : Физкультура и Спорт, 2007. – 912 с.

3. Гаврилова, Е. А. Биомеханический анализ техники исполнения прыжка "жете шагом" в художественной гимнастике / Е. А. Гаврилова, Н. Л. Горячева // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2019. – № 3(29). – С. 140-145.

4. Гаврилова, Е. А. Проблемы обучения преакробатическим упражнениям с предметом в художественной гимнастике / Е. А. Гаврилова, Н. Л. Горячева // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2020. – № 4. – С. 16.

5. Загrevский, В. О. Структура гимнастического упражнения / В. О. Загrevский // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 372. – С. 152-155.

6. Михеева, Ю. С. Техника исполнения наскока "сальто вперед" на гимнастическое бревно / Ю. С. Михеева, Е. Ю. Лалаева // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 21–22 ноября 2019 года / Редактор-составитель А.Н. Фураев. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (ГЦОЛИФК)", 2019. – С. 116-121.

7. Правила по художественной гимнастике 2022-2024. - URL: https://napedestale.ru/images/Pravila_po_khudozhestvennoi_gimnastike_2022-2024.pdf (дата обращения: 17.08.2022).

8. Усманова, Д. И. Классификация акробатических элементов в художественной гимнастике в связи с последними тенденциями развития / Д. И. Усманова, Л. А. Коновалова // Физическая культура и спорт: воспитание гражданина России : Материалы научной (национальной) конференции, Шуя, 23 октября 2018 года / Ответственный редактор М.А. Правдов. – Шуя: Шуйский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Ивановский государственный университет", 2018. – С. 123-127.



References

1. Arkaev, L. Ya. How to prepare champions: theory and technology of training gymnasts of the highest qualification / L. Ya. Arkaev, N. G. Suchilin. - Moscow : Physical Culture and Sport, 2004. – 325 p.
2. Gaverdovsky, Yu. K. Training in sports exercises. Biomechanics. Methodology. Didactics / Yu. K. Gaverdovsky. – Moscow : Physical Culture and Sport, 2007. – 912 p.
3. Gavrilova, E. A. Biomechanical analysis of the technique of performing the jump "step by step" in rhythmic gymnastics / E. A. Gavrilova, N. L. Goryacheva // Physical education and sports training. – 2019. – № 3(29). – Pp. 140-145.
4. Gavrilova, E. A. Problems of teaching preacrobatic exercises with a subject in rhythmic gymnastics / E. A. Gavrilova, N. L. Goryacheva // Physical culture: upbringing, education, training. – 2020. – No. 4. – S. 16.
5. Zagrevsky, V. O. The structure of gymnastic exercise / V. O. Zagrevsky // Bulletin of Tomsk State University. - 2013. – No. 372. – pp. 152-155.
6. Mikheeva, Yu. S. Technique of performing a "forward flip" on a gymnastic beam / Yu. S. Mikheeva, E. Y. Lalaeva // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, November 21-22, 2019 / Editor-compiler A.N. Furaev. – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "The Russian University of Sport «GTSOLIFK» (GTSOLIFK)", 2019. - pp. 116-121.
7. Rules for rhythmic gymnastics 2022-2024. - URL: https://napedestale.ru/images/Pravila_po_khudozhestvennoi_gimnastike_2022-2024.pdf (accessed: 08/17/2022).
8. Usmanova, D. I. Classification of acrobatic elements in rhythmic gymnastics in connection with recent development trends / D. I. Usmanova, L. A. Konovalova // Physical culture and sport: education of a citizen of Russia : Materials of the scientific (national) conference, Shuya, October 23, 2018 / Responsible editor M.A. Pravdov. – Shuya: Shuya Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo State University", 2018. – pp. 123-127.



УДК 796.332

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ БРОСКОВ ГАНДБОЛИСТАМИ

Ирина Витальевна Петрачева¹, канд. пед. наук, доцент

Юрий Николаевич Котов², канд. пед. наук, доцент

^{1,2}Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследования точности попадания при выполнении бросков в опорном положении с места и разбега гандболистами разного возраста. Показатели точности бросков с увеличением возраста гандболистов имеют тенденцию к улучшению, но прирост точности попадания при выполнении бросков у гандболистов разного возраста идет неравномерно. Был выявлен наибольший прирост показателей точности на этапе углубленной специализации гандболистов в возрасте 14–15 лет. Различия между точностью попадания бросков с места и разбега достигают наименьшей разницы в 15-16 лет и являются информативным показателем технического мастерства гандболистов в выполнении бросков в опорном положении.

Ключевые слова: бросок в опорном положении, гандболисты разного возраста, точность попадания

Для цитирования: Петрачева, И. В. Возрастные изменения показателей точности выполнения бросков гандболистами / И. В. Петрачева, Ю. Н. Котов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 217-221.

AGE-RELATED CHANGES IN THE ACCURACY OF SHOTS BY HANDBALL PLAYERS

Irina V. Petracheva¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Yuri N. Kotov², Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

^{1,2}The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia

Abstract. The article presents the results of a study of the accuracy of hitting when making throws in a supporting position from a standstill and a run-up by handball players of different ages. Throw accuracy indicators tend to improve with increasing age of handball players, but the increase in hit accuracy when making



throws for handball players of different ages is uneven. The greatest increase in accuracy indicators was revealed at the stage of in-depth specialization of handball players aged 14-15 years. The differences between the accuracy of hitting shots from the spot and the run-up reach the smallest difference in 15-16 years and are an informative indicator of the technical skill of handball players in making throws in the supporting position.

Keywords: throw in the supporting position, handball players of different ages, hit accuracy

For citation: Petracheva, I. V. Age-related changes in the accuracy of handball throws / I. V. Petracheva, Yu. N. Kotov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 217-221.

В современном гандболе в процессе обучения и совершенствования бросков многие задачи в освоении их решаются заранее, когда тренер планирует последовательное обучение различным способам бросков и вариантов их выполнения в простых и в сложных игровых ситуациях. С учетом особенностей координационной сложности выполнения бросков и взаимосвязях прикладываемых усилий лучше начинать обучение с простых по выполнению способов бросков с места [1]. Специалисты гандбола подчеркивают, что на каждом возрастном этапе процесс становления мастерства имеет свои особенности, и, конечно, это налагает на тренера обязанность искать своеобразные средства и методы работы с гандболистами разного возраста. Нельзя требовать от детей ускоренного освоения всех способов бросков, а надо кропотливо совершенствовать технику и необходимые двигательные способности. Для многих гандболистов метание является почти жизненно важной потребностью, но только планомерное в течение нескольких лет формирование техники бросков принесет необходимый результат [3].

Задачей данного исследования стало изучение изменений показателей точности бросков, выполняемых гандболистами разного возраста на этапах начальной и углубленной специализации в гандболе.

Для решения поставленной задачи использовались следующие методы: анализ и обобщение научно-методической литературы, измерение точности попадания и методы математической статистики.

В исследовании принимали участие гандболисты ДЮСШ города Москвы (n=46). Были обследованы гандболисты 12–13 лет (n=14), гандболисты 13–14 лет (n=11), гандболисты 14–15 лет (n=12) и гандболисты 15–16 лет (n=9). Измерение точности попадания проводилось в двух сериях



по 10 бросков в опорном положении с места и с разбега в мишень. Экспериментатор измерял координаты каждого попадания, далее рассчитывались средние арифметические показатели отклонения от центра мишени. Применялся однофакторный дисперсионный анализ для выявления различий в точности попаданий бросков PPP Statistica12 [4].

Показатели точности попадания улучшились с увеличением уровня владения техникой броска гандболистов, но наблюдался неравномерный прирост точности попадания при выполнении бросков у гандболистов разного возраста. Тренировочные этапы начальной специализации гандболистов 12-13 лет и углубленной специализации гандболистов 14-16 лет включали большой объем подготовки, направленной на становление техники выполнения бросков в опорном положении [2]. У гандболистов 12-13 лет на этапе начальной специализации показатель точности попадания при выполнении бросков с места составил 0,32 м, у гандболистов 13-14 лет на этапе углубленной специализации – 0,31 м, у гандболистов 14–15 лет – 0,24 м, а гандболистов 15-16 лет – 0,22 м.

Высокий прирост показателей точности бросков в опорном положении с места наблюдался у гандболистов 14-15 лет до 15-16 лет, достиг 0,07 м и различия средних показателей точности попадания статистически достоверны ($p < 0,05$) между этими возрастными группами гандболистов.

При выполнении этих бросков в опорном положении с разбега с увеличением возраста в показателях точности попадания имеет тенденцию к улучшению. У юношей 12-13 лет на этапе начальной специализации показатель точности попадания составил 0,44 м, у гандболистов 13-14 лет – 0,42 м, у гандболистов 14–15 лет – 0,36 м, а у гандболистов 15–16 лет – 0,28 м. Разница между показателями точности у гандболистов 12–13 лет и 13–14 лет была незначительной. Разница средних показателей точности при выполнении бросков у гандболистов 13-14 лет и 14-15 лет составила 6,7 см. Наибольший прирост точности бросков разбега на 0,08 м наблюдался в возрасте 14-15 лет до 15-16 лет ($p < 0,05$).

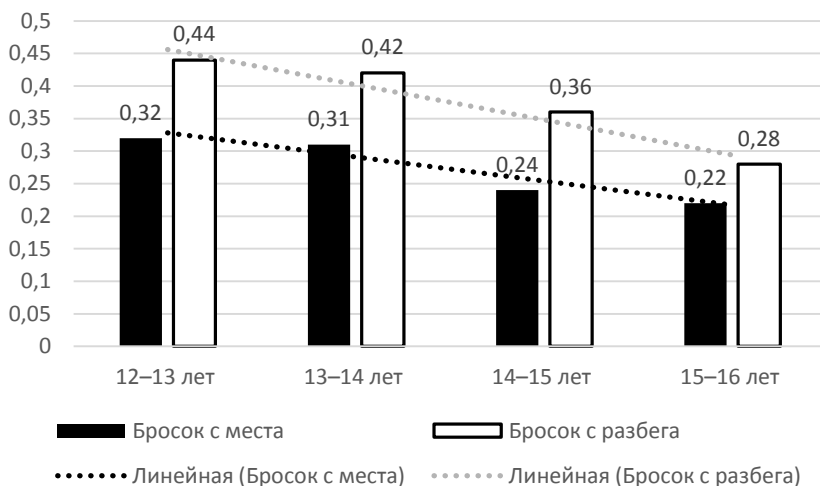


Рисунок 1 – Средние показатели отклонения от центра мишени при выполнении бросков в опорном положении с места и разбега гандболистами разного возраста.

Информативным показателем мастерства выполнения бросков с разбега гандболистами является разница между точностью попадания в бросках с места и с разбега в опорном положении. Разница у гандболистов 12-13 лет составила 0,12 м, у гандболистов 13-14 лет составила 0,12 м, у 14-15 лет составила 0,12 м, а гандболистов 15-16 лет всего – 0,06 м. С улучшением техники владения броском с разбега этот показатель незначительно уменьшился у гандболистов 13-14 лет и 14-15 лет. Между средними показателями точности попадания в бросках с места и с разбега значение разницы стала незначительной у гандболистов 15-16 лет, что говорит о использовании разбега в выполнении бросков и характеризует хороший уровень технического мастерства выполнения бросков с разбега.

Таким образом, разница в показателях точности попадания при выполнении бросков разными способами имели тенденцию к уменьшению с увеличением возраста гандболистов. Самая низкая точность выявлена у гандболистов 14 лет, лучшие результаты выявлены у 16-летних гандболистов при выполнении бросков с места. Высокие показатели разницы средних показателей точности в бросках с места и с разбега объяснялись еще не сложившейся структурой бросков, а у квалифицированных гандболистов наблюдались высокие показатели



точности при выполнении бросков с места и с разбега.

© Петрачева И. В., Котов Ю. Н., 2022

Список источников

1. Голомазов, С. В. Кинезиология точностных действий человека / С. В. Голомазов. – Москва : СпортАкадемПресс, 2003. - 227 с.: ил.
2. Игнатьева, В. Я. Гандбол: поурочная программа для учебно-тренировочных групп СДЮШОР / В. Я. Игнатьева, В. С. Максимов, И. В. Петрачева ; Спорткомитет СССР. – Москва, 1984. – 135 с.
3. Игнатьева, В. Я. Подготовка гандболистов на этапе высшего спортивного мастерства / В. Я. Игнатьева, В. И. Тхорев, И. В. Петрачева. – Москва : Физическая культура, 2005. – 267 с.
4. Халафян, А.А. Statistica 6. Статистический анализ данных : учебник / А. А. Халафян. – Москва : Бином-Пресс, 2007. – 512 с.

References

1. Golomazov, S. V. Kinesiology of precision human actions / S. V. Golomazov. – Moscow : SportAkademPress, 2003. - 227 p.: ill.
2. Ignatieva, V. Ya. Handball: a lesson program for the SDYUSSHOR training groups / V. Ya. Ignatieva, V. S. Maksimov, I. V. Petracheva ; USSR Sports Committee. – Moscow, 1984. – 135 p.
3. Ignatieva, V. Ya. Preparation of handball players at the stage of higher sportsmanship / V. Ya. Ignatieva, V. I. Tkhorev, I. V. Petracheva. – Moscow : Physical Culture, 2005. – 267 p.
4. Khalafyan, A.A. Statistica 6. Statistical data analysis : textbook / A. A. Khalafyan. – Moscow : Binom-Press, 2007. – 512 p.



УДК 796.012

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ДВИЖЕНИЯ СПОРТСМЕНА

Алексей Евгеньевич Покатилов¹, старший преподаватель

Юрий Владимирович Воронович², старший преподаватель

Александр Владимирович Евдокимов³, старший преподаватель

Светлана Николаевна Ходакова⁴, старший преподаватель

^{1,2,3,4}Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий, г. Могилев, Беларусь.

Аннотация. Предложены методы математического анализа, в частности, численное дифференцирование, используемое при биомеханическом анализе движения в спорте на кинематическом уровне, применить и при динамическом анализе для исследования скорости изменения момента управляющих сил мышечной системы. Показано, что введение понятия динамической скорости по управляющему моменту выявило новую закономерность изменения двух этих характеристик, когда экстремум динамической скорости всегда опережает по времени момент достижения экстремального значения самого управляющего момента, и исследованы причины такой закономерности.

Ключевые слова: Гимнастика, тяжелая атлетика, рывок, динамическая скорость, математический анализ, биомеханический анализ

Для цитирования: Исследование динамических уравнений целенаправленного движения спортсмена / А. Е. Покатилов, Ю. В. Воронович, А. В. Евдокимов, С. Н. Ходакова // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фуряев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 222-228.

INVESTIGATION OF DYNAMIC EQUATIONS OF PURPOSEFUL MOVEMENT OF AN ATHLETE

Alexey E. Pokatilov¹, Senior Lecturer

Yuri V. Voronovich², Senior Lecturer

Alexander V. Evdokimov³, Senior lecturer

Svetlana N. Khodakova⁴, Senior lecturer



^{1,2,3,4}Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Belarus

Abstract. Methods of mathematical analysis are proposed, in particular, numerical differentiation, used in biomechanical analysis of movement in sports at the kinematic level, can also be applied in dynamic analysis to study the rate of change of the moment of the control forces of the muscular system. It is shown that the introduction of the concept of dynamic velocity according to the control moment revealed a new pattern of changes in these two characteristics, when the extremum of dynamic velocity is always ahead of the time when the extreme value of the control moment itself is reached, and the reasons for this pattern are investigated.

Keywords: Gymnastics, weightlifting, snatch, dynamic speed, mathematical analysis, biomechanical analysis

For citation: Study of dynamic equations of purposeful movement of an athlete / A. E. Pokatilov, Yu. V. Voronovich, A.V. Evdokimov, S. N. Khodakova // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 222-228.

Введение. При биомеханическом анализе спортивных упражнений широко используются методы математического анализа на кинематическом уровне [1]. Современные исследовательские методики подразумевают определение скоростей и ускорений как звеньев биомеханической системы (БМС) в целом, так и отдельных точек: центров масс звеньев, суставов БМС и общего центра масс БМС [2]. Ранее нами в ряде работ было показано, что аналогичное применение методов математического анализа к исследованию скорости изменения динамических характеристик позволило выявить новую закономерность движения, заключающуюся в том, что достижение экстремальных значений динамической скорости по моменту управляющих сил мышечной системы опережает по времени достижение экстремальных значений самого управляющего момента. Прояснению природы такой закономерности и посвящено данное исследование.

Организация и методы исследования. Исследования проводились на примере большого оборота назад в спортивной гимнастике и рывка штанги в тяжелой атлетике. Вес штанги составлял 70, 100 и 140 кг. Все упражнения выполняли мастера спорта Республики Беларусь. Видеосъемка осуществлялась видеокамерой с частотой 30 кадров в секунду. В дальнейшем на основании полученного видеоматериала был произведен расчет управляющих моментов мышечных сил относительно суставов спортсмена и выполнена оценка скоростно-силовых качеств мышечной



системы [3] путем дифференцирования управляющих моментов в программе Маткад 14.0. Анализ управляющих моментов и их динамических скоростей проводился по динамическим уравнениям движения, методам математического анализа и результатам вычислительного эксперимента.

В спортивной гимнастике на теоретическом и экспериментальном уровне исследовалось динамическое уравнение движения, записанное относительно момента управляющих сил [2]

$$M_{i,i-1} = g \sum_{j=i}^N C_{ij} \cos Q_j - \ddot{L}_0 \sum_{j=i}^N C_{ij} \sin(Q_j - Q_0) + 2\dot{L}_0 \dot{Q}_0 \sum_{j=i}^N C_{ij} \cos(Q_j - Q_0) + \sum_{k=0}^N \sum_{j=i}^N A_{jk} \ddot{Q}_k \cos(Q_j - Q_k) + \sum_{k=0}^N \sum_{j=i}^N A_{jk} \dot{Q}_k^2 \sin(Q_j - Q_k). \quad (1)$$

Коэффициенты C_{ij} и A_{jk} относятся к геометрии масс тела и для каждого человека определяются экспериментально-расчетными методами, исходя из веса спортсмена, его размеров, координат центров масс звеньев и их центральных моментов инерции. Кроме этого, уравнение (1) содержит обобщенные координаты звеньев Q_k и ее производные \dot{Q}_k , \ddot{Q}_k .

Для тяжелой атлетики уравнение выглядит следующим образом [1]:

$$W_{\text{ЭВНС}}^{i-1} = g \sum_{\lambda=1}^i C_{\lambda}^i \cos \delta^1 + \sum_{\lambda=1}^{i-1} \sum_{\mu=\lambda}^i \sqrt{I_{\mu}^{\lambda}} \ddot{\delta}^{\mu} \cos(\delta^{\mu} - \delta^1) - \sum_{\lambda=1}^{i-1} \sum_{\mu=\lambda}^i \sqrt{I_{\mu}^{\lambda}} \dot{\delta}^{\mu} \sin(\delta^{\mu} - \delta^1). \quad (5)$$

Модель (2) проще выражения (1), так как в этом случае опора не проявляет упругие свойства и потому в уравнении не учитывается.

Для оценки скоростно-силовой подготовки спортсмена введем понятие динамической скорости по управляющему моменту:

$$V_{M_{i-1,i}} = dM_{i-1,i} / dt \quad (\text{Н·м/с}), \quad (3)$$

где $V_{M_{i-1,i}}$ – скорость изменения управляющего момента.

Отметим, что рассчитываемый параметр по уравнению (3) имеет размерность мощности, но мощностью не является.

Полученные результаты и их обсуждение

Динамические скорости по управляющему моменту в гимнастике получаются после дифференцирования выражения (1). Имеем

$$V_{M_{i,k,i}} = V_{G_{k,i}} - V_{M_{i_Lgor_{k,i}}} + V_{M_{i_Lvert_{k,i}}} - V_{M_{i_a^n_{k,i}}} + V_{M_{i_a^r_{k,i}}}; \quad (4)$$

где $V_{G_{k,i}}$ – динамическая скорость, зависящая от сил тяжести звеньев;



$V_{Mi_Lgor_{k,i}}$ – динамическая скорость, зависящая от деформации спортивного снаряда в горизонтальном направлении;

$V_{Mi_Lvert_{k,i}}$ – динамическая скорость, зависящая от деформации спортивного снаряда в вертикальном направлении;

$V_{Mi_a^n_{k,i}}$ – динамическая скорость, зависящая от нормальной инерционной нагрузки;

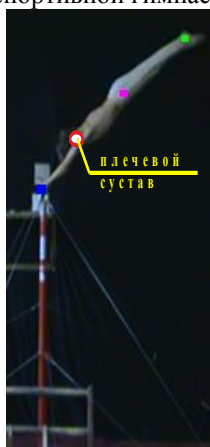
$V_{Mi_a^{\tau}_{k,i}}$ – динамическая скорость, зависящая от касательной инерционной нагрузки.

Таким образом, динамическая скорость по управляющему моменту в спортивной гимнастике по уравнению (4) имеет 5 составляющих.

Дифференцирование выражения (2) дает уравнение для тяжелой атлетики. Получим

$$V_{Mi_{k,i}} = V_{Gi_{k,i}} - V_{Mi_a^n_{k,i}} + V_{Mi_a^{\tau}_{k,i}} \quad (5)$$

На рисунке 1 а) показан фрагмент видеосъемки большого оборота назад на перекладине, а на рисунке 1 б) приведены графики изменения управляющего момента в плечевом суставе и его динамической скорости в спортивной гимнастике по кадрам видеосъемки.



а)

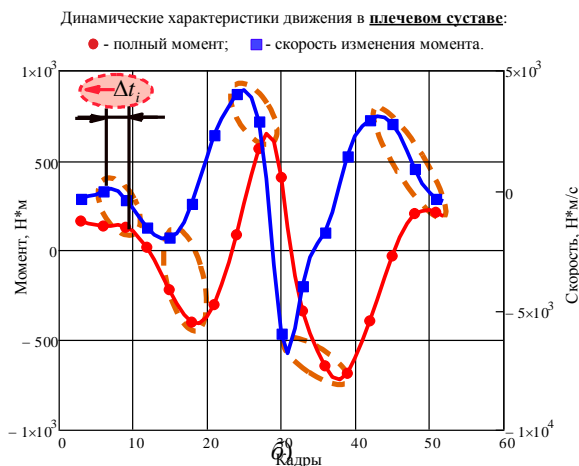


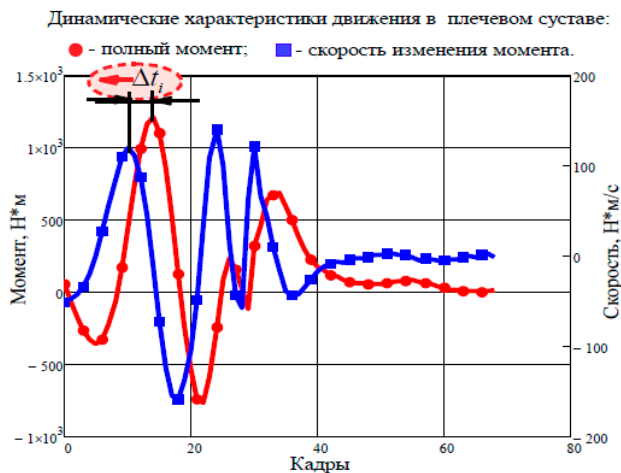
Рисунок 1 – Динамика движения в плечевом суставе в гимнастике.



На рисунке 2 а) показан фрагмент видеосъемки рывка штанги весом 100 кг, а на рисунке 2 б) – изменение динамических характеристик в плечевом суставе для этого упражнения.



а)



б)

Рисунок 2 – Динамика движения в плечевом суставе в тяжелой атлетике.

Данные по рисункам 1 б) и 2 б) получены по результатам проведения натурального эксперимента с последующим вычислительным экспериментом на компьютере. Во всех случаях наблюдается опережение времени достижения экстремальных значений динамической скорости управляющего момента по сравнению с самим моментом.

Анализ уравнений (1) и (2) показывает, что при дифференцировании этих моделей по типу выражения (3) изменяются тригонометрические функции, входящие в формулы, по типу

$$\frac{d[\cos(Q)]}{dt} = -\dot{Q} \sin(Q) \quad (6)$$

$$\frac{d[\sin(Q)]}{dt} = \dot{Q} \cos(Q) \quad (7)$$

Анализ этих преобразований представлен на рисунках 3 а) и б). По графикам видно, что в обоих случаях полученный график при дифференцировании соответствующей функции сдвигается влево. Это



означает, что динамическая скорость всегда будет опережать по времени достижение экстремальных значений управляющим моментом.

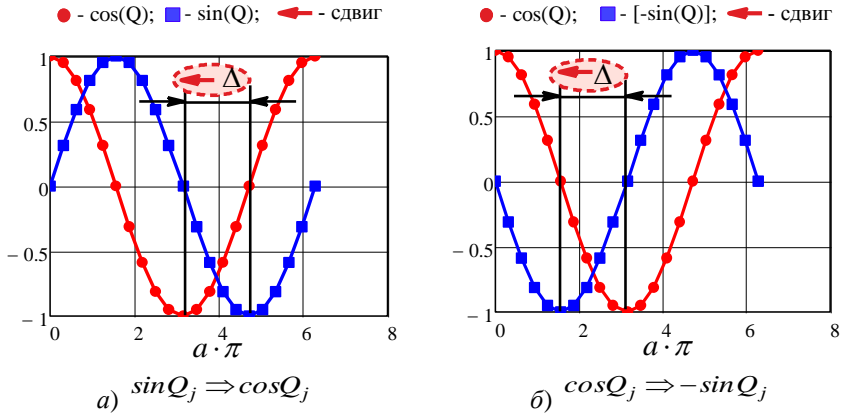
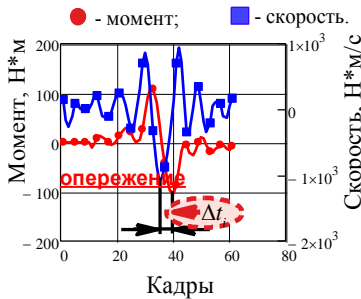


Рисунок 3 – Сравнение графиков $\cos(Q)$, $\sin(Q)$ и $-\sin(Q)$.

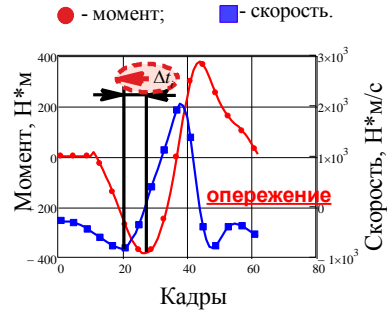
На рисунках 4 а) и б) на примере отдельных групп, входящих в уравнения (1) и (4), показана выявленная закономерность для динамики деформации спортивного снаряда в горизонтальном направлении и при действии силы тяжести для большого оборота назад на перекладине.

Горизонтальная деформация снаряда:



а) $\sin Q_j \Rightarrow \cos Q_j$

Действие силы тяжести:



б) $\cos Q_j \Rightarrow -\sin Q_j$

Рисунок 4 – Соотношение динамических характеристик в эксперименте.



Такая же картина характерна и для тяжелой атлетики при выполнении рывка штанги весом 70, 100 и 140 кг.

Выводы. Биомеханический и математический анализы движения спортсмена выявили:

- Введение понятия динамической скорости по управляющему моменту позволяет оценить скоростно-силовые характеристики мышечной системы по результатам биомеханического анализа.
- Мышечная система спортсмена обеспечивает математические закономерности, отражающие влияние динамических силовых факторов на целенаправленное движение спортсмена.
- Экстремум динамической скорости всегда опережает по времени достижение экстремума самим управляющим моментом. То есть, вначале мышцы развивают максимальную скорость изменения момента, и только потом момент достигает своего пика в данной фазе упражнения.

© Покатилов А. Е. Воронович Ю. В., Евдокимов А. В., Ходакова С. Н., 2022

Список источников

1. Воронович, Ю. В. Биомеханика тяжелоатлетических упражнений : монография / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский ; Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь. – Могилев : Могилев. институт МВД, 2015. – 196 с.
2. Покатилов, А. Е. Биодинамические исследования спортивных упражнений в условиях упругой опоры : монография / А. Е. Покатилов, В. И. Загrevский, Д. А. Лавшук. – Минск : Издательский центр БГУ, 2008. – 291 с.
3. Шалманов, А. А. Биомеханический контроль технической и скоростно-силовой подготовленности спортсменов в тяжелой атлетике / А. А. Шалманов, В. Ф. Скотников // Теория и практика физической культуры. – 2013. – № 2. – С. 103-106.

References

1. Voronovich, Yu. V. Biomechanics of weightlifting exercises : monograph / Yu. V. Voronovich, D. A. Lavshuk, V. I. Zagrevsky ; Mogilev Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Belarus. – Mogilev : Mogilev. Institute of the Ministry of Internal Affairs, 2015. – 196 p
2. Pokatilov, A. E. Biodynamic studies of sports exercises in conditions of elastic support : monograph / A. E. Pokatilov, V. I. Zagrevsky, D. A. Lavshuk. – Minsk : Publishing Center of BSU, 2008. – 291 p.
3. Shalmanov, A. A. Biomechanical control of technical and speed-strength fitness of athletes in weightlifting / A. A. Shalmanov, V. F. Skotnikov // Theory and practice of physical culture. – 2013. – No. 2. – pp. 103-106.



УДК 796.6.012

ВОЗДЕЙСТВИЕ УПРУГИХ РЕКУПЕРАТОРОВ ЭНЕРГИИ НА БИОМЕХАНИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ВЕЛОСПОРТЕ

Григорий Иванович Попов¹, *д-р пед. наук, профессор*

¹*Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия*

Аннотация. Упругие рекуператоры энергии (УРЭ) применялись в велоспорте для рационализации техники выполнения педалирования. Во-первых, в фазе проталкивания педалей УРЭ дополнительно нагружали четырехглавые мышцы бедра, способствующие реализации принципа технико-физического сопряжения в рамках возрастающего силового воздействия на педали. Во – вторых, при движении в фазе подтягивания педалей УРЭ способствовали более скоростному сокращению двуглавых мышц бедра, улучшая выполнение технического действия педалирования в этой фазе. Электромиограммы цикла педалирования подтверждают указанные наблюдения.

Ключевые слова: велоспорт, техника педалирования, упругие рекуператоры энергии, четырехглавая мышца бедра, двуглавая мышца бедра, электромиограмма, биомеханическая кинематография, годограф скоростей

Для цитирования: Попов, Г. И. Воздействие упругих рекуператоров энергии на биомеханическую цепь нижних конечностей в велоспорте / Г. И. Попов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 229-235.

THE EFFECT OF ELASTIC ENERGY RECUPERATORS ON THE BIOMECHANICAL CHAIN OF THE LOWER EXTREMITIES IN CYCLING

Grigory I. Popov¹, *Doctor of Pedagogical Sciences, Professor*

¹*The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia*

Abstract. Elastic energy recuperators (URES) were used in cycling to rationalize the technique of pedaling. Firstly, in the phase of pushing the pedals of the URE, the quadriceps of the thigh were additionally loaded, contributing to the



implementation of the principle of technical and physical coupling within the framework of increasing force on the pedals. Secondly, when moving in the pedal pull-up phase, URE contributed to a faster contraction of the biceps muscles of the thigh, improving the performance of the technical action of pedaling in this phase. Electromyograms of the pedaling cycle confirm these observations.

Keywords: cycling, pedaling technique, elastic energy recuperators, quadriceps femoral muscle, biceps femoral muscle, electromyogram, biomechanical cinematography, speed hodograph

For citation: Popov, G. I. The impact of elastic energy recuperators on the biomechanical chain of the lower extremities in cycling / G. I. Popov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 229-235.

Введение. Среди факторов, которые могут оказать влияние на рост результатов в спорте, изучаются перспективы совершенствования или же создания принципиально новых образцов инвентаря и специальной экипировки, не только уменьшающих вероятность ошибочных действий и травматизма, но и способствующих выполнению движений с лучшей эффективностью [1].

Энергия для обеспечения подобных добавок может поступать как со стороны внешних источников, так и накапливаться в самом процессе выполнения движений. К примеру, речь может идти об энергии упругой деформации, накапливаемой путем использования специальных технических устройств, сконструированных так, чтобы процесс отдачи этой энергии в двигательное действие искусственным образом усиливал эффект другой фазы движения. Эти разработанные нами устройства носят название упругие рекуператоры энергии (УРЭ) [2].

Цель исследования - выявление эффектов воздействия УРЭ на технику педалирования в велоспорте.

Методика. Проводились комплексные измерения параметров внешнего дыхания (газоанализаторы «Горизонт», «Бэкман»), электромиография (электромиограф фирмы «Диза»), биомеханическая кинематография (кинокамера «Акшнмастер-500», киноанализатор «Нак Спортас»), пульсометрия (пульсометр «Спорт-тестер»). Точность измерения физиологических параметров $\pm 3\%$; перемещения $\pm 1,5\%$; скоростей $\pm 3\%$; частоты пульса $\pm 2\%$ уд/мин.

Испытуемые: учащиеся ДЮСШ массовых спортивных разрядов
Результаты и обсуждение.



Рисунок 1 – Велосипедист выполняет движение по треку на велосипеде с закрепленной на нем системой упругих рекуператоров энергии.

Биомеханический анализ показал, что технические действия велосипедиста строятся таким образом, что наблюдается более рациональное перераспределение скоростей движения двигательного аппарата. Это находит отражение в более плавной кривой годографа скорости движения оси педали (Рис. 2).

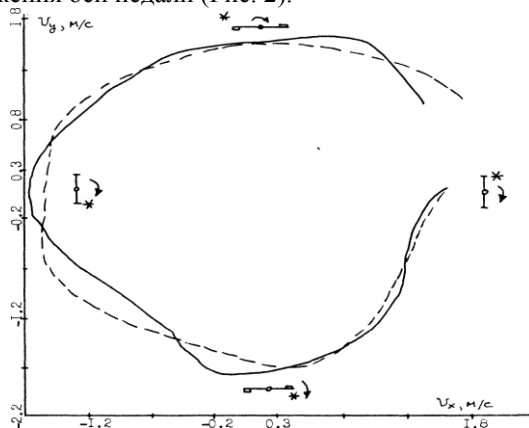
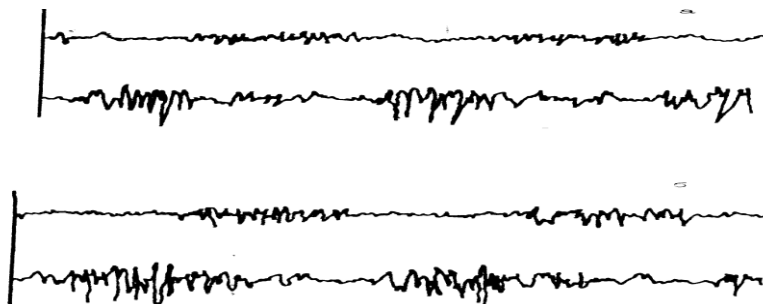


Рисунок 2 – Годограф скоростей педалирования в обычных условиях (сплошная линия) и при использовании УРЭ (штриховая линия).

При движении педали вперед-вниз происходит растягивание УРЭ, т.е. мышцы передней поверхности бедра преодолевают дополнительное сопротивление. Скорости движения педали в этом случае практически не



отличаются от педалирования в обычных условиях. Но при этом возрастает суммарная электрическая активность четырехглавой мышцы бедра в среднем на 8,3% (Рис. 3.).



*Рисунок 3 – Натурные электромиограммы велосипедного педалирования (на каждом из рисунков верхняя кривая – четырехглавая мышца бедра, нижняя кривая двуглавая мышца бедра).
а – педалирование в обычных условиях;
б – педалирование с УРЭ.*

Эти мышцы на обеих ногах работают в режиме отягощения при выполнении основного упражнения. Иными словами, здесь реализуется принцип «сопряженного воздействия» В.М. Дьячкова и И.П. Ратова, что является положительным эффектом в процессе тренировочных занятий. При движении педали в направлении вниз-назад УРЭ помогает продвижению педали, особенно при прохождении нижней по вертикали точки траектории педали. Основное действие УРЭ сказывается при движении педали в направлении назад-вверх, отражаясь в возрастании скорости движения педали по вертикали. Интегрированная электроактивность двуглавой мышцы бедра возрастает в среднем на 13,2%. При движении педали вперед-вверх скорость ее имеет приблизительно те же значения, что и в обычных условиях.

Наблюдается увеличение времени активности двуглавой мышцы бедра, а время активности четырехглавой мышцы практически не изменяется. Двуглавые мышцы бедра начинают работать более активно и в более импульсивном режиме. Работа двуглавых мышц в таком режиме в



естественных условиях педалирования является проблемой для велосипедиста. По отзывам испытуемых, эти мышцы также начинают лучше и расслабляться. Судя по экспериментальным данным, действие УРЭ проявляется в том, что облегчается продвижение педали велосипеда в направлении назад-вверх, мышцы задней поверхности бедра вынуждаются работать в более скоростном режиме, а мышечная активность мышц тела велосипедиста перераспределяется таким образом, что двигательные действия концентрируются в работе ведущих мышечных групп (возрастает суммарная электрическая активность), а на второстепенных мышцах, не задействованных в цикле педалирования, электрическая активность падает (Таблица 1).

Рост амплитуд ЭМГ четырехглавых мышц бедер, а значит и рост силы их сокращения, можно объяснить двумя механизмами вовлечения двигательных единиц в процесс сокращения мышц. В фазе проталкивания педалей в условиях действия УРЭ мышцам необходимо развивать дополнительное усилие. Его возникновение можно связать с увеличением числа активных ДЕ. На это указывает увеличение амплитуды пачки миографического импульса. Вторым механизмом увеличения силовой работы четырехглавой мышцы можно считать рост активности отдельных ДЕ. Скорее всего, не наблюдается превалирования какого-либо отдельного механизма, действие их синергетично.

Когда проводится подтягивание педалей вверх при действии УРЭ, происходит увеличение скорости движения педалей, и, следовательно, двуглавая мышца должна сокращаться с большей скоростью. Судя по электромиограмме, двуглавая мышца бедра еще и более длительное время участвует в активной работе по перемещению педали. Можно предположить, что в этой ситуации преобладающим механизмом будет механизм увеличения активности отдельных ДЕ во времени. На это указывает рост амплитуд миограмм двуглавой мышцы бедра. А механизм увеличения числа дополнительных ДЕ также можно рассматриваться как возможный, но не первостепенный.

Выводы.

1. Использование упругих рекуператоров энергии в тренировочном процессе велосипедистов массовых спортивных разрядов позволит добиться положительных изменений в технике велосипедного педалирования
2. В фазе проталкивания педалей вперед и вниз удастся добиться увеличения силового воздействия на педали четырехглавых мышц бедра, в фазе подъема педалей назад и вверх двуглавые мышцы бедра начинают работать с повышенной силой и скоростью мышечного сокращения.



Таблица 1 – Суммарная электрическая активность различных мышц при велосипедном педалировании с искусственными рекуператорами энергии.

Группа мышц или мышца	МС			КМС			1 разряд		
	Обычное педалирование	Педальирование с УРЭ	Изменение показателей, %	Обычное педалирование	Педальирование с УРЭ	Изменение показателей, %	Обычное педалирование	Педальирование с УРЭ	Изменение показателей, %
Передняя поверхность бедра	306	327	+6,9	209	217	+3,8	246	281	+14,2
Задняя поверхность бедра	314	319	+1,6	191	207	+8,4	237	306	+29,1
Трапецевидная правая	231	161	-30,3	223	199	-10,8	258	211	-18,2



© Попов Г. И., 2022

Список источников

1. Попов, Г. И. Управление формированием и совершенствованием двигательных действий спортсменов: монография / Г. И. Попов. – Москва : Триумф, 2022. - 400 с.
2. Ратов, И. П. Управление изменениями параметров спортивных движений с использованием упругих рекуператоров энергии / И. П. Ратов, Г. И. Попов // Теория и практика физической культуры. - 1987. - №5. - С. 32-35.

References

1. Popov, G. I. Management of formation and improvement of motor actions of athletes: monograph / G. I. Popov. – Moscow : Triumph, 2022. - 400 p.
2. Ratov, I. P. Management of changes in the parameters of sports movements using elastic energy recuperators / I. P. Ratov, G. I. Popov // Theory and practice of physical culture. - 1987. - No. 5. - pp. 32-35.



УДК 797.12.012

НАДЕЖНОСТЬ И ЗНАЧИМОСТЬ 45-СЕКУНДНОГО МАКСИМАЛЬНОГО ТЕСТА ДЛЯ ОЦЕНКИ СКОРСОТНО- СИЛОВОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ КВАЛИФИЦИРОВААННЫХ ГРЕБЦОВ-СЛАЛОМИСТОВ

Евгений Анатольевич Рассудихин¹, аспирант

Анатолий Николаевич Тамбовский², д-р пед. наук, профессор

¹Федерация гребного слалома России, г. Москва, Россия

²Московская государственная академия физической культуры, п. Малаховка, Россия

Аннотация. Основной целью исследования являлось определение надежности и значимости 45-секундного максимального теста для оценки скоростно-силовой подготовленности для контингента квалифицированных гребцов-слаломистов. В исследовании приняло участие 15 квалифицированных спортсменов-членов спортивной сборной команды России по гребному слалому, выступающих в дисциплине каяк. По результатам исследования надежность избранного показателя составила 0,94 ($p < 0,05$) и оценивается как хорошая. Значимость результатов тестирования определялась с помощью эмпирического метода на основе корреляции результатов тестирования и результата в основном соревновательном упражнении. Корреляция составила от -0,77 до -0,84, что говорит о высокой информативности выбранного теста. При выполнении максимального теста на гребном эргометре участвуют те же мышцы, что и при гребле в специфических естественных условиях гребного спорта.

Ключевые слова: Тестирование, скоростно-силовые способности, миография, гребной слалом

Для цитирования: Рассудихин, Е. А. Надежность и значимость 45-секундного максимального теста для оценки скоростно-силовой подготовленности квалифицированных гребцов-слаломистов / Е. А. Рассудихин, А. Н. Тамбовский // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 236-247.



RELIABILITY AND SIGNIFICANCE OF THE 45-SECOND MAXIMUM TEST FOR ASSESSING THE STRENGTH AND STRENGTH READINESS OF QUALIFIED SLALOM ROWERS

Evgeny A. Rassudikhin¹, PhD student

Anatoly N. Tambovskiy², Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

¹Federation of rowing slalom of Russia, Moscow, Russia

²Moscow State Academy of Physical Culture, p. Malakhovka, Russia

Abstract. The main purpose of the study was to determine the reliability and significance of the 45-second maximum test for assessing speed and strength training for a contingent of qualified slalom rowers. The study involved 15 qualified athletes-members of the Russian national rowing slalom team, competing in the kayak discipline. According to the results of the study, the reliability of the selected indicator was 0.94 ($p < 0.05$) and is assessed as good. The significance of the test results was determined using an empirical method based on the correlation of the test results and the result in the main competitive exercise. The correlation ranged from -0.77 to -0.84, which indicates the high informativeness of the selected test. When performing the maximum test on the rowing ergometer, the same muscles participate as when rowing in specific natural conditions of rowing.

Keywords: Testing, speed-strength abilities, myography, rowing slalom

For citation: Rassudikhin, E. A. Reliability and significance of the 45-second maximum test for assessing the strength and strength readiness of qualified slalom rowers / E. A. Rassudikhin, A. N. Tambovsky // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 237-247.

Введение

Определение надежности и значимости тестирования является первым шагом в изучении вопросов развития физических качеств спортсменов конкретного вида спорта. Так как гребной слалом является относительно молодым видом спорта, многие научные исследования посвящены именно вопросу выяснения информативных показателей.

Скоростно-силовая подготовленность квалифицированных гребцов-слаломистов является актуальной исследовательской темой в зарубежном спортивном сообществе, тогда как в России данный вопрос практически не обсуждается. В данном исследовании мы считаем необходимым коснуться вопроса определения надежности процедуры тестирования и значимости



одного из показателей скоростно-силовой подготовленности. Мы предполагаем, что такой показатель, как средняя мощность гребли на гребном тренажере за 45 секунд, является надежным и значимым показателем для определения скоростно-силовой выносливости квалифицированных гребцов-слаломистов.

Актуальность

Основной целью исследования являлось определение надежности и значимости 45-секундного максимального теста для оценки скоростно-силовой подготовленности для контингента квалифицированных гребцов-слаломистов.

В исследовании приняли участие 15 гребцов-слаломистов, дисциплина каяк-одиночка (Табл.1), высокой квалификации (3 МСМК, 12 МС).

Для определения надежности процедуры тестирования было проведено 3 измерения: исходное тестирование, ретест спустя 1 час, ретест спустя 24 часа; тестирования проводились в одинаковых условиях внешней среды, приблизительно в одно и то же время, чтобы избежать воздействия циркадных ритмов на результаты. В качестве средства тестирования использовался гребной тренажер Dansprint PRO Kayak Ergometer (Dansprint, Дания) и программное обеспечение Dansprint Analyser.

Для объективной регистрации мышечной работы использовался метод биопотенциалометрии. Для записи миографического сигнала использовался аппаратно-программный комплекс Noraxon (Noraxon, USA), зарекомендовавший себя во многих исследованиях [1, 6, 8]. АПК позволяет параллельно вести 16-канальную запись миографического сигнала (в μV) с частотой 1500 Hz. Первичная обработка сигнала осуществлялась средствами ПО MR3 и модуля MyoMuscle (v. 3.4.2., Noraxon, USA). Данный АПК был выбран потому, что он позволяет регистрировать необходимые параметры с высокой точностью.

Запись миографического сигнала 6-ми мышц осуществлялась параллельно. Для анализа были выбраны мышцы, расположенные на правой (ведущей) стороне тела. Выбор нижеследующих мышц осуществлялся на основе логического анализа двигательного действия и доступных на сегодняшний день эмпирических данных, представленных в научно-методической литературе [2, 4, 6, 8]:

- большая грудная мышца;
- двуглавая мышца плеча;
- дельтовидная мышца плеча (задний пучок);
- трапециевидная мышца (верхняя часть);
- широчайшая мышца спины;
- разгибающая позвоночник.



Таблица 1 – Возрастные, антропометрические и квалификационные показатели спортсменов

Спортсмен	Квалификация	Возраст, лет	Масса тела, кг	Мышечная масса, %	Длина тела, см	Время прохождения трассы (контрольная тренировка), с
1	2	3	4	5	6	7
1	МСМК	25,3	80	53,2	181	91,2
2	МСМК	24,6	79	52,1	177	93,6
3	МС	19,5	81	49,3	180	94,3
4	МС	21,2	74	51,2	181	96,4
5	МС	22,6	78	50,5	185	100,2
6	МСМК	23,9	75	53,1	177	95,9
7	МС	21,5	88	48,4	190	96,1
8	МС	22,1	71	53,2	171	101,2
9	МС	21,9	69	49,5	180	98,4
10	МС	20,1	74	51,7	175	101,1
11	МС	21,2	79	49,8	188	96,1



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
12	МС	19,2	74	50,6	175	102,7
13	МС	23,2	77	51,3	181	107,2
14	МС	21,5	75	51,9	182	106,4
15	МС	19,8	70	50,8	177	110,3
ср.знач.	-	21,8	76,3	51,1	180,0	99,4
станд.откл.	-	1,84	4,86	1,47	5,03	5,46
вариация	-	8%	6%	3%	3%	5%



Для определения значимости показателя скоростно-силовой подготовленности была проведена контрольная тренировка с имитацией соревновательной деятельности. Фиксировалось время преодоления соревновательной трассы (в секундах) без учета штрафных очков.

Тестирование и контрольная тренировка осуществлялись на базе МАУ «Центр гребного слалома» (Новгородская область, г. Окуловка) в период с 10 по 12 июня 2022 г.

Статистическая обработка результатов

Для определения надежности и значимости показателей вычислялся коэффициент корреляции Пирсона и t-критерий Стьюдента соответственно. Достоверность различий определялась с помощью t-критерия.

Результаты исследования и их обсуждение

Средняя мощность гребли в 45-секундном максимальном тесте в первом тесте, ретесте спустя 1 час и ретесте спустя 24 часа составила 6,29 Вт/кг, 6,19 Вт/кг и 6,47 Вт/кг соответственно (Рис. 1). Результаты тестирования достоверно не отличаются между собой, коэффициент внутригрупповой корреляции составляет 0,97 (исходный тест и ретест спустя 1 час), 0,92 (исходный тест и ретест спустя 24 часа), 0,94 (ретест спустя 1 час и спустя 24 часа) при уровне значимости $p < 0,05$. Это говорит о высокой надежности процедуры и результата избранного нами тестирования для определения скоростно-силовой выносливости квалифицированных гребцов-слаломистов (Рис. 1).

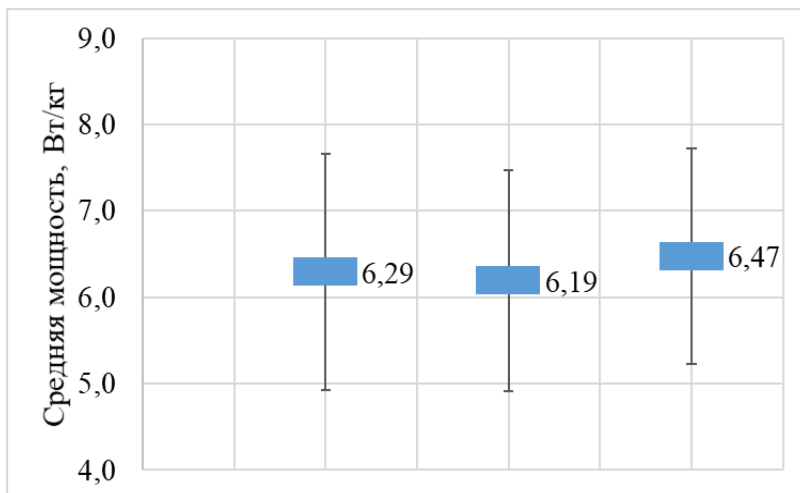


Рисунок 1 – Результаты 45-секундного максимального теста.



Значимость результатов тестирования также очень высокая. Коэффициент корреляции с основным соревновательным упражнением составляет от $-0,77$ до $-0,84$ ($n=15$; $p < 0,05$) (Рис. 2).

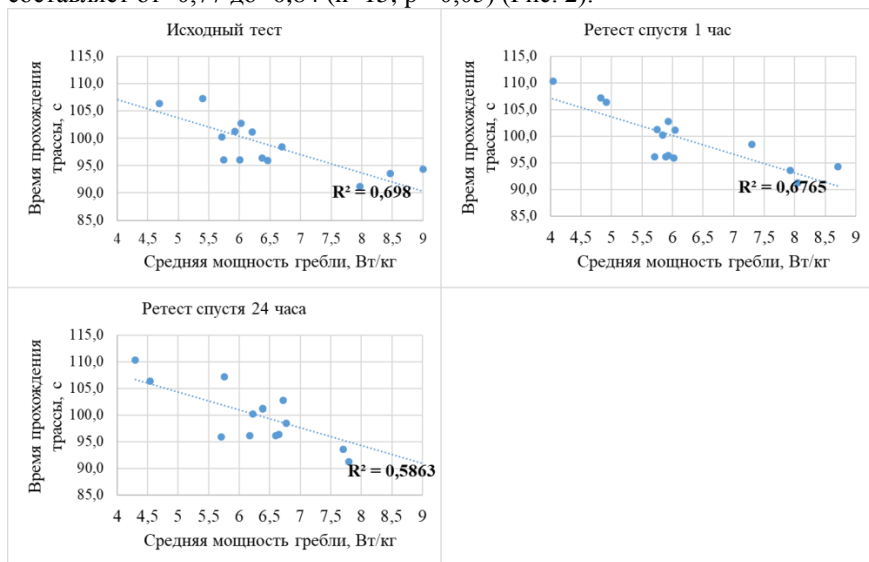


Рисунок 2 – Корреляция результатов тестирования и контрольной тренировки.

В результате эксперимента можно сделать заключение, что скоростно-силовая выносливость является лимитирующим фактором для российских гребцов-слаломистов. Спортсмены лидирующих в данном виде спорта стран превосходят российских спортсменов в этом компоненте подготовленности. Так, например, среднегрупповые показатели чешских спортсменов в аналогичном тесте равняются $8,0 \pm 0,3$ Вт/кг [9].

Распространенным мнением среди российских тренеров, спортсменов и специалистов по гребному слалому является мнение, что основной проблемой отечественных слаломистов является недостаток технической подготовленности. Наше исследование позволяет сделать вывод, что скоростно-силовая выносливость также лимитирует элитных российских слаломистов-байдарочников. Лишь немногие спортсмены, принявшие участие в нашем эксперименте, демонстрируют показатели, сопоставимые с зарубежными спортсменами, и именно они, как ни странно, являются самыми конкурентоспособными, ведущими российскими спортсменами.



Таблица 2 – Напряжение мышц, участвующих в выполнении 45-секундного максимального теста.

Мышца	Нагрузка (% от уровня покоя)			
	Максимальное значение	Минимальное значение	Среднее значение	Станд. Откл.
Широчайшая м-ца спины	24046,1	2934,6	10461,1	6437,9
Двуглавая м-ца плеча	15230,3	979,3	5288,7	3007,6
Дельтовидная (задний пучок)	8371,1	903,2	3705,5	1739,8
Большая грудная	7883,9	949,3	4126,7	1900,1
Трапецевидная	3554,7	634,8	2254,1	695,8
Выпрямляющая позвоночник	2155,8	143,4	800,1	458,0

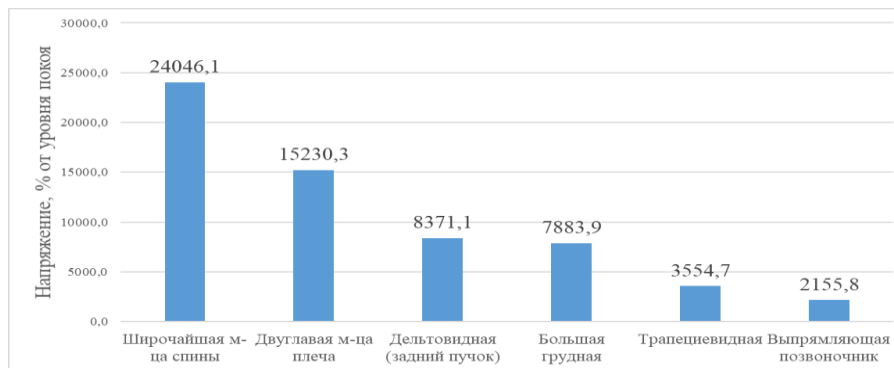


Рисунок 3 – Напряжение избранных мышц при выполнении 45-секундного максимального теста.

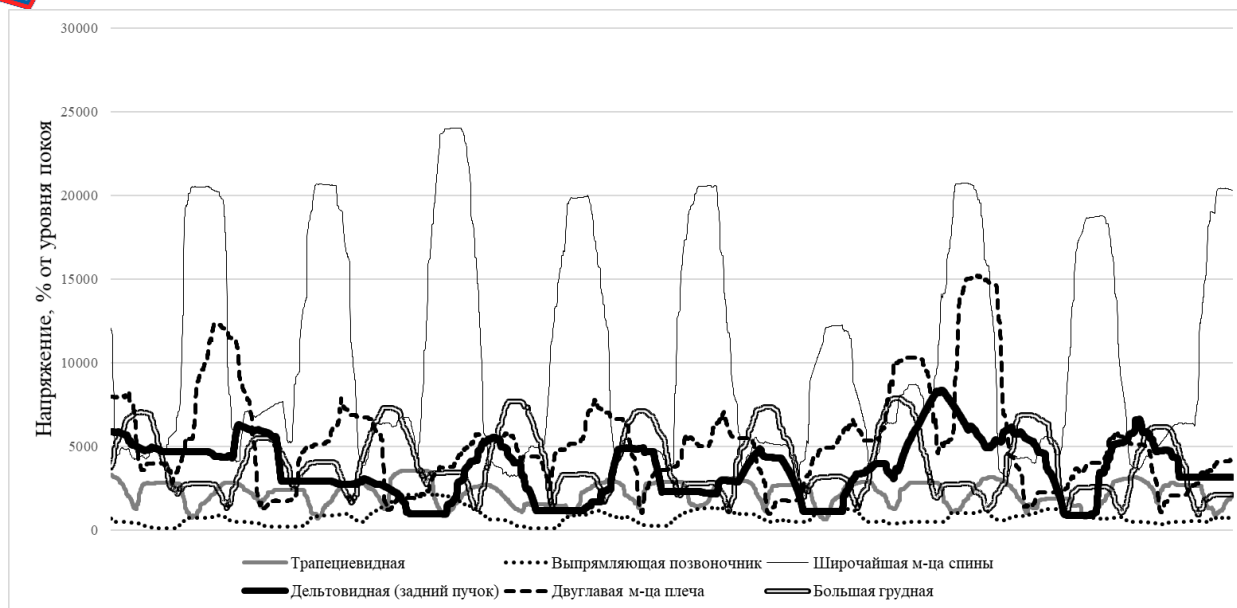


Рисунок 4 – Миографический сигнал избранных мышц при выполнении 45-секундного максимального теста



Результаты миографического анализа позволяют говорить о том, что при выполнении максимального теста на гребном эргометре участвуют те же мышцы, что и при гребле в специфических, естественных условиях гребного спорта (Рис.3, 4). При тестировании наиболее активными являются следующие мышцы: широчайшая мышца спины (активность увеличивается в 240 раз от исходного уровня), двуглавая мышца плеча (активность увеличивается в 152 раза), задний пучок дельтовидной мышцы (активность увеличивается в 83 раза). Согласно Рис.4, в вышеперечисленной последовательности данные мышцы и выполняют гребковое движение.

Существенными ограничениями данного исследования являются следующие моменты: отсутствие в контингенте испытуемых женщин; не рассмотрены эквивалентные тесты и их надежность, значимость; не рассмотрен вопрос стабильности рассматриваемого показателя в макроцикле. Изучению данных вопросов, имеющих как практическую, так и прикладную значимость, должны быть посвящены дальнейшие научные исследования.

Выводы

- 1) Средняя мощность гребли на гребном тренажере за 45 секунд имеет хорошую надежность;
- 2) Средняя мощность гребли на гребном тренажере за 45 секунд имеет высокую значимость;
- 3) показатели скоростно-силовой выносливости российских квалифицированных гребцов-слаломистов значительно уступают аналогичным показателям зарубежных спортсменов. Исходя из результатов исследования, можно сделать вывод о том, что перспективным направлением совершенствования системы спортивной тренировки являются вопросы параллельного развития скоростно-силовой и технической подготовки квалифицированных спортсменов.

© Рассудихин Е. А. Тамбовский А. Н., 2022

Список источников

1. Величина и форма усилий, прикладываемых к подставке для ног и веслу элитными каякерами / П. Бонито, М. Соуза, Ф. Ж. Феррейра, Ж. Ф. Хусто, Б. Б. Гомес // Датчики (Базель). – 2022. – Т. 22(4). – с. 1612.
2. Флеминг, Н. Влияние упругого натяжения каяк-эргометра на ЭМГ-активность верхних конечностей и 3D-кинматику / Н. Флеминг, Б. Донн, Д. Флетчер // J Sports Sci Med. - 2012. – № 11(3). – с. 430-7.
3. Сравнение методов мониторинга тренировок и рецептурных методов в спринтерском плавании на байдарках. Международный / К.



Хоган, М. Дж. Бинни, М. Дойл, Л. Лестер, П. Пилинг // *J Sports Physiol Perform.* – 2020. – № 15(5). – с. 654-662.

4. Кинугаса, Р. Влияние четырехнедельных тренировок на каяках на трехмерную кинетику гребли, кинематику тела и электромиографическую активность у начинающего гребца: тематическое исследование / Р. Кинугаса, С. Кубо, К. Эндо // *Front Sports Act Living.* – 2021. – № 3. – С. 694989.

5. Макдоннелл, Л. К. Детерминированная модель, основанная на доказательствах связи между кинематическими переменными и показателями спринтерской гребли на байдарках / Л. К. Макдоннелл, П. А. Хьюм, В. Нолти // *Спортивная биомеханика.* – 2013. - 12(3). – с. 205-20.

6. Мультимодальный подход к анализу и улучшению характеристик каякинга. Международный компьютерный журнал / Габор И. Надь, Зс. Комка, Г. Сатмари, П. Катона [и др.] // *Международный журнал компьютерных наук в спорте* – 2020. – № 19(2). – с. 51-76.

7. Специфика зимовых упражнений тяжелой атлетики в спринтерских выступлениях на байдарках: перспектива для нервно-мышечной тренировки / К. Романьоли, Г. Гатта, Н. Ламоучидели, А. Бьянко, С. Лоддо, А. Р. Алашрам, В. Бонайуто, Г. Аннино, Э. Падуа // *Передняя физиология.* – 2022. – № 13. – С. 898468.

8. Скопек, М. Сравнительный анализ гребка байдаркой вперед / М. Скопек // *Обзор физической активности.* - 2019. – № 7. – с. 107-113.

9. Антропометрические, физиологические характеристики и показатели работоспособности элитных и субэлитных спортсменов в каное-слаломе / Дж. Буста, Дж. Дж. Туфано, Дж. Суши, М. Били // *Журнал активного отдыха.* - 2018. - Том 12, № 1. – с. 9-17.

References

1. Magnitude and Shape of the Forces Applied on the Foot Rest and Paddle by Elite Kayakers / P. Bonito, M. Sousa, F. J. Ferreira, J. F. Justo, B. V. Gomes // *Sensors (Basel).* – 2022. – Vol. 22(4). – p. 1612.

2. Fleming, N. Effect of Kayak Ergometer Elastic Tension on Upper Limb EMG Activity and 3D Kinematics / N. Fleming, B. Donne, D. Fletcher // *J Sports Sci Med.* – 2012. – No. 11(3). – pp. 430-7.

3. Comparison of Training Monitoring and Prescription Methods in Sprint Kayaking. International / C. Hogan, M. J. Binnie, M. Doyle, L. Lester, P. Peeling // *J Sports Physiol Perform.* – 2020. – No. 15(5). – pp. 654-662.

4. Kinugasa, R. Effects of Four-Week Kayak Training on Three-Dimensional Paddling Kinetics, Body Kinematics, and Electromyography Activity in a Novice Paddler: A Case Study / R. Kinugasa, S. Kubo, K. Endo // *Front Sports Act Living.* – 2021. – No. 3. – P. 694989.



5. McDonnell, L. K. A deterministic model based on evidence for the associations between kinematic variables and sprint kayak performance / L. K. McDonnell, P. A. Hume, V. Nolte // *Sports Biomech.* – 2013. - 12(3). – pp. 205-20.

6. Multimodal Approach for Kayaking Performance Analysis and Improvement. *International Journal of Computer* / Gábor I. Nagy, Zs. Komka, G. Szathmáry, P. Katona [et al.] // *International Journal of Computer Science in Sporto* – 2020. – No. 19(2). – pp. 51-76.

7. Specificity of weightlifting bench exercises in kayaking sprint performance: A perspective for neuromuscular training / C. Romagnoli, G. Gatta, N. Lamouchideli, A. Bianco, S. Loddo, A. R. Alashram, V. Bonaiuto, G. Annino, E. Padua // *Front Physiol.* – 2022. – No. 13. – P. 898468.

8. Skopek, M. A Comparative Analysis of the Kayak Forward Stroke / M. Skopek // *Physical Activity Review.* - 2019. – No. 7. – pp. 107-113.

9. Anthropometric, physiological and performance profiles of elite and sub-elite Canoe slalom athletes / J. Busta, J. J. Tufano, J. Suchy, M. Bílý // *Journal of outdoor activities.* - 2018. - Vol. 12, No. 1. – pp. 9-17.



УДК 796.012

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ В ИГРОВЫХ ВИДАХ СПОРТА

Андрей Викторович Родин¹, *канд. пед. наук, доцент*

Анна Владимировна Кондрашенкова², *аспирант*

Ксения Владимировна Прохорова³, *аспирант*

Егор Константинович Рожков⁴, *аспирант*

^{1,2,3,4}*Смоленский государственный университет спорта, Смоленск, Россия*

Аннотация. Основным средством повышения спортивного мастерства спортсменов в игровых видах спорта являются индивидуальные тактические действия, которые имеют строгую классификацию и структуру двигательных действий, представленных биомеханическими характеристиками. Обоснование методологических аспектов биомеханического компонента индивидуальных тактических действий спортсменов в игровых видах спорта является тем инновационным подходом, который позволяет оптимизировать многолетнюю подготовку спортивного резерва и раскрыть индивидуальные возможности спортсменов.

Ключевые слова: спортивные игры, индивидуальная тактическая подготовка, биомеханика технического приема

Для цитирования: Экспериментальное обоснование биомеханического компонента индивидуальной тактической подготовки спортсменов в игровых видах спорта / А. В. Родин, А. В. Кондрашенкова, К. В. Прохорова, Е. К. Рожков // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 248-256.

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE BIOMECHANICAL COMPONENT OF INDIVIDUAL TACTICAL TRAINING OF ATHLETES IN GAME SPORTS

Andrey V. Rodin¹, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

Anna V. Kondrashenkova², *PhD student*

Ksenia V. Prokhorova³, *PhD student*



Egor K. Rozhkov⁴, *PhD student*

^{1,2,3,4}*Smolensk State University of Sports, Smolensk, Russia*

Abstract. The main means of improving the sportsmanship of athletes in game sports are individual tactical actions that have a strict classification and structure of motor actions represented by biomechanical characteristics. The substantiation of the methodological aspects of the biomechanical component of individual tactical actions of athletes in game sports is an innovative approach that allows optimizing the long-term training of the sports reserve and revealing the individual capabilities of athletes.

Keywords: sports games, individual tactical training, biomechanics of technical reception

For citation: Experimental substantiation of the biomechanical component of individual tactical training of athletes in game sports / A.V. Rodin, A.V. Kondrashenkova, K. V. Prokhorova, E. K. Rozhkov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 248-256.

Введение. Базовая подготовка в спортивных играх (баскетбол, волейбол) позволяет овладеть навыками игры и создает благоприятные предпосылки для перехода игрока на профессиональную ступень [2, 3]. Потребность современных спортивных команд в игроках, обладающих высоким уровнем индивидуального тактического мастерства, свидетельствует об актуальности изучения биомеханических характеристик двигательных действий, определяющих рациональную структуру приемов игры [4, 7].

Согласно биомеханической теории формирования двигательных умений и навыков, совершенствование двигательных действий в многолетней подготовке позволяет существенно разнообразить и увеличить вариативность движений в тренировочно-соревновательной деятельности. Биомеханические знания техники и тактики избранного вида спорта дают возможность раскрыть потенциально талантливых детей, обладающих высоким уровнем двигательных возможностей, что гарантирует достижение высоких спортивных результатов в соревновательной деятельности [1, 5, 6].

Цель исследования – экспериментально обосновать биомеханический компонент индивидуальной тактической подготовки спортсменов в игровых видах спорта.



Организация исследования. Для реализации цели исследования была разработана программа начальной и предварительной подготовки, которая включала развитие двигательных способностей, формирование рациональной кинематической, динамической и координационной структуры двигательных действий применительно к двигательным схемам проявляемых в различных тактических ситуациях. Экспериментальное обоснование заключалось в том, что из числа 56 волейболистов групп начальной подготовки МБУ «Спортивная школа №2» и Кузбасской волейбольной школы города Кемерово было организовано по две группы в каждой школе: контрольная (КГ) и экспериментальная (ЭГ), каждая по 14 человек, что обуславливается наполняемостью групп в данном возрасте, согласно Федеральному стандарту спортивной подготовки и примерной программе для ДЮСШ и СДЮСШОР и составу команд в волейболе.

Результаты исследования и их обсуждение. Сравнивая полученные результаты собственных исследований с данными специалистов, занимающихся проблемой биомеханического анализа прямого нападающего удара в волейболе, установлено, что применение специализированных программ подготовки способствует существенному увеличению параметров длины и скорости трех шагов разбега у юных игроков ЭГ после проведения формирующего эксперимента на $64,7 \pm 2,9$ см и $1,1 \pm 0,06$ м/с, соответственно ($p < 0,05$). Весьма характерно, что увеличение кинематических параметров фазы разбега увеличивается за счет рационализации структуры третьего шага разбега, который должен выполняться длиннее, чем первый, и короче, чем второй шаг, а по скорости соответствовать максимальным параметрам.

Длина и скорость трех шагов фазы разбега после проведения формирующего педагогического эксперимента у юных игроков КГ увеличивается всего на $14,6 \pm 0,9$ см и $0,5 \pm 0,03$ м/с соответственно ($p > 0,05$). Сравнивая кинематические показатели длины и скорости трех шагов фазы разбега, следует отметить, что после проведения формирующего педагогического эксперимента результаты ЭГ достоверно превосходят биомеханические характеристики КГ на $52,6 \pm 3,1$ см и $0,9 \pm 0,05$ м/с соответственно ($p < 0,05$).

Градиент и импульс силы – это динамические характеристики, свидетельствующие о темпах нарастания быстрой силы в момент отталкивания от поверхности опоры. У игроков КГ за время формирующего педагогического эксперимента показатели градиента и импульса силы в фазе отталкивания при выполнении прямого нападающего удара возрастают на $6,7 \pm 0,3$ и $8,1 \pm 0,6$ кг/с соответственно ($p > 0,05$). Совершенно противоположная картина наблюдается в динамике показателей градиента и импульса силы у юных игроков ЭГ. За время формирующего педагогического эксперимента у них отмечается достоверное увеличение



рассматриваемых показателей на $15,7 \pm 0,9$ и $26,7 \pm 1,2$ кг/с соответственно ($p < 0,05$). Применение специализированных подходов к оптимизации и рационализации структуру двигательных действий способствует увеличить динамических характеристик, которые обуславливают высокую результативность игрового приема в соревновательной деятельности.

Биомеханический анализ динамических характеристик фазы отталкивания свидетельствует, что у юных волейболистов ЭГ показатели градиента и импульса силы после формирующего педагогического эксперимента превосходят результаты спортсменов КГ на $7,3 \pm 0,4$ и $20,9 \pm 1,1$ кг/с соответственно ($p < 0,05$).

Фаза ударного движения в структуре двигательных действий имеет определяющее значение для достижения высокой эффективности выполнения игрового приема в соревновательных условиях. Только оптимальные суставные характеристики позволяют добиться максимальной амплитуды движения, тем самым определяя вариативность двигательных действий в процессе противоборства с соперником и взаимодействуя с игровым предметом (мячом).

В результате применения экспериментальной программы предварительной и начальной подготовки у юных игроков ЭГ отмечается достоверное улучшение кинематических характеристик в фазе ударного движения плечевого, локтевого и лучезапястного сустава ($p < 0,05$). У игроков КГ показатели улучшаются, но незначительно ($p > 0,05$; таблица 1).

Следует обратить внимание, что у спортсменов КГ темпы прироста показателей угла сгибания и разгибания вокруг фронтальной оси в плечевом, локтевом и лучезапястном суставах за время формирующего педагогического эксперимента колеблются от 2,8 до 8,2%. В экспериментальной группе по рассматриваемым показателям темпы прироста более выражены и составляют от 11,8 до 34,0%. После окончания формирующего педагогического эксперимента у юных игроков ЭГ отмечается достоверное улучшение кинематических показателей, характеризующих угол сгибания и разгибания вокруг фронтальной оси ударной руки в плечевом – $15,1 \pm 0,7$ и $12,9 \pm 0,6^\circ$, локтевом – $11,9 \pm 0,5$ и $10,3 \pm 0,5^\circ$, лучезапястном суставах – $8,1 \pm 0,4^\circ$ соответственно, по сравнению со спортсменами КГ ($p < 0,05$).



Таблица 1 - Динамика кинематических характеристик фазы удара по мячу при выполнении нападающего удара волейболистами групп начальной подготовки КГ и ЭГ в процессе формирующего педагогического эксперимента

Суставы	Характер движения	КГ		ЭГ		Темп прироста (КГ), %	Темп прироста (ЭГ), %
		ДЭ	ПЭ	ДЭ	ПЭ		
1	2	3	4	5	6	7	8
Плечевой, °	Сгибание	137,5±6,3	142,6±6,5*	139,0±6,2	157,7±6,9*	3,7	13,5
		$\frac{1,36}{>0,05}$		$\frac{2,18}{<0,05}$			
	Разгибание	130,2±5,7	126,7±5,5*	129,5±5,6	113,8±5,0*	2,8	13,8
		$\frac{1,30}{>0,05}$		$\frac{2,20}{<0,05}$			
Локтевой, °	Сгибание	55,0±2,8	59,5±3,0*	54,2±2,4	71,4±2,9*	8,2	31,7
		$\frac{1,40}{>0,05}$		$\frac{2,23}{<0,05}$			
	Разгибание	50,3±2,5	46,8±2,1*	48,9±2,4	36,5±1,9*	7,5	34,0
		$\frac{1,44}{>0,05}$		$\frac{2,21}{<0,05}$			



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Лучезапястный, °	Сгибание	38,5±2,0	40,3±2,2*	39,2±2,1	48,4±2,6*	4,9	23,5
		$\frac{1,28}{>0,05}$		$\frac{2,19}{<0,05}$			
	Разгибание	41,6±2,5	39,5±2,2	42,7±2,3	38,2±1,8	5,3	11,8
		$\frac{1,30}{>0,05}$		$\frac{1,78}{>0,05}$			

Примечание: * - различия достоверны при $p < 0,05$



Выдвинутое предположение о том, что оптимизация кинематических и динамических характеристик структуры двигательных действий, а также повышение показателей развития двигательных способностей обеспечивает эффективное овладение игровыми приемами, подтверждается результатами экспертной оценки выполнения прямого нападающего удара юными волейболистами КГ и ЭГ в процессе контрольных игр. До начала формирующего педагогического эксперимента эксперты установили, что у юных волейболистов контрольной и экспериментальной группы по показателям структуры двигательных действий прямого нападающего удара достоверных отличий не наблюдалось ($p>0,05$; рисунок 1).

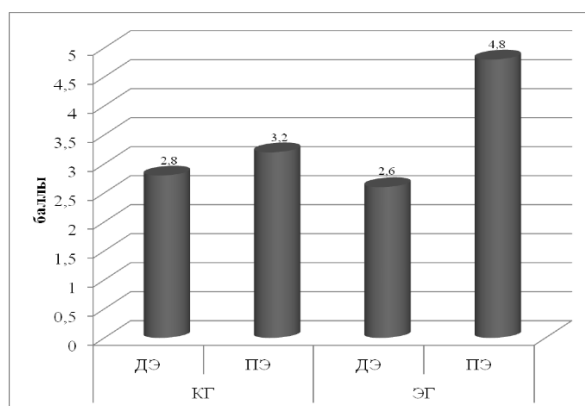


Рисунок 1 – Динамика овладения структурой двигательных действий по результатам экспертной оценки техники нападающего удара волейболистов групп начальной подготовки КГ и ЭГ в процессе формирующего педагогического эксперимента.

Примечание: ДЭ – до эксперимента; ПЭ – после эксперимента

Полученные результаты свидетельствуют о однородности рассматриваемых групп, причем показатели двигательных действий находятся на достаточно низком уровне и соответствуют $2,8\pm 0,05$ и $2,6\pm 0,05$ баллам.

В результате внедрения в тренировочный процесс юных игроков программы предварительной и начальной подготовки у спортсменов ЭГ по окончании формирующего педагогического эксперимента структура двигательных действий, по мнению экспертов, обладала более



выраженными параметрами – $4,8 \pm 0,1$, балла, характерные для прямого нападающего удара, по сравнению с игроками КГ – $3,2 \pm 0,3$ балла ($p < 0,05$).

Заключение. Таким образом, полученные данные подтверждают целесообразность и эффективность применения разработанного биомеханического компонента формирования рациональных двигательных действий в рамках индивидуальной тактической подготовки на этапе начальной подготовки спортсменов в игровых видах спорта. Полученные данные доказывают необходимость более внимательно специалистам подходить к формированию школы движений в избранном виде спорта на этапе начальной подготовки, которая в последующем обеспечивает высокую вариативность двигательных действий в соревнованиях в процессе профессиональной игровой карьеры.

© Родин А. В., Кондрашенкова А. В., Прохорова К. В., Рожков Е. К., 2022

Список источников

1. Разработка и оценка эффективности психофизиологического компонента технико-тактической подготовки спортсменов в игровых видах спорта / В. П. Губа, А. В. Родин, С. Н. Сбитный, Л. Н. Забелина, Г. В. Карева // Человек. Спорт. Медицина. - 2021. - Т.21. - № S1. - С. 53-58.
2. Губа, В. П. Теория и методика спортивных игр : учебник / В. П. Губа. – Москва : Спорт, 2020. – 720 с.
3. Макаров, Ю. М. Методология формирования игровой деятельности у юных спортсменов в игровых видах спорта : специальность 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования» : диссертация на соискании ученой степени доктора педагогических наук / Макаров Юрий Михайлович. - Санкт-Петербург, 2013. - 328 с.
4. Родин, А. В. Влияние биомеханических параметров нападающего удара у волейболистов на эффективность его тактического выполнения / А. В. Родин, М. В. Погорелый // Теория и практика физической культуры. - 2014. - № 5. - С. 59.
5. Родин, А. В. Индивидуальная тактическая подготовка в спортивных играх : монография / А. В. Родин. – Смоленск : СГУС, 2021. – 280 с.
6. Родин, А. В. Технология идентификации индивидуальных тактических действий в игровых видах спорта / А. В. Родин // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. - 2021. - № 5. - С. 62.
7. Уткин, В. Л. Биохимические аспекты спортивной тактики / В. Л. Уткин ; Под общ. ред. В. М. Зациорского. - Москва : Физкультура и спорт, 1984. - 128 с.



References

1. Development and evaluation of the effectiveness of the psychophysiological component of technical and tactical training of athletes in game sports / V. P. Guba, A.V. Rodin, S. N. Sbitny, L. N. Zabelina, G. V. Kareva // *Human. Sport. Medicine.* - 2021. - Vol.21. - No. S1. - pp. 53-58.
2. Guba, V. P. *Theory and methodology of sports games : textbook* / V. P. Guba. – Moscow : Sport, 2020. – 720 p.
3. Makarov, Yu. M. *Methodology of formation of gaming activity among young athletes in game sports : specialty 13.00.08 "Theory and methodology of vocational education" : dissertation for the degree of Doctor of Pedagogical Sciences* / Makarov Yuri Mikhailovich. - St. Petersburg, 2013. - 328 p.
4. Rodin, A.V. *The influence of biomechanical parameters of an offensive strike in volleyball players on the effectiveness of its tactical execution* / A.V. Rodin, M. V. Pogorely // *Theory and practice of physical culture.* - 2014. - No. 5. - p. 59.
5. Rodin, A.V. *Individual tactical training in sports games: monograph* / A.V. Rodin. – Smolensk : SGUS, 2021. – 280 p.
6. Rodin, A.V. *Technology of identification of individual tactical actions in game sports* / A.V. Rodin // *Physical culture: upbringing, education, training.* - 2021. - No. 5. - p. 62.
7. Utkin, V. L. *Biochemical aspects of sports tactics* / V. L. Utkin ; Under the general editorship of V. M. Zatsiorsky. - Moscow : Physical Culture and Sport, 1984. - 128 p.



796.322.012

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ СПОРТСМЕНОВ-ЛУЧНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИТ

Аллаберди Сапаров¹, канд. пед. наук, Ректор

Янгибай Чарыев², д-р физико-математических наук, старший преподаватель

Чарыяргулы Мамметгулыев³, канд. мед. наук, старший преподаватель
^{1,2,3}Туркменский государственный институт физической культуры и спорта, г. Ашхабад, Туркменистан

Аннотация. Представлены данные анализа продолжительности отдельных фаз выстрелов в ходе выполнения соревновательного упражнения. Выявлены наиболее продолжительные фазы: фаза удержания и фаза изготовления. Разработан алгоритм регистрации биомеханических показателей техники движений спортсменов-лучников, характеризующий уровень технического мастерства.

Ключевые слова: биомеханические характеристики, динамика, кинематика, спортсмен-лучник, алгоритм, фаза стрельбы, биомеханический анализ

Для цитирования: Сапаров, А. Биомеханический анализ двигательных действий спортсменов-лучников с использованием ИТ / А. Сапаров, Я. Чарыев, Ч. Мамметгулыев // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 257-264.

BIOMECHANICAL ANALYSIS OF MOTOR ACTIONS OF ARCHERY ATHLETES USING IT

Allaberdi Saparov¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Rector

Yangibai Charyev², Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer

Charyyarguly Mammetgulyev³, Candidate of Medical Sciences, senior lecturer
^{1,2,3}Turkmen State Institute of Physical Culture and Sports, Ashgabat, Turkmenistan



Abstract. The data of the analysis of the duration of individual phases of shots during the performance of a competitive exercise are presented. The longest phases were identified: the retention phase and the manufacturing phase. The algorithm of registration of biomechanical indicators of the technique of movements of athletes-archers, characterizing the level of technical skill, has been developed.

Keywords: biomechanical characteristics, dynamics, kinematics, archer athlete, algorithm, firing phase, biomechanical analysis

For citation: Saparov, A. Biomechanical analysis of motor actions of archery athletes using IT / A. Saparov, Ya. Charyev, Ch. Mammetgulyev // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 257-264.

Введение. Важность определения и последующего выбора наиболее рациональных биомеханических параметров движений спортсмена отмечается в работах ряда ученых [1-4]. Спортивный результат в стрельбе из лука (целевая точность) определяются в основном необходимыми биомеханическими характеристиками, которые способен реализовать спортсмен, а именно: начальной скоростью вылета, углом вылета, высотой выпуска стрелы [1, 2]. При этом начальная скорость вылета стрелы регулируется силой натяжения тетивы лука, и ее можно принять постоянной, а высота выпуска стрелы мало изменяется в процессе стрельбы. Следовательно, основной характеристикой для целевой точности является изменение угла вылета.

Актуальность. В современной практике подготовки спортсменов-лучников назрел вопрос использования инструментальных методик, позволяющих оценивать и контролировать качество биомеханических показателей, характеризующих эффективность выполнения выстрелов. На основании опроса тренеров и спортсменов высокой квалификации была определена ранговая структура основных факторов, определяющих высокую эффективность стрельбы из лука: что стрелок должен обладать высоким уровнем выносливости к продолжительным статическим нагрузкам; умением расслаблять группы мышц, которые не принимают непосредственного участия в поддержании тела и оружия, в то же время избирательно напрягать и расслаблять мышечные группы, обеспечивающие необходимое техническое действие; точностью и согласованностью движений и положений; быстрой и тонко координированной двигательной и зрительной реакцией; развитым чувством равновесия; способностью



быстро и достаточно полно восстанавливать работоспособность после больших нагрузок; высокой психологической устойчивостью в условиях повышенных эмоциональных напряжений на соревнованиях.

В доступных публикациях отсутствует многофакторный подход, учитывающий перечисленные критерии технической подготовленности лучников. Одной из важнейших задач тренировочного процесса является объективизация управления состоянием спортсмена в ходе тренировочной и соревновательной деятельности. Разработка современной методики квалиметрической оценки качества движений спортсменов-лучников с использованием ИТ является весьма актуальной.

Цель. разработка методики квалиметрической оценки качества движений спортсменов-лучников с использованием ИТ.

Испытуемые. Исследование проводилось поэтапно с сентября 2021 по май 2022 года:

Первый этап – поиск (сентябрь – октябрь 2021 г.): изучались литературные источники, формулировалась научная проблема, анализировались существующие подходы в определении технической подготовленности стрелков из лука.

Второй этап – экспериментальный (констатирующий) (ноябрь 2021 – февраль 2022 г.): собран эмпирический материал с участием членов национальной команды Туркменистана по стрельбе из лука.

Третий этап – завершающий (март – май 2022 г.): результаты исследования обрабатывались и систематизировались.

Методы исследования

Педагогические, инструментальные, расчетно-графические методы.

Организация исследования

Эксперимент проводился в научной лаборатории Туркменского государственного института физической культуры и спорта с участием 8 спортсменов с уровнем квалификации от кандидата в мастера спорта до мастера спорта международного класса. Возраст обследуемых – от 17 до 40 лет. Спортсмены выполняли 60 выстрелов из классического лука в условиях, моделирующих соревновательную деятельность – 20 серий по 3 выстрела в каждой. Условия для выполнения соревновательного упражнения были стандартны, дистанция до мишени – 18 м. Анализировались результаты лучшего и худшего выстрелов в стрелковой серии. Лучший выстрел – попадание в 10 при наименьшем расстоянии до центральной точки мишени. Худший выстрел – наибольшее отклонение от центральной точки мишени.

В процессе стрельбы из лука осуществлялась скоростная видеосъемка движений спортсменов с частотой 100 кадров в секунду с синхронной регистрацией биопотенциалов ведущих групп мышц



спортсменов. Видеоанализ движений проводился с помощью АПК (аппаратно-программного комплекса) «Qualisys», в состав которого входило 8 цифровых инфракрасных видеокамер «Oqus-300». Обработка данных видеозахвата движений осуществлялась в программе «Qualisys Trask Manager». Регистрация биопотенциалов мышц осуществлялась с использованием беспроводных электромиографических датчиков, объединенных в АПК «Delsys» с последующей обработкой полученных данных в программе «EMGwork Analisis». Системы синхронизированы между собой, размещались стационарно в условиях спортивного зала.

Все регистрируемые значения автоматически размещались в объединенных протоколах и по интересующим фазам движений спортсменов вычленились для формирования аналитических таблиц.

Обсуждения результатов исследования. Повышение эффективности выстрела и установление влияния факторов подготовленности на спортивный результат требует своего исследования с помощью применения комплексного целевого подхода к системе оценки качества выстрела квалифицированных спортсменов.

В структуре двигательной деятельности стрелка из лука выделяются две основные системы: система, отвечающая за последовательность взаимосвязей прицеливания с наведением оружия в цель, и система, которая отвечает непосредственно за реализацию выстрела.

При изучении устойчивости позы человека при выполнении выстрела отмечается необходимость преимущественного исследования устойчивости положения отдельных звеньев системы «стрелок-оружие» и их взаимосвязи, а также механических колебаний и динамических характеристик взаимодействия тела с опорой. Большинство исследований проводились на уровне качественной оценки степени участия тех или иных групп мышц в процессе подготовки и выполнении выстрела или взаимосвязи колебаний отдельных звеньев тела стрелка.

Эти исследования подтверждают, что в стрельбе из лука высокая эффективность и результативность всех движений осуществляется за счет согласованной межмышечной координации, что позволяет стрелку длительное время находиться в одной позе во время выполнения выстрела.

Анализ литературы показал, что на целевую точность в стрельбе из лука влияют не только характеристики стрелкового оборудования, но и биомеханические характеристики спортсмена. Установлено, что спортивный результат в стрельбе из лука (целевая точность) определяется в основном угловыми характеристиками вылета стрелы, которые способен реализовать спортсмен. Выбор биомеханических характеристик, которые способен реализовать спортсмен для обеспечения целевой точности и



минимальных значений отклонений от цели на различных дистанциях стрельбы, позволят улучшить результативность.

Применяя современные ИТ для оценки параметров движения, можно получить обширный массив данных, из которых необходимо выбрать показатели, которые влияют на результат спортсмена:

1. Информация о распределении давления стоп на опорную поверхность (динамика переноса веса тела с пятки на носок; распределение веса тела при выполнении выстрела; пиковые значения давления в отдельные моменты времени).
2. Информация о длительности выполнения выстрела и фазы удержания.
3. Данные о мышечной активности в процессе выстрела.

Для оценки вышеуказанные параметров необходимо выработать набор и последовательность действий по применению АПК, связанных с процессами регистрации, записи, обработки полученных данных, а также последующей визуализации информации, полученной на их основе.

Результаты 60 выстрелов в 20 стрелковых сериях каждого спортсмена заносились в таблицу результативности. Одна серия состоит из 3 выстрелов (выстрелы № 1, 2, 3). В процессе выполнения упражнений проводилась оценка каждого выстрела по отклонению от центра мишени. Чем меньше отклонения от центра в мм, тем выше оценка выстрела в таблице результатов. Самый лучший выстрел № 2 серии № 2, при котором отклонение от центра составляет 3 мм. Наивысшая оценка выстрела в 100 баллов присваивается выстрелу с отклонением от центра, равным 0.

Осуществлялась самооценка выстрела спортсменом, после каждого выстрела спортсмен оценивал по своим ощущениям, как был произведён выстрел (плохо – 1, хорошо – 2, отлично – 3).

Подсчитана сумма очков выстрелов в каждой серии, сумма очков выстрелов всех 20 стрелковых серий, сумма очков, набранных в результате выполнения выстрелов № 1, 2 и 3 в 20 сериях, суммарная оценка каждой серии, суммарная оценка за все 60 выстрелов, сумма очков выстрелов 1–10 серий, 11–20 серий.

На основании полученных данных выбрана лучшая серия выстрелов – № 9 с наибольшей суммой очков за 3 выстрела в серии (30 очков), наибольшей суммарной оценкой в 285,5 баллов, а также худшая серия выстрелов – № 5, сумма набранных очков в этой серии – 26, суммарная оценка – 236 баллов. Для обработки основных показателей оценивали лучший выстрел № 2 серии № 9 и худший выстрел № 2 серии № 5.

В процессе анализа выстрелы спортсменов были разделены на фазы: 1-я фаза – изготовления: занятие исходной стойки (положение ступней и распределения веса на стопы, установка туловища и бёдер); заряджение



стрелы, захват тетивы, подъём лука, завершающим действием 1-й фазы является фиксация удерживающей руки.

2-я фаза – предустановки лука и растягивания; ключевые элементы: положение головы, положение удерживающей руки, давление на упор при поднятии лука остаются без изменений, единственное изменение – лук поднят и нацелен в мишень. В результате предустановки задаётся основное направление для растягивания лука. Растягивание лука включает в себя динамическое перераспределение усилий спины, вызванное поворотом плеча и опусканием лопатки, приводящее к изменению положения тетивы и стрелы на расстояние длины растяжки. Переход к удержанию является определяющей точкой окончания растягивания тетивы лука.

3-я фаза – удержания и выхода стрелы из-под кликера («дотяга»). Фаза удержания достигается, когда тянущая рука оказывается под подбородком, и значительное усилие удерживается мышцами спины. Если представить силу в процентах, в начале растягивания на руки прикладывается 40 % усилия, на спину – 60 %. При удержании соотношение изменяется на 20 % на руки, 80 % на спину.

4-я фаза – выпуск стрелы и завершение выстрела. Выпуск – соскальзывание тетивы с пальцев: последний важный момент, когда лучник еще находится в контакте с луком. Завершение является частью выпуска, а не отдельным движением. Правильный тонус спины должен контролироваться одну-две секунды после выпуска.

5-я фаза – расслабления: действия стрелка с момента опускания опорной руки до принятия им предварительной изготки. Стрелок должен подготовиться к следующему выстрелу и «сбросить» любое напряжение, созданное предыдущим выстрелом.

Для оценки качества выполнения выстрела использовались системы, синхронизированных между собой. С помощью системы видеозахвата движений определялись временные параметры выполнения фаз выстрела: время фазы удержания лука, время фазы изготки, время фазы завершения, время фазы предустановки, суммарное время выстрела.

В среднем лучники тратят на удержание 1,5-3 секунд, после 4х секунд резко ухудшается постоянство времени прицеливания и падает концентрация. Если фаза удержания менее одной секунды, выстрел будет неточным. Разница во времени удержания между выстрелами не должна превышать 1 секунду. Постоянство удержания позволяет лучнику концентрироваться максимально только на короткий промежуток времени. Существует определенное «окно» времени фазы удержания, в котором достигается наилучшие результаты.

Выводы. На эффективность функционирования системы «тренер-спортсмен-среда» влияют объем и характер информации. В тренировочном



процесс применения тренажеров, измерительных систем, информирующие спортсмена и тренера о мерах пространства, времени и усилиях, характеризующих данное движение, позволяет доводить до сознания лучника количественные и качественные характеристики движения и вносить в них точные и тонкие коррекции.

Использование ИТ существенно увеличивает возможности исследователя в оценке качества движений спортсменов-лучников.

С учетом особенностей техники стрельбы из классического лука нами применена методика беспроводной регистрации техники движений лучников. В ходе исследования разработан алгоритм последовательности действий, который позволяет стандартизировать данные процессы и сократить затраты времени на обработку результатов и их интерпретацию.

Выявлено, что продолжительность фаз выстрела напрямую связана с уровнем подготовленности спортсмена, т.к. их стабилизация происходит на уровне мастера спорта и мастера спорта международного класса.

© Сапаров А., Чарьев Я., Мамметгулыев Ч., 2022

Список источников

1. Бозержан, Ж. Справочник по спортивной стрельбе / Ж. Бозержан : пер. с франц. Е. Исаковой. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006. – 192 с.
2. Зациорский, В. М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В. М. Зациорский, А. С. Аурун, В. Н. Селуянов. – Москва : ФиС, 1981. – 143 с.
3. Кичайкина, Н. Б. Биомеханика двигательных действий : учебное пособие / Н. Б. Кичайкина, А. В. Самсонова ; М-во спорта Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Нац. гос. ун-т физической культуры, спорта и здоровья им. П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург". - Санкт-Петербург : [б. и.], 2014. - 183 с.
4. Верхошанский, Ю. В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю. В. Верхошанский. – Москва : Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.

References

1. Bozerzhan, J. Handbook of sports shooting / J. Bozerzhan : trans. with frants. E. Isakova. – Rostov-on-Don : Phoenix, 2006. – 192 p.
2. Zatsiorsky, V. M. Biomechanics of the human motor apparatus / V. M. Zatsiorsky, A. S. Aruin, V. N. Seluyanov. – Moscow : FiS, 1981. – 143 p.



3. Kichaikina, N. B. Biomechanics of motor actions : a textbook / N. B. Kichaikina, A.V. Samsonova ; Ministry of Sports of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education. Prof. education "National State University of Physical Culture, Sports and Health named after P. F. Lesgaft, St. Petersburg". - St. Petersburg : [B. I.], 2014. - 183 p.

4. Verkhoshansky, Yu. V. Fundamentals of special physical training of athletes / Yu. V. Verkhoshansky. – Moscow : Physical Culture and Sport, 1988. – 331 p.



УДК 796.422.12.012

КОНТРОЛЬ СПЕЦИАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ ЮНЫХ СПРИНТЕРОВ

Сергей Владимирович Скрыгин¹, *канд. пед. наук, доцент*

Сергей Сергеевич Скрыгин², *тренер-преподаватель*

Тимофей Сергеевич Скрыгин³, *магистрант*

¹*Финансовый Университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия*

²*Средняя общеобразовательная школа № 25, г. Химки, Россия*

³*Московский государственный институт культуры, г. Москва. Россия*

Аннотация. В статье рассматриваются критерии контроля скоростно-силовой готовности юных спринтеров на основании биомеханических показателей во время прыжка «в глубину». Исследование времени опоры и полета в течение десятиминутного отдыха позволило выявить закономерности, свидетельствующие об особенностях специальной готовности бегунов.

Ключевые слова: бег на короткие дистанции, критерии скоростно-силовой готовности, юные бегуны, время опоры, время полета

Для цитирования: Скрыгин, С. В. Контроль специальной готовности юных спринтеров / С. В. Скрыгин, С. С. Скрыгин, Т. С. Скрыгин // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 265-270.

MONITORING THE SPECIAL READINESS OF YOUNG SPRINTERS

Sergey V. Skrygin¹, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

Sergey S. Skrygin², *trainer-teacher*

Timofey S. Skrygin³, *Master's student*

¹*Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia*

²*Secondary school No. 25, Khimki, Russia*

³*Moscow State Institute of Culture, Moscow. Russia*



Abstract. The article discusses the criteria for controlling the speed and strength readiness of young sprinters based on biomechanical indicators during the jump "into the depth". The study of the time of support and flight during a ten-minute rest allowed us to identify patterns indicating the features of the special readiness of runners.

Keywords: short-distance running, criteria of speed and strength readiness, young runners, support time, flight time

For citation: Skrygin, S. V. Control of special readiness of young sprinters / S. V. Skrygin, S. S. Skrygin, T. S. Skrygin // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 265-270.

Результат преодоления спринтерской дистанции находится под влиянием различных условий. Главным фактором является скорость бега. Она характеризуется как интегральная величина динамических показателей [1]. Среди них важное значение имеет показатель взаимодействия стопы спортсменов с беговой дорожкой, качество которого определяется скоростно-силовыми кондициями [3]. Считается, что скоростные и силовые показатели спринтера наиболее информативны для управления их подготовкой к соревнованиям. В научной литературе вопрос управления тренировочным процессом исследован широко для высококвалифицированных спортсменов [4]. Однако для бегунов в начальной фазе их специализации такого рода информации недостаточно. Полноценное изучение динамических характеристик взаимодействия опорно-двигательного аппарата с беговой дорожкой юных спринтеров повысит эффективность специальной подготовки, что в свою очередь снизит вероятность переутомления или травмирования начинающих спортсменов. Таким образом, рассматриваемые в этой статье динамические показатели можно представить как критерии готовности нервно-мышечного аппарата для применения специальных нагрузок беговой направленности [2]. Решение поставленной задачи позволит создать систему скоростно-силовых ориентиров для оценки состояния нервно-мышечного аппарата юных спринтеров, используя специальные нагрузки с максимальной интенсивностью.

Цель исследования. Скоростно-силовая подготовка юных спринтеров.

Задача исследования. На основании временных показателей взаимодействия стопы с опорой необходимо выявить критерии готовности



нервно-мышечного аппарата юных спортсменов к тренировочной работе специальной направленности.

Организация исследования. Для решения поставленной задачи был проведен педагогический эксперимент, в котором приняли участие десять спортсменов четырнадцати и пятнадцати лет, имеющих третий взрослый разряд. В процессе исследования выявлялись временные показатели взаимодействия стопы бегуна с дорожкой во время десятиминутного восстановления после бега на 60 метров с максимальной интенсивностью. Юные спортсмены выполняли прыжок «в глубину» на тензоплатформу с последующим отскоком. Высота тумбы равнялась 70 см. В прыжке регистрировались динамические характеристики в момент постановки стопы на опору и во время отталкивания. По команде тренера спортсмен спрыгивал с тумбы на тензоплатформу. После приземления на две ноги резко выпрыгивал вверх. По плану испытания требовалось выполнить пять прыжков на 1, 3, 5 и 10 минутах отдыха. Это позволило выявить особенности восстановления нервно-мышечного аппарата спортсменов после бега на 60 метров с максимальной интенсивностью.

Методы исследования. Использовался метод тензометрии. Импульсы с тензоплатформы фиксировались шлейфным осциллографом (К-121). Данные обрабатывались методом математической статистики.

Результаты исследования

В работе по плану исследования были получены биомеханические характеристики, которые отражали взаимодействие стопы бегунов с тензодатчиками на платформе.

Таблица 1 – Изменение динамических характеристик в течение 10 минут отдыха после бега на 60 метров с максимальной интенсивностью (%)

	t опоры (мс)	t полета (мс)
Исходный показатель	134,5±1,2	222,2±2,0
1 мин отдыха	349,4±1,2	216,2±1,9
3 минута отдыха	146,7±1,2	267,8±3,1
5 минута отдыха	150,0±1,2	274,4±2,9
10 минута отдыха	125,0±0,8	261,3±3,3



Фиксация динамических характеристик в течение 10 минут отдыха после бега на 60 метров с максимальной интенсивностью позволила выявить соотношение времени полета и времени опоры после прыжка «в глубину» в течение 10 минут отдыха.

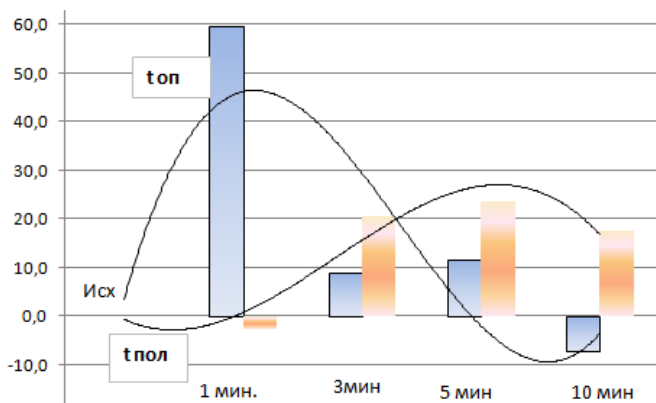


Рисунок 1 – Соотношение времени полета и времени опоры после прыжка «в глубину» в течение 10 минут отдыха (%).

Как видно на рисунке, время опоры на первой минуте отдыха увеличилось по сравнению с исходным показателем на 59,8%. На 10 минуте отдыха был зафиксирован результат на 7,1% лучше, чем перед бегом. В отличие от времени опоры, время полета на протяжении 10 минут отдыха превосходило показатели исходного уровня, кроме первой минуты. На первой минуте после бега показатель времени полета был хуже на 3%.

Таким образом, можно отметить некоторые характерные особенности. В начальной фазе восстановления динамические характеристики значительно снижаются. Это свидетельствует о том, что опорно-двигательный аппарат спортсменов в беге на 60 метров имел максимальную нагрузку. Дальнейший ход восстановления показал положительную динамику. Время опоры постоянно улучшалось. Наилучший показатель был зафиксирован на 10 минуте отдыха. Время полета превышало уровень исходного состояния на протяжении всего десятиминутного периода отдыха. При этом тенденция к улучшению сохранялась до пятой минуты восстановления, а затем показатели начали снижаться.



Таким образом, контроль динамических характеристик позволяет выявить критерии скоростно-силовой готовности юных спортсменов не только для соревновательной дистанции, но и для выполнения серии повторной тренировочной работы, используя бег с максимальной интенсивностью.

Заключение

На основании полученных данных можно отметить, что динамические характеристики, отражающие время опоры и полета, могут быть использованы как критерии скоростно-силовой готовности нервно-мышечного аппарата к бегу на соревновательной дистанции. Помимо этого, полученные данные могут характеризовать уровень скоростно-силовой выносливости в серии повторной тренировочной работы, используя бег с максимальной интенсивностью.

О недостаточном развитии нервно-мышечного аппарата свидетельствует эффект увеличения времени опоры и уменьшения времени полета в послерабочем периоде до уровня ниже исходного. Улучшение исследуемых характеристик до оптимальных показателей на протяжении десяти минут отдыха после бега на соревновательной дистанции с максимальной интенсивностью говорит о необходимом и достаточном уровне развития скоростно-силовых качествах.

© Скрыгин С. В., Скрыгин С. С., Скрыгин Т. С., 2022

Список источников

1. Друзь, В. А. Основы техники спринтерского бега / В. А. Друзь, М. В. Омельченко, Д. А. Омельченко // Слобожанский научно-спортивный вестник. – 2015. – № 3(47). – С. 41-46.

2. Скрыгин, С. В. Биомеханические особенности спринтерского бега / С. В. Скрыгин // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 21–22 ноября 2019 года / Редактор-составитель А.Н. Фураев. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)", 2019. – С. 231-237.

3. Особенности многолетней спортивной подготовки юных бегунов -спринтеров : монография / С. В. Скрыгин, В. Л. Ануров, А. Л. Юрченко, Н. Ю. Фокина. - Москва : Русайнс, 2020. - 198 с.

4. Сорокин, С. А. Техника спринтерского бега и возможности ее улучшения в свете современных биомеханических исследований / С. А.



Сорокин, С. П. Аршинник, И. Г. Павельев // Актуальные вопросы физической культуры и спорта. – 2020. – Т. 22. – С. 56-63.

References

1. Druz, V. A. Fundamentals of sprint running technique / V. A. Druz, M. V. Omelchenko, D. A. Omelchenko // Slobozhansky scientific and sports Bulletin. – 2015. – № 3(47). – Pp. 41-46.

2. Skrygin, S. V. Biomechanical features of sprint running / S. V. Skrygin // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, November 21-22, 2019 / Editor-compiler A.N. Furaev. – Moscow: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "The Russian University of Sport «GTSOLIFK» (GTSOLIFK)", 2019. – pp. 231-237.

3. Features of long-term sports training of young sprinters: monograph / S. V. Skrygin, V. L. Anurov, A. L. Yurchenko, N. Y. Fokina. - Moscow : Rusains, 2020. - 198 p.

4. Sorokin, S. A. Sprint running technique and the possibilities of its improvement in the light of modern biomechanical research / S. A. Sorokin, S. P. Arshinnik, I. G. Pavelyev // Actual issues of physical culture and sports. – 2020. – Vol. 22. – pp. 56-63.



УДК 796.012.38

ОПОРНАЯ АСИММЕТРИЯ В ТЕХНИКЕ ТЕННИСНОЙ ПОДАЧИ

Дмитрий Викторович Спиридонов¹, старший преподаватель

¹*Балтийский Государственный Технический Университет “ВОЕНМЕХ”, г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. На примере техники профессиональных теннисистов обсуждаются проявления опорной асимметрии в биомеханической структуре теннисной подачи. В качестве причины различий двух базовых вариантов техники рассматривается латеральное соотношение ударной руки и ноги, доминантной по опорной функции, которое может быть представлено у разных теннисистов в альтернативном варианте.

Ключевые слова: техника подачи, биомеханическая структура, двигательная асимметрия

Для цитирования: Спиридонов, Д. В. Опорная асимметрия в технике теннисной подачи / Спиридонов Д. В. // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 271-276.

SUPPORTING ASYMMETRY IN THE TECHNIQUE OF TENNIS SERVE

Dmitry V. Spiridonov¹, Senior lecturer

¹*Baltic State Technical University “VOENMEH”, St. Petersburg, Russia*

Abstract. Using the technique of professional tennis players as an example, the manifestations of support asymmetry in the biomechanical structure of tennis serve are discussed. As the reason for the differences between the two basic variants of the technique, the lateral ratio of the striking arm and leg, dominant in the supporting function, which can be represented by different tennis players in an alternative version, is considered.

Keywords: feeding technique, biomechanical structure, motor asymmetry

For citation: Spiridonov, D. V. Supporting asymmetry in the technique of tennis serve / Spiridonov D. V. // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical



Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 271-276.

Введение.

Индивидуализация техники – одно из приоритетных направлений спортивной педагогики. Отказ от унифицированных моделей предполагает замену формального заучивания стандартных технических приёмов использованием “естественных корректируемых форм движений” [1], которые могут быть адаптированы к базовым требованиям биомеханики решаемой задачи. Решение вопроса осложняется тем, что естественные формы движений отдельных исполнителей могут иметь существенные различия, связанные с асимметрией суставной подвижности двигательных систем верхних и нижних конечностей. Так, асимметрия верхних конечностей двух правшей может быть представлена не только в альтернативных вариантах, но и при совпадающем варианте иметь разную степень выраженности [2]. В сложно-координированном действии не менее значимым фактором различий структуры движений выступает асимметрия нижних конечностей по опорной функции: “доминантная” и “субдоминантная” конечности различаются механизмом взаимодействия с опорой, жёсткостью фиксации суставов и подвижностью звеньев кинематической цепи в динамике [3].

Не любое естественное движение будет одинаково эффективно в достижении цели действия. Если в каком-либо виде спорта существует явное предпочтение одного из вариантов, то вопрос решается на этапе отбора в вид спорта. Вместе с тем существует круг задач, в которых может быть использован каждый из вариантов, но при этом требуется индивидуальная коррекция, или иначе, оптимизация каждого из них применительно к основной цели действия.

Приёмы теннисной техники относятся к категории сложно-координированных движений. Динамическое взаимодействие систем верхних и нижних конечностей в силу двигательной асимметрии каждой из них определяет набор возможных вариантов. Проблема целесообразной индивидуализации требует квалифицированного анализа достоинств и ограничений каждого из вариантов, а в педагогической практике оценки соответствия предлагаемых биомеханических решений специфике двигательного аппарата конкретного ученика. Понятие “профиль двигательной асимметрии теннисиста” представляет комплекс базовых параметров, рекомендуемых для этих целей. Он включает латеральность ударной руки, присущий ей тип суставной подвижности и данные об асимметрии нижних конечностей по опорной функции. Под последним



понимается латеральное соотношение ноги доминантной по опорной функции и ударной руки.

Вариант опорной асимметрии определяет механизм динамического согласования систем в процессе ударного действия. В теннисной практике роль опорной асимметрии проявляется в рефлекторном предпочтении выполнения удара по отскочившему мячу со смещением веса на доминантную конечность при её использовании в качестве опорной. Ниже впервые проявление опорной асимметрии рассматривается в биомеханической структуре теннисной подачи. Так как структура движения при подаче является результатом обучения, то представляется полезным оценить рациональность индивидуального исполнения с позиций естественных двигательных форм.

Проявление опорной асимметрии в технике подачи

По классической схеме кинематическая цепь, формирующая технику подачи, начинается с опорной системы. Работа ног определяет механизм участия корпуса в ударном действии. В исходной позиции теннисист расположен практически боком к сетке, соответственно, участие корпуса складывается из двух компонентов - поворота корпуса и движения вперёд по направлению основного действия.

Опорная асимметрия проявляется в том, что у одного из спортсменов, различающихся опорной асимметрией, ближе к сетке может быть нога доминантная по опорной функции, у другого - субдоминантная. Функциональные различия ног при взаимодействии с опорой и системные различия суставных взаимодействий формируют основу различий биомеханической структуры ударного действия, выполняемого спортсменами. Ниже на примере движений ведущих теннисистов мирового рейтинга, различающихся опорной асимметрией, рассматриваются два базовых варианта техники, оставляя за рамками обсуждения биомеханически менее значимые индивидуальные детали исполнения.

Биомеханическая структура движения при противостороннем соотношении ударной руки и доминантной ноги.

Вариант подачи, выполняемой теннисистом правой рукой и имеющим левую ногу доминантную по опорной функции, представлен на рисунке 1 техникой Э.Роддика.

Участие опорной системы и корпуса в разгоне ударной руки складывается из поворота и поступательной составляющей. В фазе замаха поворот корпуса назад с отведением плеча и сгибание ног формируют механизм, запускающий основное действие – обратный поворот бёдер и



корпуса, взаимосвязанный с разгибанием ног. Выталкивание рефлекторно выполняется с приоритетом доминантной ноги, в данном случае левой. Участие субдоминантной ноги обеспечивает поворот тела вокруг условной вертикальной оси и его ориентацию по направлению действия. Поворот и выталкивание ритмически означают начало фазы разгона ракетки. Разгибание тазобедренного сустава доминантной ноги фиксирует связь корпуса с опорной системой. Ограничение по внешнему повороту корпуса определяет динамическую устойчивость действия при наклоне корпуса вперёд. Инерционный поворот плечевого пояса в завершающей фазе движения поддерживается согласованным действием опорной системы – шагом доминантной ногой.

Основные механизмы:

- смещение веса в процессе замаха на доминантную левую ногу,
- последовательный поворот бёдер и корпуса по направлению действия;
- наклон корпуса по направлению действия.

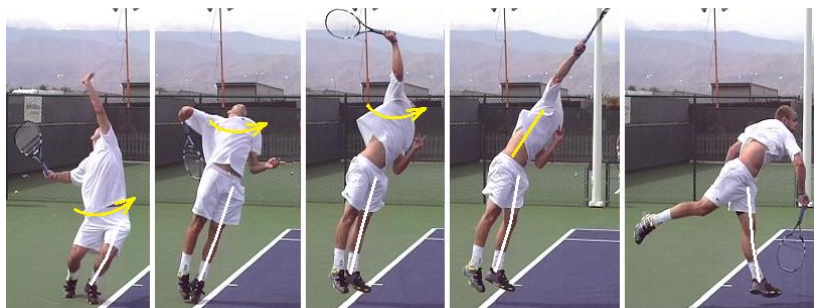


Рисунок 1 - Поддача Э.Роддика.

На рисунках 1 и 2 в системе нижних конечностей выделена нога доминантная по опорной функции. Стрелками указаны механизмы участия звеньев тела в структуре общего движения.

Биомеханическая структура движения при совпадающей латеральности ударной руки и доминантной ноги.



При альтернативном варианте опорной асимметрии спортсмена ударная рука и доминантная нога совпадают по латеральности. В фазе замаха корпус отклоняется назад.



Рисунок 2 – Поддача С.Циципаса.

“Подшагивание” доминантной правой ногой смещает вес на субдоминантную конечность, а вертикальное выталкивание запускает механизм совместного поворота бёдер и корпуса как единого блока, зафиксированного в тазобедренном сочленении. Устойчивость движения в фазе разгона ударного звена контролируется субдоминантной конечностью. Режим суставных взаимодействий, в данном случае с менее жёсткой фиксацией сочленений, определяет различие механизмов участия корпуса в фазе разгона ракетки. Характерный элемент структуры движения теннисиста с совпадающей латеральностью ударной руки и ноги доминантной по опорной асимметрии - наклон тела во фронтальной плоскости. Поворот вокруг наклонной оси позволяет включить в механизм разгона ракетки не только мышцы плечевого пояса, но и мышцы спины, обеспечивающие мощностные действия.

Основные элементы движения;

- отклонение корпуса в фазе замаха;
- совместный поворот бёдер и корпуса по направлению действия;
- наклон корпуса во фронтальной плоскости;
- поворот корпуса относительно наклонной оси.

Заключение

Рассмотренные выше два базовых варианта техники подачи отражают специфику двигательного аппарата исполнителей с разным



латеральным соотношением ударной руки и ноги доминантной по опорной функции. Различия техники проявляются по двум аспектам: динамической устойчивости движения и жёсткости связи опорной системы и корпуса, определяющей динамическую взаимосвязь звеньев кинематической цепи в структуре целостного движения. Выдающиеся успехи Э.Роддика и С.Циципаса не оставляют сомнений в целесообразной индивидуализации техники спортсменов, основанной на естественных механизмах, присущих каждому из них.

Представленные примеры движений не рассматриваются как рекомендуемые модели, но позволяют в каждом конкретном случае по данным априорного тестирования асимметрии двигательных систем спортсмена определить рациональный путь поиска оптимального варианта техники на этапе её постановки.

© Спиридонов Д. В., 2022

Список источников

1. Гавердовский, Ю. К. О каузальной структуре спортивных движений / Ю. К. Гавердовский // Теория и практика физической культуры. - 2003. - № 2. - С. 14-19.
2. Спиридонов, Д. В. Биомеханическая асимметрия верхних конечностей на примере простых движений / Д. В. Спиридонов // Труды кафедры биомеханики университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2013. – № 7. – С. 58-68.
3. Спиридонов, Д. В. Биомеханические основы координации движений в технике тенниса / Д. В. Спиридонов // Труды кафедры биомеханики университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 14. – С. 50-58.

References

1. Gaverdovsky, Yu. K. On the causal structure of sports movements / Yu. K. Gaverdovsky // Theory and practice of physical culture. - 2003. - No. 2. - pp. 14-19.
2. Spiridonov, D. V. Biomechanical asymmetry of the upper extremities on the example of simple movements / D. V. Spiridonov // Proceedings of the Department of Biomechanics of the P.F. Lesgaft University. – 2013. – No. 7. – pp. 58-68.
3. Spiridonov, D. V. Biomechanical foundations of movement coordination in tennis technique / D. V. Spiridonov // Proceedings of the Department of Biomechanics of the P.F. Lesgaft University. – 2020. – No. 14. – pp. 50-58.



УДК 796.894.015

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ТРЕНИРОВКИ В ТРЕНАЖЕРНОМ ЗАЛЕ

Денис Юрьевич Тараховский¹, *научный сотрудник*

¹Московская государственная академия физической культуры, п. Малаховка, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема планирования занятий в тренажерном зале. Стояла задача автоматизации этого процесса с помощью экспертной системы. Предложен новый подход к оценке и нормированию тренировочной нагрузки. Такой подход существенно облегчает процесс планирования, что делает тренировки с отягощениями более доступными и безопасными.

Ключевые слова: атлетизм, бодибилдинг, планирование, тренировочная нагрузка

Для цитирования: Тараховский, Д. Ю. Автоматизация планирования оздоровительной тренировки в тренажерном зале / Д. Ю. Тараховский // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 277-282.

AUTOMATION OF PLANNING A WELLNESS WORKOUT IN THE GYM

Denis Yu. Tarakhovsky¹, *researcher*

¹Moscow State Academy of Physical Culture, p. Malakhovka, Russia

Abstract. The article deals with the problem of planning classes in the gym. The authors were faced with the task of automating this process with the help of an expert system. To solve this problem, the authors proposed a new approach to assessing and rationing the training load. This approach greatly facilitates the planning process, which makes weight training more accessible and safer.

Keywords: athleticism, bodybuilding, planning, training load

For citation: Tarakhovsky, D. Yu. Automation of planning wellness training in the gym / D. Yu. Tarakhovsky // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25,



2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 277-282.

Введение

Сейчас все больше людей начинает заниматься в тренажерных залах фитнес клубов. Для большинства стало очевидно, что современный образ жизни, для которого характерна недостаточная физическая активность, негативно сказывается на здоровье. Чаще всего занимающиеся ставят своей целью не достижение каких-то высоких спортивных результатов, а именно поддержание здоровья, улучшение самочувствия, улучшение внешнего вида.

По мнению многих экспертов, именно силовые тренировки могут помочь предотвратить или замедлить возрастное снижение мышечной массы, укрепить кости и суставы, нормализовать композицию тела и т.д.

Вместе с увеличивающейся популярностью силовых тренировок все острее встает вопрос несовершенства методики тренировок и дефицита квалифицированных тренерских кадров.

На данный момент существует множество авторов, которые описывают атлетическую тренировку, дают свои рекомендации по построению тренировочного плана, выбора упражнений и т.д. Чаще всего эти рекомендации носят несистемный характер, часто противоречат друг другу, на их основе сложно, а порой и невозможно построить тренировочный план.

Те, кто занимается самостоятельно, в лучшем случае в своих тренировках используют тренировочные планы, которые встречаются в методической литературе. Такие планы не учитывают индивидуальных особенностей, часто слишком сложны и приводят к перетренированности. Чаще всего самостоятельные тренировки рядовых посетителей фитнес клубов имеют не системный характер и малоэффективны.

Тренеры часто являются действующими или бывшими спортсменами. Они пытаются использовать спортивные методики на обычных посетителях фитнес клубов, цели которых сильно отличаются от спортивных.

Все это привело нас к мысли о необходимости систематизации знаний, касающихся силовой тренировки и автоматизации планирования тренировок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На протяжении ряда лет в НИИТ МГАФК ведется работа по созданию экспертной системы для планирования тренировочной нагрузки в атлетизме[1]. Экспертная система – это специализированная программа,



которая аккумулирует знания экспертов в определенной области и способна их частично заменить при решении конкретных задач.

К сожалению, на данный момент в атлетизме недостаточно разработаны такие важные для планирования тренировки характеристики, как меры и нормы нагрузки. Без них невозможно построение тренировочного плана, соответствующего уровню подготовленности занимающегося. Кроме того, в методической литературе практически не уделяется внимание оценке состояния занимающегося как на начало тренировок, так и в процессе их выполнения. Без такой оценки также не приходится говорить про индивидуальные тренировочные планы.

Мы считаем, что при планировании атлетической тренировки необходим комплексный подход, который будет учитывать все основные характеристики тренировочной нагрузки [5]. Такой подход не только повышает гармоничность тренировочного процесса, но и снижает риск получения травмы.

По нашему мнению, программа силовых тренировок оздоровительного характера должна отвечать следующим основным критериям:

1) нагрузка должна соответствовать уровню подготовленности занимающегося;

2) тренировка должна быть максимально безопасной, нужно минимизировать вероятность получения травм;

3) она должна развивать мышечную систему человека гармонично, равномерно распределяя нагрузку на все мышечные группы, т.к. существенные перекосы в развитии мышц могут негативно сказаться на состоянии опорно-двигательного аппарата;

4) тренировка должна быть разнообразна.

Исходя из этих требований, в качестве мер нагрузки нами были разработаны новые характеристики упражнений:

Локальная нагрузка

Для того, чтобы более точно оценить прямую и косвенную нагрузку на мышцы при выполнении атлетических упражнений, мы ввели понятие локальной нагрузки упражнений. Она определяется в баллах от 0 до 100 в зависимости от степени вовлечения отдельных мышечных групп в определенном упражнении. Так как основу тренировки в атлетизме у начинающих составляет преодолевающий динамический режим, нормы локальных нагрузок нами были подобраны так, чтобы в тренировках каждая мышечная группа была задействована минимум в одном упражнении в динамическом режиме, а как максимум в одном упражнении в динамическом режиме и в одном упражнении в статическом режиме[4].

Интегральная нагрузка



При занятиях с отягощениями используют базовые и изолирующие упражнения. Базовые - многосуставные, тяжелые, задействуют большое количество мышц, они требуют много времени на восстановление. Изолирующие упражнения односуставные, обычно более простые, задействуют всего несколько мышц, времени на восстановление после таких упражнений требуется значительно меньше. Кроме того, известно, что атлетические упражнения воздействуют не только на мышечную систему, но и на весь опорно-двигательный аппарат, нервную, эндокринную, сердечно-сосудистую и другие системы человека. Для того, чтобы количественно оценить это воздействие, мы ввели понятие - интегральная нагрузка. Интегральная нагрузка оценивается в баллах и характеризует общее воздействие тренировочных упражнений на организм в целом [5].

Травмоопасность

К сожалению, травмы при занятиях в тренажерном зале – явление довольно частое. Мы считаем, что часть этих травм связана с нарушением техники, а часть возникает из-за систематической перегрузкой элементов ОДА и накопления микротравм. Наибольшую опасность для занимающихся атлетизмом представляют травмы позвоночника. Для минимизации вероятности травмы мы ввели понятие травмоопасности, а моменты сил, возникающие в элементах позвоночника при выполнении атлетических упражнений, выбраны нами в качестве классификационного признака. При подборе упражнений, которые будут использоваться в тренировке, выбираются наименее травмоопасные [3].

Анкетирование

Очень важным этапом планирования тренировочной нагрузки является определение состояния занимающегося. Для этой цели мы используем анкетирование. По его результатам мы определяем уровень подготовленности занимающегося до начала тренировок и его реакцию на нагрузку в процессе тренировок. В зависимости от уровня подготовленности занимающегося при планировании используются разные нормы нагрузки [6].

Описанные выше принципы легли в основу разработанной в НИИТ МГАФК экспертной системы «Атлетизм». Ее эффективность по сравнению с классическим подходом к планированию доказана в ходе педагогического эксперимента [2].

Выводы

Экспертная система «Атлетизм» может быть использована как при самостоятельных тренировках энтузиастами, так и как помощник тренера. Ее использование может существенно увеличить доступность и эффективность силовых тренировок.



© Тараховский Д. Ю., 2022

Список источников

1. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Экспертная система для планирования тренировки в атлетизме / Л. А. Хасин, А. Л. Дроздов, Д. Ю. Тараховский. - RU 2018615360 07.05.2018.

2. Тараховский, Д. Ю. Апробация системы планирования тренировочной нагрузки в атлетизме для начинающих / Д. Ю. Тараховский // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2014. – № 1. – С. 31-32.

3. Хасин, Л. А. Методика оценивания травмоопасности упражнений в атлетизме на основе математического моделирования / Л. А. Хасин, Д. Ю. Тараховский // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 19–21 ноября 2014 года / Московская государственная академия физической культуры. – Москва: Московская государственная академия физической культуры, 2014. – С. 119-125.

4. Хасин, Л. А. Новые подходы к планированию тренировки в атлетизме / Л. А. Хасин, Д. Ю. Тараховский ; Московская государственная академия физической культуры // Материалы XXIX научно-методической конференции профессорско-преподавательского и научного состава МГАФК. – Малаховка, 2008. – С. 72-79.

5. Хасин, Л. А. Планирование тренировки в атлетизме с использованием экспертных систем / Л. А. Хасин, Д. Ю. Тараховский // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции "Информационные технологии и компьютерное моделирование в сфере физической культуры и спорта", 31-03 июня 2010 г. : сборник / НИИТ МГАФК ; сост. Л. А. Хасин, Т. Д. Аткишкина ; под ред. Л. А. Хасина. – Малаховка, 2012. – С. 82-90.

6. Хасин, Л. А. Планирование тренировки в атлетизме с использованием экспертных систем / Л. А. Хасин, Д. Ю. Тараховский // Вестник спортивной науки. - 2014. – № 5. - С. 22-26.

References

1. Certificate of registration of the computer program. Expert system for planning training in athleticism / L. A. Khasin, A. L. Drozdov, D. Y. Tarakhovsky. - RU 2018615360 07.05.2018.



2. Tarakhovsky, D. Y. Approbation of the training load planning system in athleticism for beginners / D. Y. Tarakhovsky // Physical culture: upbringing, education, training. - 2014. – No. 1. – pp. 31-32.

3. Khasin, L. A. Methodology for assessing the injury risk of exercises in athleticism based on mathematical modeling / L. A. Khasin, D. Y. Tarakhovsky // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, November 19-21, 2014 / Moscow State Academy of Physical Culture. – Moscow: Moscow State Academy of Physical Culture, 2014. – pp. 119-125.

4. Khasin, L. A. New approaches to planning training in athleticism / L. A. Khasin, D. Y. Tarakhovsky; Moscow State Academy of Physical Culture // Materials of the XXIX scientific and methodological conference of the faculty and scientific staff of MGAFK. – Malakhovka, 2008. – pp. 72-79.

5. Khasin, L. A. Planning of training in athleticism using expert systems / L. A. Khasin, D. Y. Tarakhovsky // Materials of the III All-Russian scientific and practical conference "Information technologies and computer modeling in the field of physical culture and sports", June 31-03, 2010 : collection / NIIT MGAFK; comp. L. A. Khasin, T. D. Atkishkin ; edited by L. A. Khasin. – Malakhovka, 2012. – pp. 82-90.

6. Khasin, L. A. Planning of training in athleticism using expert systems / L. A. Khasin, D. Y. Tarakhovsky // Bulletin of Sports Science. - 2014. – No. 5. - pp. 22-26.



УДК 793.3:796

ЕСТЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КВИКСТЕПА

Иван Владимирович Тарханов¹, канд. пед. наук, доцент

¹*Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия*

Аннотация. Базовые фигуры мужской партии квикстепа были систематизированы по позициям стоп, исходной и конечной позиции в паре и степени поворота. Затем выделена и в таблице естественной классификации представлена совокупность технических элементов, формирующих объем базовой техники квикстепа для мужчин. Результаты исследования целесообразно использовать при планировании процесса обучения и контроле технической подготовленности танцоров разных возрастов и классов мастерства.

Ключевые слова: классификация, стандарт, танцевальный спорт, европейская программа, квикстеп, элемент, система

Для цитирования: Тарханов, И. В. Естественная классификация технических элементов квикстепа / И. В.Тарханов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 283-292.

NATURAL CLASSIFICATION OF QUICKSTEP TECHNICAL ELEMENTS

Ivan V. Tarkhanov¹, *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

¹*The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia*

Abstract. All men's syllabus figures of quickstep were systemized by positions of feet, starting and end positions of couple and amount of turn. On this basis we formed a comprehensive list of technical elements converted it to table of natural classification. Results of this study might be useful for planning and control of technical preparedness of ballroom dancers.

Keywords: classification, standard, dance sport, ballroom, quickstep, element, system

For citation: Tarkhanov, I. V. Natural classification of quickstep technical elements / I. V.Tarkhanov // Biomechanics of motor actions and biomechanical



control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 283-292.

Введение

Обучение стандартной программе спортивных бальных танцев традиционно строится на освоении фигур – исторически сложившихся сочетаний шагов, описанных в ряде общепринятых учебных пособий. Продолжительность многих фигур рассчитана на целое количество тактов, а первый шаг делается динамично на относительно сильную долю такта. Длительность остальных фигур составляет $1/2$, $3/2$, $5/2$ или $7/2$ такта, их включение в состав композиции требует точного расчета в соответствии с «квадратной» музыки. Использование же дополнительных связующих шагов обычно не практикуется. Наблюдение за составом композиций танго, медленного фокстрота и квикстепа на классификационных соревнованиях показывает, что исполнение комбинаций фигур с целым и дробным числом тактов обычно сопровождается временным смещением динамических акцентов. Это значит, что в начале фигуры относительно «сильный» первый шаг делается на относительно слабую долю в такте. Таким образом, диктуемая музыкальным сопровождением динамика отходит на второй план, а танцевание интуитивно воспринимается как немзыкальное. Как следствие, эстетическая ценность танца снижается, и спортсмены по сути занимаются исполнением заученных комбинаций шагов. Описанная ситуация может быть скорректирована еще на этапе планирования последовательности фигур.

Решением может стать компоновка соревновательных композиций с преимущественным использованием связок из набора технических элементов. Такой вариант построения композиций включает в себя и исполнение фигур, состоящих из двух и трёх технических элементов.

Вообще, в структуре фигур квикстепа можно условно выделить две составляющих. Во-первых, технические действия (ТД) – отдельные шаги определённой длительности (одна четверть или две четверти в пределах такта с музыкальным размером $4/4$). Во-вторых, технические элементы (ТЭ), то есть группы технических действий общей длительностью в один такт музыки). **По итогам анализа методической литературы** [1, 3, 4, 5, 6] мы представили в виде таблицы все найденные описания всех фигур квикстепа с учётом всех возможных замечаний и примечаний. Так определили общий объём базовой техники, разрешённой правилами соревнований крупнейших танцевальных организаций России и мира. Затем



выделили варианты последовательности ТД и ТЭ в структуре фигур и подсчитали количество фигур с конкретным вариантом структуры:

1. ТД - 2
2. ТД+ТД+ТД - 2
3. ТД+ТЭ - 17
4. ТД+ТЭ+ТЭ+ТД+ТЭ - 1
5. ТЭ - 45
6. ТЭ+ТД - 24
7. ТЭ+ТД+ТД+ТЭ - 1
8. ТЭ+ТД+ТЭ - 3
9. ТЭ+ТД+ТЭ+ТД - 1
10. ТЭ+ТД+ТЭ+ТЭ - 1
11. ТЭ+ТЭ - 15
12. ТЭ+ТЭ+ТД - 3
13. ТЭ+ТЭ+ТЭ - 2

Доля фигур с включением технических элементов или состоящих только из них очень велика, что в дальнейшем и определяет **актуальность** системного их рассмотрения.

Ранее на примере элементов медленного вальса уже была опубликована таблица естественной классификации [2], отражающая характер изменения основных кинематических параметров. Поэтому была поставлена **цель** – разработать таблицу естественной классификации основных технических элементов мужской партии квикстепа. Последующий анализ литературы позволил выделить из состава фигур квикстепа 17 специфических элементов (содержат в названии номера шагов фигур-источников) и добавить их к другим существующим сорока пяти фигурам длительностью в один такт. В получившейся таблице они систематизированы по программе перемещения (позициям стоп на каждом из шагов), программе вращения (направление и суммарная степень поворота за один такт) и программе позы (исходная и конечная позиция в паре). Перечисленные в примечании к таблице, эти технические элементы в совокупности с отдельными техническими действиями полностью определяют тренировочный объем базовой техники для мужчин.



Таблица 1 – Классификационная таблица технических элементов квикстена

И.П.	Степень поворота налево						Без вра щ.	Степень поворота направо									Конеч. полож.
	3/4	5/8	1/2	3/8	1/4	1/8		1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	5/4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ЗП				5	44			11; 43	15	15; 40	18	12; 18		13; 51	9; 14		ЗП
	6		8	8;46 ; 47	1;3; 17;4 7		4;1 0; 48		39	42; 49	41						ОП
					45												ОП слв
	7				2; 20	2	2; 16	16	16	16; 17; 50							ПП
																	ФП
ОП										25; 54		22	36		34	34	ЗП
				27	28		57		23; 33; 53; 57	23; 56					35		ОП
							52	52									ОП слв
				31	32		26			21; 24							ПП
									55								ФП



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ОП слв																	ЗП
	37																ОП
	38																ОП слв
																	ПП
ПП																	ФП
				59					60	62							ЗП
					58												ОП
									61								ОП слв
ФП																	ПП
																	ФП
					29												ЗП
					30												ОП
																	ОП слв
																	ПП
																	ФП

Примечание: **Первый шаг с левой ноги:** 1 - Кросс свивл (ММ); 2 - Виск (МББ); 3 - Зиг-заг (WDSF) (ММ); 4 - Кросс шассе (МББ); 5 - Обратный поворот (МББ); 6 - Телемарк (МББ); 7 - Телемарк в ПП (Открытый телемарк) (МББ); 8 - Быстрый открытый обратный (Открытый обратный поворот) (МББ); 9 - Румба кросс (ББМ); 10 - 2-4 ш. Лок степа вперед (ББМ); 11 - 2-4 ш. Типпл шассе налево (ББМ); 12 3-6 ш. Натурального спин поворота с меньшей степенью поворота (МББ); 13 3-6 ш. Натурального спин поворота (МББ); 14 3-6 ш. Натурального спин поворота с большей степенью поворота (МББ); 15 - Перемена хезитейшн из ЗП (ФТСАРР) (ММ); 16 - Виск назад из ЗП (МББ); 17 - Импетус в ПП (МББ); 18 - Импетус (Закрытый импетус) (МББ); 19 - Наружная перемена из



ЗП в ОП (МББ); 20 - Наружная перемена из ЗП в ПП (МББ); 21 - Импетус в ПП (МББ); 22 - Импетус из ОП (МББ); 23 - Бегущее окончание (МББ); 24 - Бегущее окончание в ПП (Открытое бегущее окончание) (МББ); 25 - Перемена хезитейшн из ОП (ФТСАРР) (ММ); 26 - Виск назад (МББ); 27 - 4-6 ш. Плетения из ПП (в ОП) (МББ); 28 - Наружная перемена (МББ); 29 - 4-6 ш. Натурального фоллэвей поворота в ОП (МББ); 30 - 4-6 ш. Натурального фоллэвей поворота в ПП (МББ); 31 - 4-6 ш. Плетения из ПП (в ПП) (МББ); 32 - Наружная перемена из ОП в ПП (МББ); 33 - 4-6 ш. Изогнутого пера в Перо назад (МББ); 35 - Наружный спин в ОП (ББМ); 36 - Наружный спин с меньшей степенью поворота (ББМ); 37 - Телемарк из ОП слева (МББ); 38 - Телемарк из ОП слева в ПП (МББ);

Первый шаг с правой ноги: 39 - Изогнутое перо (МББ); 40 - Натуральный поворот (МББ); 41 - 5-7 ш. Бегущего правого поворота (Проходящий натуральный поворот из ЗП) (МББ); 42 - 5-7 ш. Бегущего спин поворота (МББ); 43 - 2-4 ш. Типплъ шассе направо (ББМ); 44 - Четвертной поворот налево (МББ); 45 - Четвертной поворот налево в позицию "Крыла" (МББ); 46 - 1-3 ш. Четырех быстрых бегущих (МББ); 47 - 1-4 ш. Шести быстрых бегущих (ББББ); 8 - 2-4 ш. Лок степа назад (ББМ); 49 - Поворотный лок направо в ОП (ББББ); 50 - Поворотный лок направо в ПП (Натуральный поворотный лок в ПП) (ББББ); 51 - Поворотный лок направо в ЗП (Натуральный поворотный лок в ЗП) (ББББ); 52 - Крыло из ОП (Закрытое крыло) (МББ); 53 - Изогнутое перо из ОП (МББ); 54 - Натуральный поворот из ОП (МББ); 55 - 1-3 ш. Натурального фоллэвей поворота из ОП (МББ); 56 - Проходящий натуральный поворот из ОП (Открытый натуральный поворот) (МББ); 57 - 1-3 ш. Фиштейл (МББ); 58 - Крыло из ПП (МББ); 59 - 1-3 ш. Плетения из ПП (МББ); 60 - Изогнутое перо из ПП (МББ); 61 - 1-3 ш. Натурального фоллэвей поворота из ОП (МББ); 62 - Проходящий натуральный поворот из ПП (Открытый натуральный поворот) (МББ).



Названия некоторых элементов в таблице могут специалистам показаться непривычными, поскольку дополнены указанием исходной и/или конечной позиции. Эти дополнения касаются только тех элементов, варианты которых «спрятаны» либо в структуре сложных фигур, либо в замечаниях к основным описаниям в методической литературе [...]. С нашей точки зрения, внесённые изменения в общепринятые названия способствуют большей точности подачи информации во время рассказа о программе действий, своевременности подсказок спортсменам при наличии нескольких вариантов входа и выхода. Развёрнутое терминологическое оформление также способствует решению задач планирования разносторонности техники, контроля соревновательной и тренировочной деятельности танцоров - разные варианты элементов представляют собой отдельные учётные единицы. Без изменения остались названия элементов и фигур при их исполнении согласно описаниям в основных таблицах учебников.

Для основных элементов квикстепа четыре варианта ритма: «медленно-медленно» (ММ) – 4 ТЭ; «быстро-быстро-быстро-быстро» (ББББ) – 4 ТЭ; «быстро-быстро-медленно» (ББМ) – 8 ТЭ; «медленно-быстро-быстро» (МББ) – 46 ТЭ. То есть, элементы включают в себя от двух до четырех шагов.

Из множества позиций корпуса в наибольшей мере используются закрытая (ЗП), открытая (ОП) и променадная (ПП). Открытая позиция, партнёрша слева (ОП слв), а также «фоллэвей» позиция (ФП) среди технических элементов представлены лишь двумя вариантами входа/выхода на фигурах, заимствованных из других танцев. Таким образом, из девяти известных нам позиций в паре в базовых элементах фигур и элементах квикстепа используются в основном три.

Серым выделены сочетания позиций в паре, для которых не встречаются элементы из базовой классификационной программы. Вероятно, за ее пределами и существуют соответствующие элементы и/или фигуры. Может быть, они еще только ждут дальнейшей творческой разработки.

Степень поворота может существенно варьироваться. Приведённые в данной работе наибольшие степени поворота не предельны. В вальсе, например, существуют степени поворота до 11/8 за один такт [2], тогда таблица надстраивается дополнительными столбцами с шагом 1/8. Среди технических описаний фигур и элементов квикстепа таких степеней поворота не отмечено.



Заклучение

Представленная таблица естественной классификации элементов квикстепа позволяет оценить наиболее перспективные направления технической подготовки и планировать обучение большому количеству базовых танцевальных фигур на основе систематизированного материала. Особое внимание следует обратить на группы фигур и элементов со схожим составом и ритмом. Для пар, выступающих в категориях без ограничений программы сложности, данный вариант может быть актуален за счет исполнения уже освоенных элементов без необходимости соблюдать целостность фигур.

Дальнейшее развитие естественной классификации квикстепа и других стандартных танцев может быть связано с техническим описанием новых популярных элементов и фигур, нахождением их места в предложенной системе. Особенно интересным представляется создание баз данных для танцевальных движений и использование искусственного интеллекта для генерации их последовательности в композициях.

© Тарханов И. В., 2022

Список источников

1. Говард, Г. Техника европейских танцев / Г. Говард. – Москва : Артис, 2003. – 255 с.
2. Тарханов, И. В. Естественная классификация технических элементов медленного вальса / И. В. Тарханов // Учёные записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 4 (206). – С. 421-426.
3. Moore, A. Revised Technique of Ballroom Dancing / A. Moore // Sportshelf and Soccer Assoc. – London, 1993. – 72 p.
4. Quickstep / D. Cacciari [et al.] // World Dancesport Federation : Ballroom and Latin Series, 2018. – 149 p.
5. The Ballroom Technique / Imperial Society of Teachers of Dancing // 10-е изд. - Лондон, 1982. – 134 с.
6. WDSF Syllabus. – URL: <https://www.worlddancesport.org/Rule/Athlete/Competition/Syllabus> (дата обращения: 15.09.2022).

References

1. Howard, G. Technique of European dances / G. Howard. – Moscow: Artis, 2003. – 255 p.
2. Tarkhanov, I. V. Natural classification of technical elements of a slow waltz / I. V. Tarkhanov // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. – 2022. – № 4 (206). – Pp. 421-426.



3. Moore, A. Revised Technique of Ballroom Dancing / A. Moore // Sportshelf and Soccer Assoc. – London, 1993. – 72 p.
4. Quickstep / D. Cacciari [et al.] // World Dancesport Federation : Ballroom and Latin Series, 2018. – 149 p.
5. The Ballroom Technique / Imperial Society of Teachers of Dancing // 10th ed. - London, 1982. – 134 p.
6. WDSF Syllabus. – URL: <https://www.worlddancesport.org/Rule/Athlete/Competition/Syllabus> (accessed: 15.09.2022).



УДК 796.012

ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ АНАЛИЗА БИОМЕХАНИКИ ДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ DARTFISH

Валерия Евгеньевна Темерева¹, канд. пед. наук, доцент

Никита Сергеевич Зубарев², аспирант

^{1,2}Московская государственная академия физической культуры, п. Малаховка, Россия

Аннотация. Актуальность связана с разработкой алгоритма работы с программой Dartfish в процессе проведения биомеханического анализа движений спортсменов в рамках обучения дисциплине «Биомеханика двигательной деятельности».

Ключевые слова: биомеханический анализ движения спортсмена, алгоритм работы с программой Dartfish, биомеханика движения, формирование цифровой информационно-коммуникационной компетентности тренера

Для цитирования: Темерева, В. Е. Формирование навыков анализа биомеханики движений спортсменов с помощью программы DARTFISH / Темерева В. Е., Зубарев Н. С. // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 292-299.

FORMATION OF SKILLS FOR ANALYZING THE BIOMECHANICS OF ATHLETES' MOVEMENTS USING THE DARTFISH PROGRAM

Valeria E. Temereva¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Nikita S. Zubarev², PhD student

^{1,2}Moscow State Academy of Physical Culture, p. Malakhovka, Russia

Abstract. The relevance is connected with the development of an algorithm for working with the Dartfish program in the process of conducting biomechanical analysis of athletes' movements as part of training in the discipline "Biomechanics of motor activity".



Keywords: biomechanical analysis of an athlete's movement, algorithm of working with the Dartfish program, biomechanics of movement, formation of digital information and communication competence of a coach

For citation: Temereva, V. E. Formation of skills for analyzing biomechanics of athletes' movements using the DARTFISH program / Temereva V. E., Zubarev N. S. // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 292-299.

Введение

Современные тенденции цифровизации различных отраслей порождают потребность развития цифровой культуры в сфере физической культуры и спорта [1, 2]. Это в свою очередь предъявляет дополнительные требования к процессу обучения и формированию компетенций у тренеров, инструкторов-методистов, тренеров-преподавателей, руководителей организаций, осуществляющих деятельность в области физической культуры и спорта.

Сегодня конкурентоспособным является тренер, который владеет навыками оперативного получения точной, качественной информации о состоянии спортсмена и его двигательной деятельности в рамках комплексного контроля. Поэтому процесс обучения будущих тренеров цифровым информационно-коммуникационным технологиям в курсе дисциплины «Биомеханика двигательной деятельности» является весьма актуальным.

Рассмотрим вопрос обучения студентов процессу получения и анализа биомеханических характеристик движений спортсменов при помощи программы Dartfish.

Программное обеспечение Dartfish позволяет бесконтактно получить данные о кинематических характеристиках движения тела человека в пространстве. Для оценки уровня технического мастерства спортсмена необходимо получить информацию о параметрах анализируемого спортивного упражнения [3]. Квалифицированному тренеру для формирования корректных педагогических выводов и рекомендаций требуется знание современных методов и средств регистрации и обработки биомеханических показателей.

Цель исследований. Целью исследования является формирование навыков видеоанализа биомеханических характеристик движений спортсмена у студентов физкультурного профиля с применением программного обеспечения Dartfish.



Организация и методы исследования. Для реализации поставленной цели в лаборатории кафедры Биомеханики и информационных технологий (БиИТ) МГАФК был разработан алгоритм работы с программой Dartfish в процессе проведения биомеханического анализа движений спортсменов в рамках обучения дисциплине «Биомеханика двигательной деятельности».

В исследовании приняли участие 99 человек - студенты 201 – 211 групп тренерского и социально педагогического факультетов дневной формы обучения.

Основными методами исследования были анализ литературных источников, наблюдения, опрос.

Результаты исследований

В ходе исследования был разработан и уточнен следующий алгоритм формирования навыков анализа биомеханики движений спортсменов при помощи программы Dartfish. Данный алгоритм предполагает:

1. Грамотную установку камер (не менее двух – для видеосъемки, например, во фронтальной и сагитальной плоскостях) для проведения видеоанализа движения.

2. Подбор правильного освещения (один из лучших вариантов – дневное освещение).

3. Проведение точной маркировки репрезентативных точек у исследуемого.

4. Видеосъемку.

5. Обработку видео.

6. Видеоанализ с помощью Dartfish.

7. Выгрузку данных в программу Excel для дальнейшей обработки и получения статистических выводов.

8. Формирование педагогических выводов.

В процесс проведения практических занятий по биомеханике двигательной деятельности были отдельно выделены действия обучаемого и сформирована инструкция по использованию программы видеоанализа. Инструкция предполагает выполнение студентом следующих действий:

1. Перенос видеоматериалов в стандартную видео библиотеку. После запуска программы они отображаются в окне программы (Рис.1).



Рисунок 1 – Начальное окно приложения Dartfish.



В верхней строке после открытия видеофайла необходимо выбрать «Анализер», если он не был выбран автоматически.

2. Обозначение на объекте метки.

Для отслеживания определенного объекта, изменяющего положение в пространстве, есть элемент метка, выбрать который можно, нажав правой кнопкой мыши по инструменту линия (Рис.2).



Рисунок 2 – Положение элемента метки.

3. Выбор скорости отслеживания объекта.

После установки метки на объект необходимо разрешить трекинг с учетом скорости отслеживаемого объекта. Для этого надо нажать правой кнопкой мыши по установленной метке и выбрать трекинг (Рис.3).

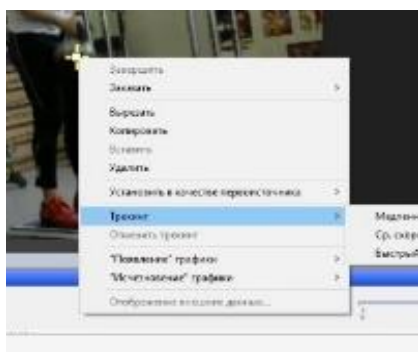


Рисунок 3 – Выбор скорости отслеживания объекта.



4. Отображение траектории.

Для отображения траектории во время воспроизведения видеоматериала необходимо разрешить показывать траекторию. Для этого надо нажать правой кнопкой мыши по установленной метке и выбрать показывать траекторию. (Рис.4). Чтобы убрать траекторию, при повторном воспроизведении необходимо подвинуть маркер. Для полного отключения надо убрать пункт показывать траекторию.

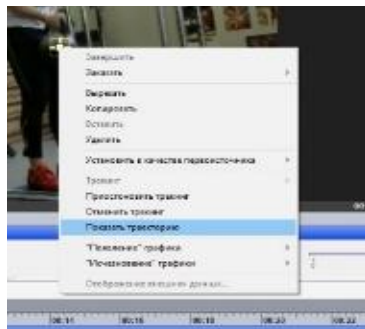


Рисунок 4 – Разрешение отображения траектории.

5. Получение расстояния между двумя точками.

Для получения расстояния между двумя точками в табличном виде предусмотрен элемент таблица данных. Для выбора этого компонента необходимо правой кнопкой мыши нажать по элементу дистанция и выбрать таблица данных. (Рис.5).

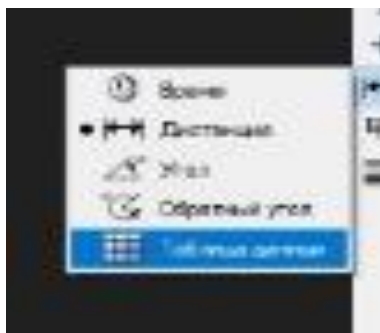


Рисунок 5 – Расположение элемента таблица данных



После установки компонента необходимо выбрать две точки (маркера) и таблицу, после чего нажать правой кнопкой мыши по таблице и выбрать отобразить расстояние (Рис.6).



Рисунок 6 – Выбор отслеживания табличных данных.

Полученные данные будут в относительных единицах, для уточнения размеров окружающих объектов можно воспользоваться элементом дистанция и указать размер любого объекта.

6. Расположение элемента угла и отслеживание изменений угла.

Также с помощью элемента угол (Рис.7) можно в таблицу заносить изменения выбранного угла в пространстве.



Рисунок 7 – Расположение элемента угол.



Чтобы отслеживать угол во время воспроизведения видеофайла, необходимо выбрать трекинг так же, как для маркера, и, выделив таблицу и угол, нажать правой кнопкой мыши по таблице и выбрать отображать угол (Рис.8).

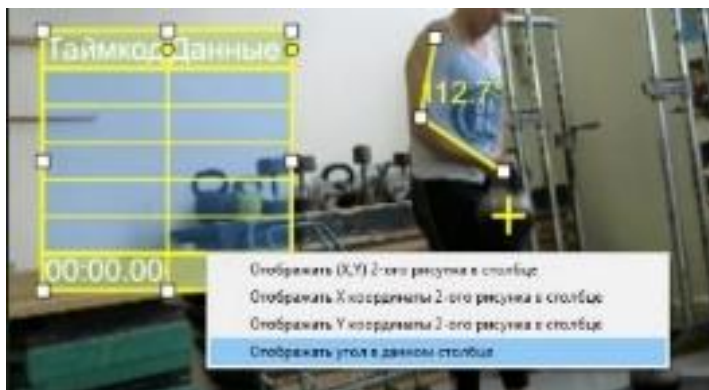


Рисунок 8 – Выбор отслеживания угла в таблице

Заключение

Опрос обучающихся показал, что введение в практические занятия элементов видеоанализа повысил интерес к анализу движений у студентов второго курса в рамках дисциплины «Биомеханика двигательных действий».

В результате внедрения видеоанализа студенты стали лучше формировать педагогические выводы по оценке корректности выполнения действий с учетом полученных данных о линейных скорости, ускорении и перемещении общего центра масс и отдельных репрезентативных точек тела, а также углов, угловых скорости и ускорении суставов.

Таким образом, внедрение инфокоммуникационных технологий позволяет повысить качество результатов обучения биомеханике двигательных действий, а также развить навыки анализа биомеханических характеристик с помощью программного продукта Dartfish.

© Темерева В. Е., Зубарев Н. С., 2022



Список источников

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года : указ президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474 // Официальный интернет-портал правовой информации : [сайт]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> (дата обращения: 16.10.2022).
2. Цифровая экономика : Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 года № 1632-р // Гарант.ру : [сайт]. - URL: <https://www.garant.ru/news/1126660/> (дата обращения 25.04.2022).
3. Фураев, А. Н. Теоретические и методологические особенности компьютерного контроля и коррекции спортивной техники : монография / А. Н. Фураев ; Московская государственная академия физической культуры. – Малаховка : МГАФК, 2021. - 212 с.

References

1. On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030 : Decree of the President of the Russian Federation No. 474 of July 21, 2020 // Official Internet Portal of Legal Information: [website]. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> (accessed: 16.10.2022).
2. Digital Economy : Decree of the Government of the Russian Federation No. 1632-r dated July 28, 2017 // Garant.<url> : [website]. - URL: <https://www.garant.ru/news/1126660/> / (accessed 25.04.2022).
3. Furaev, A. N. Theoretical and methodological features of computer control and correction of sports equipment : monograph / A. N. Furaev ; Moscow State Academy of Physical Culture. – Malakhovka : MGAFK, 2021. - 212 p.



УДК 796.058.4:796.88

АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЯЖЕЛОАТЛЕТИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ

Светлана Эдуардовна Тё¹, доцент

Сергей Юрьевич Тё², канд. пед. наук, доцент

Наиль Нариманович Мухамедьяров³, канд. филол. наук, зав. кафедрой

¹Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, г. Омск, Россия

²Омский автобронетанковый инженерный институт, филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург, Россия

³Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова, г. Симферополь, Россия

Аннотация. В представленной статье авторы последовательно исследуют некоторые взаимосвязи технического мастерства высококвалифицированных тяжелоатлетов с динамикой биомеханических параметров во время подъёма штанги на соревнованиях различного масштаба. Они же выделяют и рассматривают критерии технического мастерства женщин-тяжелоатлетов, которые своей спортивной деятельностью перечёркивают границы обывательского мнения о статусе женщины в жизни общества и о её предназначении.

Ключевые слова: тяжёлая атлетика, анализ, соревновательные упражнения, техническое мастерство, биомеханические параметры, критерии

Для цитирования: Тё, С. Анализ биомеханических параметров техники выполнения тяжелоатлетических упражнений в спорте высших достижений / С. Э. Тё, С. Ю. Тё, Н. Н. Мухамедьяров // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фуралева. – Малаховка, 2022. – С. 300-307.

ANALYSIS OF BIOMECHANICAL PARAMETERS OF THE TECHNIQUE OF PERFORMING WEIGHTLIFTING EXERCISES IN HIGH-PERFORMANCE SPORTS



Svetlana E. Te¹, Associate Professor

Sergey Yu. Te², Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Nail N. Mukhamedyarov³, Candidate of Philology, Head of the Department

¹Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, Russia

²Omsk Armored Vehicle Engineering Institute, branch of the Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev, St. Petersburg, Russia

³KRIM Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Simferopol, Russia

Abstract. In the presented article, the authors consistently investigate some of the relationships between the technical skill of highly qualified weightlifters and the dynamics of biomechanical parameters during lifting the barbell at competitions of various scales. They also identify and consider the criteria of technical skill of female weightlifters, who, with their sports activities, cross out the boundaries of the philistine opinion about the status of a woman in society and about her purpose.

Keywords: weightlifting, analysis, competitive exercises, technical skill, biomechanical parameters, criteria

For citation: Te, S. Analysis of biomechanical parameters of the technique of performing weightlifting exercises in high-performance sports / S. E. Te, S. Yu. Te, N. N. Mukhamedyarov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 300-307.

Введение. Современный уровень возросшей конкуренции в женском тяжелоатлетическом спорте на мировом тяжелоатлетическом помосте настоятельно требует поиска новых путей увеличения спортивных результатов сильнейших отечественных тяжелоатлеток, представляющих российский спорт высших достижений на соревнованиях разного уровня. Выявление взаимосвязи биомеханических параметров подъёма штанги от роста спортивного мастерства и роста квалификации спортсменок позволило исследователям подтвердить комплекс критериев технического мастерства ведущих тяжелоатлеток страны.

Целью исследования явилось изучение соревновательной деятельности сильнейших тяжелоатлеток России

Объект исследования. Соревновательная деятельность высококвалифицированных женщин-тяжелоатлеток.

Предмет исследования. Биомеханические параметры техники выполнения рывка и толчка классических в тяжёлой атлетике.



Гипотеза. Было предположено, что множественный статистический анализ биомеханических параметров подъёмов соревновательной штанги позволит выделить круг специфических современных модельных характеристик при выполнении рывка и толчка классических.

Актуальность подобного исследования диктуется необходимостью изучения проблемных вопросов по совершенствованию и коррекции технического мастерства элитных тяжелоатлетов во временном аспекте. По нашему мнению, одним из таковых перспективных направлений решения может быть совершенствование биомеханической реализации их двигательного (тренировочного) потенциала. Своевременная индивидуализация тренировочного процесса, опирающаяся на объективный учёт функциональных и психологических особенностей женского организма, а также научный подход к специальной подготовке позволяют спортсменке на долгие годы гарантировать своё активное (успешное) пребывание в избранном виде спорта, сохранить женское здоровье и с достоинством перейти к альтернативной повседневной деятельности после завершения спортивной карьеры.

Задачи исследования

1. Выделить параметры движения соревновательных упражнений тяжелоатлетов, определяющих успешность биомеханической реализации

2. Внедрить в практику предсоревновательной подготовки спортсменок биомеханический контроль

Для решения поставленных задач нами были использованы следующие методы исследования:

- анализ специальной научно-методической литературы;
- биомеханический контроль тяжелоатлетических упражнений;
- методы математической статистики.

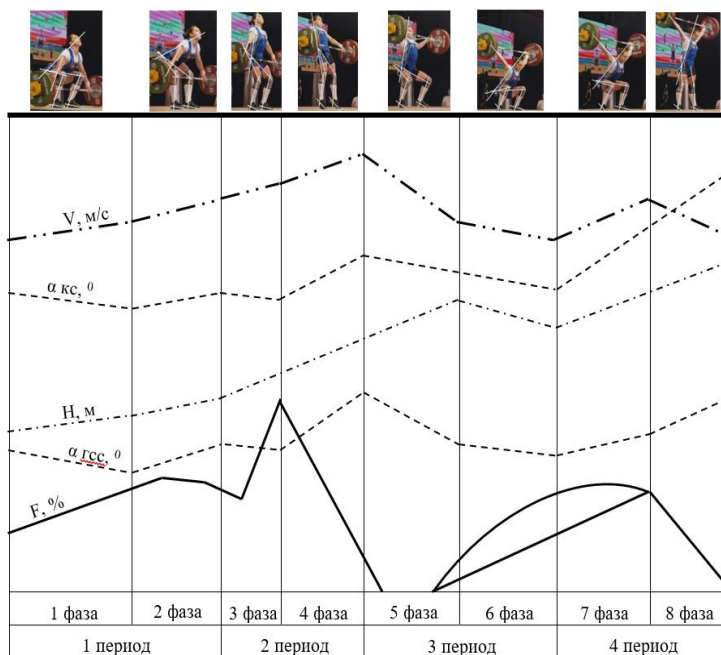
Результаты исследования и их обсуждение. Эмпирический материал, полученный в процессе исследования, был подвергнут тщательной обработке с пристрастием. Принятые в тяжёлой атлетике критерии технического мастерства спортсменок при выполнении ими соревновательных упражнений были дифференцированы авторами по относительному уровню значимости, выглядев следующим образом:

- скорость движения штанги при выполнении отдельных взаимозависимых между собой фазов подъёма [2, 4];
- высота подъёма штанги в процессе выполнения одного из соревновательных упражнений классического двоеборья;
- траектория движения спортивного снаряда в процессе выполнения рассматриваемого упражнения;
- ударное взаимодействие системы «спортсменка-штанга» с опорой [1, 3];



Рисунок 1 – Фазовая структура техники выполнения рывка классического максимального веса.

- ритм движения штанги или временные параметры выполнения отдельных



его фаз (периодов).

Выделенные параметры критериев технического мастерства тяжелоатлетов составляют основы техники выполнения рывка или толчка классических [2], а угловые значения в коленном и голеностопном и других суставах – являют собой индивидуальность этих спортсменов и трактуются специалистами именно так (рис. 1).

Это положение по критериям технического мастерства тяжелоатлетов наглядно отражает олимпийский девиз: «Citius, Altius, Fortius – Communiter», что на латинском означает «Быстрее! Выше! Сильнее! – вместе». Добавка – «вместе» к существующему с 1914 года Олимпийскому девизу, которой ранее в предыдущей трактовке в нём не было, одобрена Международным олимпийским комитетом (МОК) в 2021 году.

Быстрее – скорость движения штанги (м/с), Выше – высота подъёма штанги (м), Сильнее – усилие на опору (% в кг) от поднимаемой штанги, Вместе – целостное (слитное) движение при выполнении того или иного соревновательного упражнения.



Положительный результат (вес взят – попытка – удачна) возможен только при необходимости правильном выполнении обозначенных элементов зачётного подхода.

Анализ фазовой структуры техники выполнения рывка классического максимального веса позволил авторам выявить наличие четырёх периодов и восьми фаз движения. При этом следует отметить, что окончание одной фазы, являлось началом следующей за ней в определённой последовательности 8-ми фаз. Граничные моменты каждой фазы имели решающее значение для успешного выполнения целостного движения каждого из двух соревновательных упражнений, которое входит в программу соревнований по тяжёлой атлетике.

Техника выполнения рывка и толчка классического трактовалась нами как индивидуальный способ выполнения тех двигательных действий, которые позволяли спортсменке успешно решить двигательную задачу по фиксации штанги над головой, не отступая от правил соревнований по тяжёлой атлетике. В последнее время на этапе предсоревновательной подготовки квалифицированных тяжелоатлетов специалистами скоростно-силового тренинга используется словосочетание двух специальных терминов и, конечно же, конкретных действий по совместному совершенствованию в одном «ключе» сразу двух видов подготовки спортсменок – технической и тактической. В результате таких действий на выходе получается некий гибрид, состоящий из технического мастерства спортсменки и её способности ведения спортивной борьбы на соревновательном помосте в процессе проведения этих соревнований.

Применённый специалистами вид биомеханического контроля соревновательной деятельности и его грамотная интерпретация позволяют тренеру и спортсменке, образно говоря, «держать руку на пульсе...» и постоянно находиться в центре тяжелоатлетических проблем и текущих событий.

Вид спорта «тяжёлая атлетика» является индивидуальным видом спорта [1,3], входящим в программу Олимпийских игр современности, практически с момента их возрождения в 1896 году. Здесь необходимо отметить, что техника выполнения соревновательных упражнений не терпит косности и постоянно совершенствуется и в случае количества соревновательных упражнений [2, 4], и в процессе качества их выполнения и т.д. и т.п. С течением времени, спортивная деятельность и спортивные отношения претерпевают и коренные (глобальные) изменения и текущие (локальные), такие же самые изменения, которым подвержено всё человеческое сообщество, живущее по дидактическим законам его развития.



В своей практической деятельности в тяжелоатлетическом спорте высших достижений мы пришли к твёрдому убеждению того обстоятельства, что биомеханический контроль в тяжёлой атлетике – это «движитель» прогресса спортивного результата. И что же мы имеем на выходе?

Изучение биомеханических параметров движения штанги конкретной спортсменки позволяют тренерскому штабу вносить реальные коррективы в её долгосрочный процесс подготовки в избранном виде спорта [5], например, путём подбора специально-подготовительных и подводящих упражнений или разработки упражнений для развития специальных двигательных качеств (способностей), а также за счёт роста технико-тактического мастерства, основанного на совершенствовании методики тренировки и так далее.

В продолжающемся и по сей день эксперименте по совершенствованию техники выполнения классических упражнений самое активное участие принимает ЗМС РФ, член сборной команды России по тяжёлой атлетике среди женщин Ольга Тё (весовая категория до 59 кг). Тяжёлой атлетикой Ольга начала заниматься довольно поздно по современным меркам, но в данной ситуации надо отметить, что спортсменка пришла в данный вид спорта по окончании достаточно успешной карьеры в спортивной гимнастике, где она уже была МС РФ. Спортивная карьера стремительно пошла в гору и в результате уже за один год активных занятий Ольга выполняет норматив МС РФ по тяжёлой атлетике и далее за неполных три года в её активе выполнение норматива МС МК России – так в 21 год спортсменка выполняет заветный для каждого серьёзно тренирующегося норматив. Вдумчивый и упорный (целенаправленный) труд становится гарантом успеха в, ставшем родным для Ольги, виде спорта.

Для примера приводим динамику наиболее важных биомеханических параметров подъёма соревновательной штанги – максимальной скорости движения и высоты её подъёма в граничные моменты фаз, от соревнования к соревнованию в рывке классическом, которая выглядела следующим образом:

- 2017 год – УОР-2 г. Москвы – вес штанги 90 кг; собственный вес спортсменки до 63 кг: $V_{z \max} = 2,02$ м/с; вес штанги 95 кг; собственный вес спортсменки тот же до 63 кг: $V_{z \max} = 1,96$ м/с; $\bar{V} = 1,99$ м/с; рост спортсменки – 157 см;

- 2021 год – чемпионат Европы – вес штанги 95 кг; собственный вес спортсменки – 58,7 кг (весовая категория до 59 кг) при росте – 157 см; V_z



$v_{\max} = 2,02$ м/с; вес штанги 98 кг (неудачная попытка): $V_{z \max} = 1,99$ м/с; вес штанги 98 кг: $V_{z \max} = 2,05$ м/с; $\bar{V} = 2,02$ м/с;

- 2022 год – I Всероссийская Спартакиада сильнейших – вес штанги 95 кг; собственный вес спортсменки – 58,7 кг (весовая категория до 59 кг) при росте – 157 см; $V_{z \max} = 1,98$ м/с; вес штанги 98 кг: $V_{z \max} = 1,96$ м/с; вес штанги 101 кг (рекорд России): $V_{z \max} = 2,14$ м/с; $\bar{V} = 2,027$ м/с;

Анализ проявления максимальной скорости движения спортивного снаряда т.е. штанги в процессе её подъёма на различных соревнованиях и с разными отягощениями показывает, что с течением времени эта самая скорость движения штанги имеет тенденцию к увеличению.

По высоте подъёма штанги в граничные моменты фаз (поз) можно сказать следующее: этот показатель регистрировали в трёх измерениях: максимальной высоте подъёма штанги, фиксации штанги в подседе и высчитывали глубину амортизационной части в подседе.

Максимальная высота подъёма с весом 90 кг на соревнованиях в УОР-2 г. Москвы в 2017 году имели показатель равный 1,046 м, а например, с весом 95 кг – 1,048 м; $\bar{H} = 1,047$ м. Показатели высоты подъёма штанги при её фиксации в подседе выглядели так: с весом 90 кг – 0,889 м, а с весом 95 кг – 0,878 м; $\bar{H} = 0,884$ м. Глубина подседа с весом 90 кг – 0,157 м, с весом отягощения в 95 кг – 0,17 м; $\Delta \bar{H} = 0,16$ м.

Чемпионат Европы по тяжёлой атлетике, посвящённый памяти героя Римской Олимпиады Ю.П. Власова в столице Российской Федерации городе Москве в 2021 году. Вес штанги 95 кг: максимальная высота подъёма равна 1,057 м; вес 98 кг (неудачная попытка) – 1,047 м; вес штанги 98 кг – 1,063 м; $\bar{H} = 1,0556$ м. Следующее положение: высота фиксации штанги в подседе – 95 кг – 0,869 м, 98 кг (неудачная попытка) – 0,861 м, 98 кг – 0,869 м; $\bar{H} = 0,866$ м. В отношении величины амортизационной части расчёты показали, что с весом 95 кг глубина подседа составила 0,188 м, с весом 98 кг в неудачной попытке – 0,186 м, с весом 98 кг – 0,194 м; $\Delta \bar{H} = 0,189$ м.

Резюме. Стратегические и тактические варианты многолетней подготовки высококвалифицированных женщин-тяжелоатлетов должны учитывать объёмы и интенсивность тренировочной нагрузки, привязанной к конкретным этапам таковой подготовки.

В заключении хотелось бы высказать мнение, что за биомеханическим контролем в тяжёлой атлетике большое и перспективное будущее.

Выводы. 1. Уровень спортивного мастерства оказывает прямое влияние на сосредоточенность и концентрацию внимания в процессе выполнения соревновательного упражнения.



3. Соревновательный контроль биомеханических параметров подъёма штанги максимального веса – это наиболее эффективный путь совершенствования технического мастерства тяжелоатлетов.

© Тё С. Э., Тё С. Ю., Мухамедьяров Н. Н., 2022

Список источников

1. Верхошанский, Ю. В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю. В. Верхошанский. – 4-е изд. – Москва : Советский спорт, 2020. – 216 с.
2. Воробьёв, А. Н. Очерки по физиологии и спортивной тренировке / А. Н. Воробьёв. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Физкультура и спорт, 1977. – 255 с.: ил.
3. Зацiorsкий, В. М. Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания / В. М. Зацiorsкий. – 3-е изд. – Москва : Советский спорт, 2009. – 200 с.
4. Медведев, А. С. Объём и интенсивность тренировочной нагрузки у сильнейших тяжелоатлетов в зависимости от этапа подготовки на современном этапе / А. С. Медведев // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 7. – С. 45-47.
5. Тё, С. Э. Биомеханика тяжелоатлетических упражнений в зависимости от соматотипа / С. Э. Тё // Теория и практика физической культуры. – 2009. - № 9. – С. 66-67.

References

1. Verkhoshansky, Yu. V. Fundamentals of special strength training in sports / Yu. V. Verkhoshansky. - 4th ed. – Moscow : Soviet Sport, 2020. – 216 p.
2. Vorobyov, A. N. Essays on physiology and sports training / A. N. Vorobyov. – 2nd ed., reprint. and additional – Moscow : Physical Culture and Sport, 1977. – 255 p.: ill.
3. Zatsiorsky, V. M. Physical qualities of an athlete: fundamentals of theory and methods of education / V. M. Zatsiorsky. – 3rd ed. - Moscow : Soviet Sport, 2009. – 200 p.
4. Medvedev, A. S. The volume and intensity of the training load in the strongest weightlifters depending on the stage of preparation at the present stage / A. S. Medvedev // Theory and practice of physical culture. – 1997. – No. 7. – pp. 45-47.
5. Te, S. E. Biomechanics of weightlifting exercises depending on somatotype / S. E. Ta // Theory and practice of physical culture. - 2009. - No. 9. – pp. 66-67.



УДК 796.88.012

ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ТЯЖЕЛОАТЛЕТА КАК «ЖИВАЯ» СИСТЕМА РЫЧАГОВ И ЗВЕНЬЕВ

Сергей Юрьевич Тё¹, канд. пед. наук, доцент

Светлана Эдуардовна Тё², доцент

Наиль Нариманович Мухамедьяров³, канд. филол. наук, зав. кафедрой

¹Омский автобронетанковый инженерный институт, филиал Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург, Россия

²Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, г. Омск, Россия

³Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова, г. Симферополь, Россия

Аннотация. В представленной статье раскрывается работа двигательного аппарата женщин-спортсменок, которые направили свои усилия на реализацию амбиций и индивидуального двигательного потенциала в интенсивной работе скоростно-силовой направленности, а конкретно виде спорта – тяжёлой атлетике, одном из видов олимпийской программы, который до недавнего времени считался чисто мужской привилегией. Женская тяжёлая атлетика стала равноправным членом самого значимого спортивного форума на планете – Олимпиад – с 2000 года, когда очередной столицей для проведения Олимпийских игр был избран австралийский Сидней.

Ключевые слова: женский спорт, тяжёлая атлетика, двигательный аппарат, двигательные качества, гендерные отношения, женская психология, биологические особенности, проблемы подготовки, методика, эмансипация

Для цитирования: Тё, С. Ю. Двигательный аппарат тяжелоатлета как «живая» система рычагов и звеньев / С. Ю. Тё, С. Э. Тё, Н. Н. Мухамедьяров // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураева. – Малаховка, 2022. – С. 308-316.



THE MOTOR APPARATUS OF A WEIGHTLIFTER AS A "LIVING" SYSTEM OF LEVERS AND LINKS

Sergey Yu. Te¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Svetlana Eduardovna Te², Associate Professor

Nail Narimanovich Mukhamedyarov³, *Candidate of Philology, Head of the Department*

¹*St Armored Vehicle Engineering Institute, branch of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev, St. Petersburg, Russia*

²*Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, Russia*

³*KRIM Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov, Simferopol, Russia*

Abstract. The presented article reveals the work of the motor apparatus of female athletes who have directed their efforts to realize ambitions and individual motor potential in intensive work of speed and strength orientation, and specifically in the sport of weightlifting, one of the types of the Olympic program, which until recently was considered a purely male privilege. Women's weightlifting has become an equal member of the most significant sports forum on the planet – the Olympics – since 2000, when Sydney, Australia, was chosen as the next capital for the Olympic Games.

Keywords: women's sport, weightlifting, motor apparatus, motor qualities, gender relations, women's psychology, biological features, problems of training, methodology, emancipation

For citation: Te, S. Yu. The motor apparatus of a weightlifter as a "living" system of levers and links / S. Yu. Te, S. E. Te, N. N. Mukhamedyarov // *Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 308-316.*

Введение. Эмансипированная женская натура заявила о себе в полный голос и завоевала своё «законное» место под олимпийским солнцем, следствием чего стали возникать гендерные и методические, социальные и практические, и, конечно же, психологические проблемы подготовки высококвалифицированных тяжелоатлетов как в повседневной жизни и работе, так и в процессе их участия в различных соревнованиях, мероприятиях и тому подобное.

Актуальность. Спорт высших достижений или соревновательная деятельность ведущих отечественных атлетов подразумевает такую их специальную подготовку, которая гарантировала бы этим спортсменкам тот



необходимый уровень готовности, позволяющий на равных конкурировать с зарубежными соперницами на мировом и Европейском тяжелоатлетическом помосте, завоёвывая медали различного достоинства. Подобная подготовка требует соответствующих материальных, физических, моральных и других видов затрат: и в случае их обеспечения можно ждать от спортсменок адекватной ответной реакции в виде необходимого требованиям времени спортивного результата. Плюс ко всему прочему тренировочный процесс сильнейших тяжелоатлеток различных весовых категорий (10 весовых категорий, из которых 5 – олимпийских) должен быть индивидуализирован и обеспечен соответствующими тренерскими (профессиональными) кадрами [1]. В данном конкретном случае авторами озвучена только видимая часть айсберга проблем, а подводная (скрытая) его часть таит в себе ещё множество из неизученного в их реализации. Необходимо отметить то положение, что проблемы подготовки высококвалифицированных женщин-спортсменок стали возникать с момента их первого участия в соревнованиях и по сегодняшний день не потеряли своей актуальности, привлекая к себе всё большее и ежечасно возрастающее внимание и обывателей и, конечно же специалистов [1].

Возникшая ситуация в женском тяжелоатлетическом спорте высших достижений и, особенно, сегодняшнее отстранение российских спортсменов от участия в международных соревнованиях и спортивных форумах требует оперативной перестройки отечественной системы физического воспитания на внутренние рельсы с использованием имеющегося богатейшего накопленного опыта. Большую часть современной системы физического воспитания в стране, опирающейся на внутренние ресурсы, ориентируют на развитие тех направлений и видов спорта, которые входят в программу Олимпийских игр [2]. Женская тяжёлая атлетика является одним из таких видов спорта этой программы, статус и высокий рейтинг которой хочется надеяться, будет сохранён на долгое время. Реальная действительность и трезвая оценка возникшей обстановки в мировом спорте требует от международных структурных организаций принятия объективного решения по поводу невозможности лишения права участия российских и белорусских спортсменов в международном спортивном движении.

Анализ научно-методической и других литературных источников позволил сформулировать цель исследования, которая была выражена как поиск эффективных путей оптимизации тренировочного процесса квалифицированных тяжелоатлеток.

Объект исследования. Процесс интенсивной скоростно-силовой подготовки.



Предметом исследования в данном случае выступил опорно-двигательный аппарат квалифицированных тяжелоатлетов.

В числе исследуемых спортсменов оказались рекордсменка страны в весовой категории до 59 кг ЗМС России Ольга Тё, экс-чемпионка России в весовой категории до 76 кг МС МК РФ Мария Вострикова и рекордсменка Мира в супертяжёлой весовой категории ЗМС России Татьяна Каширина. Исследования проводились на соревнованиях российского масштаба – на чемпионатах и Кубках России по тяжёлой атлетике – в период с 2017 по 2022 год при активном использовании комплексной методики "Биомеханический контроль в тяжелоатлетическом спорте", разработанной на кафедре биомеханики и естественно-научных дисциплин РГУФКСМиТ совместно с кафедрой ТиМ тяжелоатлетических видов спорта им. А.С. Медведева.

При подобной постановке вопроса задачи исследования были определены исходя из требований вида спорта:

1. Рассмотреть опорно-двигательный аппарат тяжелоатлета с точки зрения движения биологической системы по закону рычагов.

2. Оптимизировать подготовку тяжелоатлетов с учётом полового диморфизма спортсменов.

Успешному решению поставленных задач способствовало применение адекватных методов исследования:

- анализа и синтеза научно-методической литературы;
- педагогического наблюдения;
- статистических методов исследования

Результаты исследования и их обсуждение. По классификации видов спорта тяжёлая атлетика относится к скоростно-силовым сложно координационным видам. Ведущим физическим (двигательным) качеством в тяжёлой атлетике является, так называемая «взрывная сила», но и к координационным способностям спортсмена-тяжелоатлета предъявляются самые высокие требования. К особенностям подъёма снаряда в этом виде спорта следует отнести ограниченную площадь опоры системы «атлет-штанга», кратковременность выполнения и того и другого соревновательного упражнения, которое входит в программу таковых соревнований. По этому виду спорта. Далее идёт быстрая смена деятельности (работы) опорно-двигательного аппарата с преодолевающего на уступающий и затем вновь на преодолевающий режим. Сюда же следует отнести сложные пространственно-временные перемещения системы «спортсмен-снаряд», проблемы сохранения жёсткости рассматриваемой, каждый раз вновь и вновь искусственно создаваемой конструкции и ударное взаимодействие с опорой этой самой системы (конструкции) «атлет-штанга».



При детальном рассмотрении опорно-двигательного аппарата (ОДА) было однозначно отмечено, что этот самый опорно-двигательный аппарат человека состоит из пассивной и активной его частей. К пассивной части ОДА относится костная и жировая масса, а к активной его части – мышечная масса. Костная система человека соединена между собой суставами, которые при сокращении отдельных мышц или целой мышечной группы (что чаще всего и происходит) действуют как рычаги. Вся двигательная деятельность спортсмена и тяжелоатлета в том числе [2], осуществляется по механическому закону деятельности, но с учётом биологической его составляющей (рис. 1). Поэтому двигательная деятельность мужчины-спортсмена в тяжёлой атлетике имеет свои отличительные особенности от таковой деятельности женщин-тяжелоатлеток. Эти особенности кроются прежде всего в некоторых отличиях в анатомическом строении мужского и женского организма, функционировании органов и систем того и другого организма, его биологической устойчивости и предназначения. Кроме того необходимо отметить, что в тяжёлой атлетике имеет огромное значение – мужчины и женщины в физическом развитии отличаются друг от друга: мышечная масса в абсолютных значениях больше у мужчин, чем у женщин, а жировая – наоборот больше у женщин в силу биологического предназначения женского организма в жизни (функции деторождения). Основная функция подкожного жира, прежде всего – это защитная функция, которую он с успехом и выполняет при жизнеобеспечении женского организма.

Многим людям должен быть интересен такой определённый нами исследовательский факт, что максимальный мышечный компонент у высококвалифицированного мужчины-тяжелоатлета был зафиксирован на отметке 62,5 %, хотя физиологической нормой не занимающихся мужчин является – 43 %. Для элитных женщин-тяжелоатлеток максимальный показатель этого компонента был зафиксирован на отметке в 54,3 % при норме – 36 %. Как уже было отмечено ведущим двигательным качеством в тяжёлой атлетике выступает «взрывная сила», а сила высчитывается по формуле $F=ma$ [3]. Масса (вес спортсмена) – это мышечный компонент, а ускорение – это производная способности мышечного проявления силы, имеющих разную степень тренированности (готовности) на определённых этапах подготовки. Здесь следует заострить внимание на том моменте, что существующие весовые градации не позволяют большинству тяжелоатлетов чрезмерно превышать границы «своей» весовой категории. Но и у мужчин и у женщин исключение составляет только супертяжёлая весовая категория, где спортсмены не имеют ограничений по собственному весу. Существующая тяжелоатлетическая закономерность – чем выше



весовая категория (собственный вес спортсмена (ки), тем больше его (её) спортивный результат в абсолютных значениях.

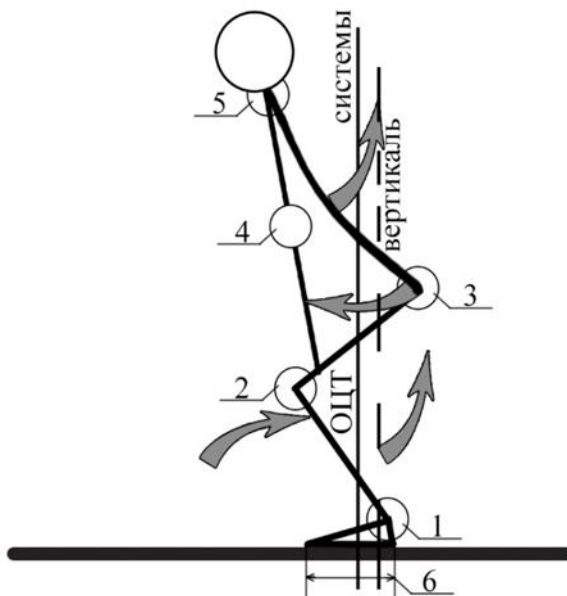


Рисунок 1 – Работа опорно-двигательного аппарата тяжелоатлета, как рычажной системы «атлет-штанга» при подъёме штанги в рывке классическом: 1 – голеностопный сустав; 2 – коленный сустав; 3 – тазобедренный сустав; 4 – локтевой сустав; 5 – плечевой сустав; 6 – площадь опоры системы; ОЦТ – общий центр тяжести системы.

Это положение подтверждено мировыми рекордами в десяти весовых категориях у мужчин и десяти – у женщин. Ещё одним существенным дополнением к сказанному будет утверждение о том, что форма, чаще всего, определяет функцию [2] (например, форма и функция отдельно взятой мышцы или кости).

Что касается жировой массы – это то, что жир относится к пассивному компоненту массы тела и тем не менее содержание жира в организме тяжелоатлета оказывает существенное влияние на его собственный вес. В свою очередь масса тела является определяющей для выбора весовой



категории, а жировая ткань при этом – самый важный и, можно смело сказать, незаменимый энергетический источник организма, который активируется сразу, как только организм человека начинает нуждаться в энергии.

Физиологической нормой содержания подкожного жира в мужском организме считается 12-20 %, а в женском – 20-30 %. В большинстве видов спорта эти значения имеют иные границы для тех и других групп, опять же врачи, физиологи и другие специалисты информируют нас о том, что минимальной границей содержания жира для выживания в мужском организме считается – 3-5 %, а в женском организме его должно быть не менее 8-13 %. В своё время, у элитных тяжелоатлетов авторами были зафиксированы цифры в 4 % у мужчин и 7 % – у женщин. Для индивидуальных показателей занимающихся двигательной деятельностью и некоторых видов спорта подобные значения жирового компонента не являются патологией, а даже наоборот могут свидетельствовать о наилучшей спортивной форме оппонентов.

Для человека, который активно занимается физическими упражнениями в объёме восьми-двенадцати часов в неделю и ведёт здоровый образ жизни показатели для мужчин должны находиться в пределах 5-15 %, а для женщин – 10-18 %. Следует отметить, что и мышечная и жировая ткань имеют тенденцию к высокой пластичности, меняя свойственное виду спорта количество и объём в зависимости от изменяющихся факторов окружающей среды, режима тренировок, физической активности, питания и некоторых других факторов.

Костная масса (скелет) относится к пассивному компоненту ОДА – она весьма консервативна и не способна изменяться так, как это могут делать мышечная и жировая ткань.

Исходя из общего положения о том, что голеностопный, коленный и тазобедренный суставы несут в себе основную опорную функцию при выполнении любого двигательного акта, движения, перемещения предметов и подобных действий – подъём штанги рассматривался авторами именно с позиции сравнения особенностей строения и функций мужского и женского организма. На приведённом рисунке под цифрами 1, 2, 3 обозначены голеностопный, коленный и тазобедренный суставы соответственно – они же и являются точками опоры рычагов, а цифрами 4 и 5 – локтевой и плечевой суставы соответственно.

Голеностопный сустав (гсс) по форме блоковидный, по своей функции он относится к основным суставам и имеет одну степень свободы. Гсс – это рычаг второго рода. Следующим, рассматриваемым нами суставом является коленный сустав (кс) – самый крупный и сложный в теле человека, потому что он образован тремя костями: бедренной,



большеберцовой и надколенником [3]. Этот сустав относится к двухосным суставам, по форме он является эллипсоидным (седловидным), имеет две степени свободы и обладает меньшей подвижностью.

Тщательное изучение тазобедренного сустава (тбс) привело авторов к его пониманию как суставу шаровидной формы (чашеобразный сустав). Тбс – рычаг первого рода и относится он к простым синовиальным суставам. Голеностопный, коленный и тазобедренный суставы составляют элементы нижних конечностей [3].

К элементам верхних конечностей и плечевого пояса относятся локтевой (лс) и плечевой (пс) суставы. Локтевой сустав, как и голеностопный, по форме – блоковидный и практически обладает только одной степенью свободы в отличие от плечевого сустава, который является шаровидным суставом и обладает тремя степенями свободы. Не одним тысячелетием была подтверждена природная целесообразность и мудрость в создании и практичности конструкции опорно-двигательного аппарата человека.

Выводы.

1. Двигательный аппарат тяжелоатлета представляет собой многосвязную конструкцию «атлет-штанга», которая движется по закону рычагов.

2. Соединительно-тканый и мышечно-волоконный компоненты относятся к активному компоненту ОДА, а жировая и костная масса – к пассивному.

© Тё С. Ю., Тё С. Э., Мухамедьяров Н. Н., 2022

Список источников

1. Иссурин, В. Б. Подготовка спортсменов XXI века: научные основы и построение тренировки / В. Б. Иссурин. – Москва : Спорт, 2016. – 464 с.

2. Тё, С. Э. Анализ техники выполнения соревновательных упражнений тяжелоатлетов: основы и индивидуальность / С. Э. Тё, С. Ю. Тё // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура и спорт. – Тула, 2021. – Вып. 6. – С. 156-157.

3. ARTHROSYNDESMOLOGIA типы соединения костей. - URL: <https://ivgma.ru/attachments/334> (дата обращения: 10.10.2022).

References

1. Issurin, V. B. Preparation of athletes of the XXI century: scientific foundations and construction of training / V. B. Issurin. – Moscow : Sport, 2016. – 464 p.



2. Te, S. E. Analysis of the technique of performing competitive exercises of weightlifters: fundamentals and individuality / S. E. Te, S. Yu. Te // Proceedings of Tula State University. Physical culture and sport. – Tula, 2021. – Issue 6. – pp. 156-157.

3. ARTHROSYNDESMOLOGIA types of bone connections. - URL: <https://ivgma.ru/attachments/334> (date of application: 10.10.2022).



УДК 796.01:612.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНОВ «АКТИВНОЕ» И «ПАССИВНОЕ» ДЫХАНИЕ В ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЯХ

Владимир Федорович Тихонов¹, канд. пед. наук, доцент

¹Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема терминологии более точного определения механизма дыхательных движений в физических упражнениях. Определение «активного» или «пассивного» дыхания следует производить из степени напряжения дыхательных мышц и более рационального сопряжения двигательных действий с эластической отдачей грудной стенки для повышения экономичности внешнего дыхания.

Ключевые слова: физические упражнения, взаимосвязь дыхания с двигательными действиями

Для цитирования: Тихонов, В. Ф. Определение терминов «активное» и «пассивное» дыхание в физических упражнениях / В. Ф. Тихонов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 317-323.

DEFINITION OF THE TERMS "ACTIVE" AND "PASSIVE" BREATHING IN PHYSICAL EXERCISES

Vladimir F. Tikhonov¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

¹I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

Abstract. The article deals with the problem of terminology for a more precise definition of the mechanism of respiratory movements in physical exercises. The definition of "active" or "passive" breathing should be made from the degree of tension of the respiratory muscles and a more rational coupling of motor actions with the elastic recoil of the chest wall to increase the efficiency of external breathing.

Keywords: physical exercises, the relationship of breathing with motor actions



For citation: Tikhonov, V. F. Definition of the terms "active" and "passive" breathing in physical exercises / V. F. Tikhonov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 317-323.

Актуальность. Дыхание человека в физических упражнениях сильно отличается от дыхания человека в покое [1, 3, 5, 7, 8]. Главное отличие отражается в объемных показателях, в скорости движения воздуха в дыхательных путях и во временных показателях внешнего дыхания. На наш взгляд, проблема неудовлетворительного энергетического обеспечения при выполнении физических упражнений заключается в неадекватном физической нагрузке дыхании. Это приводит к низким результатам или к отказу от выполнения физического упражнения. В статье рассматривается проблема уточнения терминов «активное дыхание» и «пассивное дыхание».

Цель: уточнение терминов «активное дыхание» и «пассивное дыхание» в физических упражнениях.

Задачи:

1. Изучить доступную научную литературу;
2. Показать условия, при которых дыхание можно называть «активным» или «пассивным»
3. По результатам работы уточнить термины «активное дыхание» и «пассивное дыхание».

Методы исследования. В работе применялись метод литературного обзора указанной проблемы и синтез результатов ранее проведенных экспериментальных работ. Эти работы проводились на основе методологии управления тренировочным процессом [2, 8, 9].

Для исследования механизма формирования дыхательного объема (ДО) необходима упрощенная модель вентиляторного аппарата. На рисунке 1 представлена упрощенная биомеханическая модель движения грудной клетки. В ее состав входит: позвоночник, неподвижно закрепленный на опоре; грудная клетка в виде трех ребер, соединенных шарнирно к позвоночнику, приведенная масса которой находится в точке ЦМ; мышцы вдоха (М вд) и выдоха (М выд) в виде поршня, втягивающегося в цилиндр; упругие компоненты, поднимающие грудную клетку вверх (УКГР); упругие элементы легочной ткани и воздухоносных путей, стягивающие грудную клетку и уменьшающие объем грудной полости (УКЛ); грудина.

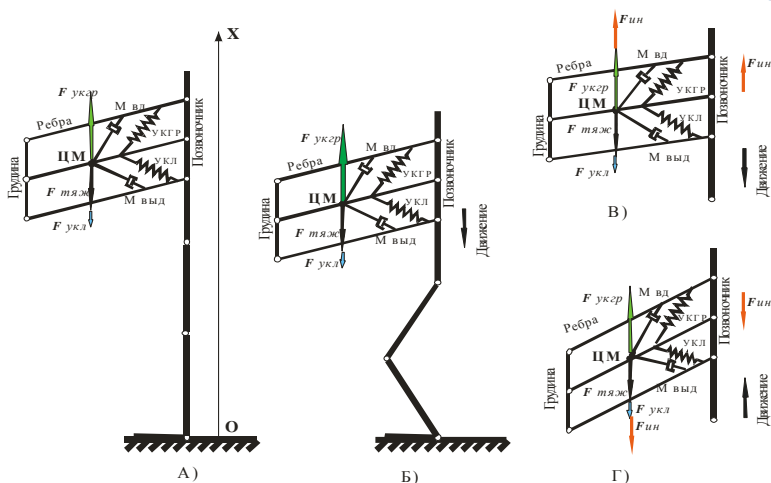


Рисунок 1 – Упрощенная биомеханическая модель движения грудной клетки.

В данной модели рассматривается одна вертикальная ось ОХ, направленная от опоры вверх вдоль позвоночника, и проекции сил на эту ось. В покое позвоночника неподвижна (рисунок 1 А). Например, при внезапном ускоренном движении позвоночника вниз, в сторону действия силы тяжести (рисунок 1 Б, В), сила инерции будет вычитаться из суммы силы тяжести и движущей силы (1). Центр масс грудной стенки будет «стараться» оставаться в точке «ЦМ» на том же уровне. При этом ребра за счет сил упругости должны будут повернуться, поднимая грудную стенку вверх относительно позвоночника (рисунок 1 В). А это приводит к произвольному «пассивному» вдоху.

$$\sum X, F_{укгр} + F_{ин} - F_{дв} - F_{тяж} - F_{укл} = 0 \quad (1)$$

Далее, при торможении движения позвоночника вниз, а затем ускоренного движения вверх (рисунок 1 Г), сила инерции, меняя свое направление, складывается с силой тяжести грудной стенки (2). При этом ребра, поворачиваясь в обратную сторону, опускают грудную стенку относительно позвоночника вниз. Это способствует произвольному «пассивному» выдоху.

$$\sum X, F_{укгр} - F_{ин} + F_{дв} - F_{тяж} - F_{укл} = 0 \quad (2)$$



Таким образом, в представленной модели в покое движение грудной стенки в сторону увеличения или уменьшения объема грудной полости происходит за счет работы дыхательных мышц. Однако в физических упражнениях в фазах ускорения и торможения туловища движение грудной стенки может происходить без напряжения дыхательных мышц за счет работы внешней движущей силы, сил упругости и силы инерции. Следовательно, в данной модели дыхательный объем может формироваться «пассивно», благодаря ускорению и торможению опоры позвоночника от переменного воздействия внешней силы, направленной вдоль позвоночника.

Обсуждение результатов исследования.

Анализируя движение упрощенной модели движения грудной клетки (рисунок 1), делаем выводы о возможности как «активных», так и «пассивных» дыхательных движений в физических упражнениях.

Активное дыхание – это дыхание, при котором экскурсия грудной стенки при вдохе идет против градиента силы тяжести, эластических сил (тяги) легких или упругих сил (отдачи) грудной стенки. Активное дыхание в покое при ортостазе не может происходить самопроизвольно и требует затраты энергии инспираторных мышц. Известно, что активное дыхание имеет решающее значение в физических упражнениях, поскольку обеспечивает необходимый уровень газообмена в организме человека при повышенной физической нагрузке [1, 4, 6, 7, 8].

При активном выдохе движение газов из легких происходит за счет активности экспираторных мышц, которые преодолевая силы упругости грудной стенки, могут уменьшить объем легких от уровня функциональной остаточной емкости (ФОЕ) до уровня остаточного объема (ОО). В покое вдох является активным движением, при котором объем легких увеличивается за счет активности дыхательных мышц.

Пассивное дыхание – это дыхание, не требующее затраты энергии для экскурсии грудной стенки. В покое при ортостазе выдох происходит за счет силы тяжести грудной стенки и эластической тяги легких [1, 4, 6, 7, 8]. При этом уменьшение объема легких до уровня функциональной остаточной емкости (ФОЕ) происходит за счет накопленной в фазе вдоха потенциальной энергии подъема грудной стенки и эластической тяги легких. Таким образом, движущей силой пассивного выдоха является сила тяжести грудной стенки и эластические силы легких.

Однако вдох при определенных условиях также может стать пассивным движением [5, 6]. Для этого необходимо воздействие внешней силы, которая может преодолеть силу тяжести грудной стенки, а также эластической тяги легких при изменении их объема от уровня ФОЕ до



уровня дыхательного объема (ДО) и выше. Например, это может происходить также в положении антиортостаза (положение человека вниз головой). Здесь сила тяжести двигает ребра краниально, увеличивая объем грудной клетки. Многие факты указывают на то, что в физических упражнениях между активным и пассивным дыханием существует тесная связь [3, 4, 5, 8].

Выше указанные исследования служат доказательством того, что в физических упражнениях, наряду с активным дыханием, имеет место и пассивное дыхание. Оба процесса всегда идут одновременно и бывают настолько тесно связаны, что их трудно различить и четко разграничить [3-6 8].

Выводы:

1. Обзор доступной научной литературы по указанной проблеме показывает недостаточную разработку данной проблемы;

2. Аппарат внешнего дыхания приспособляется выбору паттерна дыхания в зависимости от интенсивности физического упражнения и характера внешних сил, воздействующих на туловище человека.

3. «Активным» дыхание следует называть дыхание, при котором, преимущественно, напряжены дыхательные мышцы. Внешне это выражается в натуживании в фазах акцентированного усилия, в учащении и углублении дыхания, а также в одышке после завершения физического упражнения.

4. «Пассивным» дыхание следует называть дыхание, при котором дыхательные движения происходят за счет более рационального сопряжения двигательных действий с эластической отдачей грудной стенки. Это проявляется в непринужденном внешнем дыхании, в отсутствии натуживания в фазе рабочего движения.

© Тихонов В. Ф., 2022

Список источников

1. Бреслав, И. С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте: Руководство для изучающих физиологию человека / И. С. Бреслав, Н. И. Волков, Р. В. Тамбовцева. – Москва : Советский спорт, 2013. – С. 57-64.

2. Изменения биомеханических показателей спортсменов после применения внутренировочных средств / А. Н. Тамбовский, А. Н. Фураев, Ц. Хань, Т. А. Сидоренко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 2 (204). – С. 394-398.

3. Серопегин, И. М. Влияние дыхания на движение / И. М. Серопегин, В. С. Фарфель // ЛФК и Массаж. – 2006. – № 12. – С. 58-62.



4. Тихонов, В. Ф. Внешнее дыхание человека как система автоматического управления легочной вентиляцией / В. Ф. Тихонов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2017. – Т. 14. – № 1(14). – С. 94-99.

5. Тихонов, В. Ф. Исследование структуры паттерна дыхания в соревновательных упражнениях у спортсменов-гиревиков / В. Ф. Тихонов, Т. В. Агафонкина // Физиология человека. – 2014. – Т. 40. – № 3. – С. 96.

6. Тихонов, В. Ф. Особенность локомоторно-респираторного сопряжения в прыжковых упражнениях / В. Ф. Тихонов // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 4. – С. 214-218.

7. Уэст, Дж. Физиология дыхания. Основы / Дж. Уэст; Перевод с англ. Н. Н. Алипова; Под ред. А. М. Генина. - Москва : Мир, 1988. - 200 с.

8. Фарфель, В. С. Управление движениями в спорте / В. С. Фарфель. – 2-е изд., стереотип. – Москва : Советский спорт, 2011. – С. 140-150.

9. Шалманов, А. А. Основные требования к рациональной технике подъема штанги в классических тяжелоатлетических упражнениях / А. А. Шалманов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции по вопросам спортивной науки в детско-юношеском спорте и спорте высших достижений : Сборник материалов конференции, Москва, 30 ноября – 02 2016 года. – Москва : Государственное казенное учреждение города Москвы "Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд" Департамента физической культуры и спорта города Москвы, 2016. – С. 90-97.

References

1. Breslav, I. S. Respiration and human muscular activity in sports: A guide for students of human physiology / I. S. Breslav, N. I. Volkov, R. V. Tambovtseva. – Moscow : Soviet Sport, 2013. – pp. 57-64.

2. Changes in biomechanical indicators of athletes after the use of extra-training means / A. N. Tambovsky, A. N. Furaev, Ts. Han, T. A. Sidorenko // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. – 2022. – № 2 (204). – Pp. 394-398.

3. Seropegin, I. M. The influence of breathing on movement / I. M. Seropegin, V. S. Farfel // Physical therapy and Massage. - 2006. – No. 12. – pp. 58-62.

4. Tikhonov, V. F. External human respiration as an automatic control system of pulmonary ventilation / V. F. Tikhonov // Science and sport: modern trends. – 2017. – Vol. 14. – № 1(14). – Pp. 94-99.

5. Tikhonov, V. F. Investigation of the structure of the breathing pattern in competitive exercises in athletes-weightlifters / V. F. Tikhonov, T. V. Agafonkina // Human Physiology. - 2014. – Vol. 40. – No. 3. – p. 96.



6. Tikhonov, V. F. Feature of locomotor-respiratory coupling in jumping exercises / V. F. Tikhonov // Modern high-tech technologies. – 2022. – No. 4. – pp. 214-218.

7. West, J. Physiology of respiration. Fundamentals / J. West; Translated from the English by N. N. Alipov; Edited by A.M. Genin. - Moscow : Mir, 1988. - 200 p.

8. Farfel, V. S. Movement control in sports / V. S. Farfel. – 2nd ed., stereotype. – Moscow : Soviet Sport, 2011. – pp. 140-150.

9. Shalmanov, A. A. Basic requirements for a rational technique of lifting the barbell in classical weightlifting exercises / A. A. Shalmanov // Materials of the All-Russian Scientific and practical conference on sports science in children's and youth sports and sports of higher achievements : A collection of conference materials, Moscow, November 30 – 02, 2016. – Moscow : State State Institution of the city of Moscow "Center for Sports Innovative Technologies and training of national Teams" of the Department of Physical Culture and Sports of the City of Moscow, 2016. – pp. 90-97.



УДК 612.829.34:796.012

ДИАГНОСТИКА НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У ЛИЦ С УМСТВЕННОЙ ОТСТАЛОСТЬЮ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА БИОМЕХАНИКИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ

Дарья Владимировна Федулова¹, канд. биол. наук, доцент

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. В статье предлагается способ диагностики нейродинамических нарушений у детей с умственной отсталостью. Протоколы диагностики и критерии оценивания разработаны по бальной системе. Учитывая, что у лиц данной нозологической группы изменение в координационных способностях наблюдаются чаще других двигательных нарушений, данная оценка позволит дифференцировать область видимых изменений и определить направление работы по коррекции.

Ключевые слова: умственная отсталость, нейродинамическое нарушение, балансировочные упражнения, биомеханика ходьбы

Для цитирования: Федулова, Д. В. Диагностика нейродинамических нарушений у лиц с умственной отсталостью на основе анализа биомеханики двигательных действий / Д. В. Федулова // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 324-330.

DIAGNOSIS OF NEURODYNAMIC DISORDERS IN PERSONS WITH MENTAL RETARDATION BASED ON THE ANALYSIS OF BIOMECHANICS OF MOTOR ACTIONS

Daria V. Fedulova¹, PhD. biol. sciences, associate professor

¹Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Abstract. The article suggests a method for diagnosing neurodynamic disorders in children with mental retardation. Diagnostic protocols and evaluation criteria are developed according to the point system. Considering that in individuals of this nosological group, changes in coordination abilities are observed more often than other motor disorders, this assessment will allow differentiating the area of visible changes and determining the direction of correction work.



Keywords: mental retardation, neurodynamic disorders, balancing exercises, biomechanics of walking

For citation: Fedulova, D. V. Diagnostics of neurodynamic disorders in persons with mental retardation based on the analysis of biomechanics of motor actions / D. V. Fedulova // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 324-330.

Нейродинамические нарушения — это модально-неспецифические расстройства, сопровождающие широкий спектр неврологической патологии у детей, связанные с дисфункцией подкорковых и корковых отделов головного мозга [1].

У лиц с умственной отсталостью нарушено взаимодействие в коре больших полушарий мозга, моторных зон, что, исходя из анатомических особенностей, приводит к сложностям к формированию произвольных движений, к их координированию и сохранности экономичности работы опорно-двигательного аппарата.

Больше всего сложности вызывает формирование афферентных импульсов, которое при кольцевом взаимодействии между корой головного мозга и двигательным аппаратом выявляет сложность в приспособлении к движению и перестройки двигательной реакции в зависимости от получаемых результатов.

На сегодняшний день именно нарушение двигательной координации считается главным расстройством двигательной сферы детей с интеллектуальной недостаточностью.

Предлагается разработать протоколы оценки координационных и локомоторных нарушений, по которым можно было бы диагностировать уровень управления движением и состояние моторной сферы у детей с умственной отсталостью.

Тестирования:

1. Координационные тесты: тест Ромберга, ходьба по линии, тест звезда, наклон вперед на 1 ноге.

2. Локомоторные тесты: паттерн ходьбы

Критерии оценивания:

Тест Ромберга. Выполняется в нескольких вариациях: стоя на двух ногах с открытыми/закрытыми глазами (Исходное положение (И.п.) – стойка ноги вместе, руки перед собой); стоя на 1 ноге (И.п. – стойка на одной ноге, вторая отведена вбок и упирается в первую, руки перед собой),



с открытыми/закрытыми глазами (рис. 1). Необходимо удержать баланс 15 сек и более.

Таблица 1

Критерии	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
1	2	3	4	5
Устойчивость (через какой промежуток времени происходит пошатывание)	Менее 5 сек	5-10 сек	10-15 сек	Сохраняется более 15 сек
Величина дисбаланса	Сразу подставляет вторую ногу для опоры	Пошатывание верхней половиной туловища, ноги на месте	Незначительное отклонение с сохранением основной позы	Нет пошатывания
Тремор (пальцев, рук, ног, туловища)	Препятствует сохранению позы	Сильный	Незначительный	Нет

Тест Ходьба по линии (рис. 2). По оформленной линии необходимо пройти 10 шагов, ставя каждый последующий шаг к носку первой ноги. Стараться не выходить за линию.

Таблица 2

Критерии	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
Устойчивость туловища	Помогает руками вместе с наклоном туловища	Махи руками незначительные, верхняя пол. туловища отклоняется от центра для удержания баланса	Руки перед собой, наблюдается только пошатывание туловищем	Сохранение баланса при передвижении
Количество шагов без выступов	5 и менее	6-7	8	10
Средний уровень выступа, см	Более 5 см	3-4 см	1-2 см	Не выходит за линию



Тест звезда (рис.3). Стоя на одной ноге, задача - выполнить поочередное скольжение второй ногой по линиям, сохраняя баланс. Тест выполняется отдельно на правой и левой нижней конечности.

Таблица 3

Критерии	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
1	2	3	4	5
Устойчивость (общее пошатывание)	Не может сохранить положение, отрывает вторую ногу	Пошатывание верхней половиной туловища, ноги на месте	Незначительное отклонение при движении ноги с сохранением основной позы	Нет пошатывания
Способность сохранить равномерное движение	Стопа выходит более, чем на 5 см	3-4 см	1-2 см	Не выходит за линию
Количество траекторий без ошибок	0-1	2-4	5-6	7-8

Тест Наклон вперед (рис.4). Стоя на одной ноге, необходимо выполнить наклон вперед 10 раз и коснуться противоположной рукой пола. Вторую ногу при этом поднять вверх, спину стараться сохранять прямой. Тест выполняется отдельно на правой и левой нижней конечности.

Таблица 4

Критерии	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
1	2	3	4	5
Устойчивость (общее пошатывание)	Не может сохранить положение, сразу подставляет вторую ногу	Пошатывание верхней половиной туловища, стоит на 1 ноге	Незначительное отклонение с сохранением основной позы.	Нет пошатывания
В какой части упражнения происходит дисбаланс	Сразу подставляет вторую ногу для опоры	Пошатывание при наклоне или внизу во второй части теста	Пошатывание при выпрямлении в третьей части	Нет пошатывания
Количество выполненных траекторий без ошибок	0-1	2-5	6-8	9-10



Рисунок 1 – Тест Ромберга на 1 ноге.



Рисунок 2 – Тест Ходьба по линии.



Рисунок 3 – Тест Звезда.



Рисунок. 4 – Тест Наклон вперед

Протокол оценки локомоторных нарушений формируется, исходя из оценки объема движений в суставах нижних конечностей при совершении акта ходьбы в его различные фазы (табл.1).

Амплитуда работы верхней части туловища зависит от темпа ходьбы, здоровья позвоночника, нарушений осанки и от уровня нервно-мышечных связей.



Таблица 1 – Амплитуда движений в суставах при ходьбе [2].

Опорная фаза					
Суставы	Начальный контакт	Конец нагрузочного ответа	Конец середины опоры	Конец окончания опоры	Конец переноса
Тазобедренный	30° сгибания	25° сгибания	0°	10-20° разгибания	0°
Коленный	0°	15° сгибания	5° сгибания	0°	15-40° сгибания
Голеностопный	0°	15° подошв. сгибания	5-10° тыльн. сгибания	0° тыльн. сгибания	20° подошв. сгибания
Пальцы (суставы МТП)	0°	0°	0°	30° разгибания	50-60° разгибания
Фаза переноса					
Суставы	Конец начального сгибания		Конец середины переноса		Конец окончания переноса
Тазобедренный	20° сгибания		30° сгибания		30° сгибания
Коленный	60° сгибания		30° сгибания		0°
Голеностопный	10° подошв. сгибания		0°		0°

Данные тесты позволят выявить степень управления движениями организма, согласованность работы между контролирующими и исполняющими органами, а также нарушения в автоматизированном двигательном акте ходьбы у детей с умственной отсталостью.

© Федулова Д. В., 2022

Список источников

1. Немедикаментозная коррекция нейродинамических и регуляторных нарушений у детей с последствиями гипоксически-ишемического поражения центральной нервной системы / С. Б. Бережанская, Н. Н. Вострых, А. Н. Голота [и др.] // Медицинский вестник Юга России. – 2020. — Т.11, №1. – С. 27-33

2. Нейматов Э. М. Настольная книга остеопата. Основы биомеханики движения тела / Э. М. Нейматов, С. Л. Сабинин. – Москва : Медицинское информационное агентство, 2012. – 480 с.

References

1. Non-drug correction of neurodynamic and regulatory disorders in children with the consequences of hypoxic-ischemic lesions of the central nervous system / S. B. Berezhanskaya, N. N. Vostrykh, A. N. Golota [et al.] // Medical Bulletin of the South of Russia. – 2020. -- Vol.11, No. 1. – pp. 27-33

2. Neymatov E. M. The osteopath's handbook. Fundamentals of biomechanics of body movement / E. M. Neymatov, S. L. Sabinin. – Moscow : Medical Information Agency, 2012. – 480 p.



УДК 796.88.012

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ СИЛОВЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЫВКА ШТАНГИ

Александр Николаевич Фураев¹, канд. пед. наук, профессор

¹Московская государственная академия физической культуры, Малаховка, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы оперативного регулирования тяжелоатлетами показателей динамограммы рывка штанги. Отмечаются особенности сочетаний показателей динамограммы успешного регулирования и их связь с фазовым делением рывка штанги.

Ключевые слова: Регулирование биомеханическими показателями, рывок штанги, фазовое деление рывка штанги

Для цитирования: Фураев, А. Н. Некоторые закономерности регулирования силовыми показателями при выполнении рывка штанги / А. Н. Фураев // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 331-338.

SOME COMMON FACTORS OF REGULATION BY POWER INDICATORS WHILE PERFORMING A BAR SNATCH

Alexander N. Furaev¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Professor

¹Moscow State Academy of Physical Culture, p. Malakhovka, Russia

Abstract. The article deals with the issues of operational regulation by weightlifters of the barbell snatch dynamogram indicators. The features of combinations of indicators of the dynamogram of successful regulation and their connection with the phase division of the jerk are noted.

Keywords: Regulation by biomechanical indicators, snatch of the barbell, phase division of the snatch of the barbell

For citation: Furaev, A. N. Some regularities of regulation by power indicators when performing a barbell jerk / A. N. Furaev // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November



24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 331-338.

Актуальность. Использование в сфере физической культуры и спорта технических средств, обеспечивающих сбор и обработку данных о результатах двигательной деятельности занимающегося, уже не является чем-то необычным. Как правило, построены эти технические средства на базе микропроцессорной техники, а их характер функционирования близок к работе пользователя с информационной системой. Известно, что эффективность использования любой информационной системы во многом определяется тем, насколько объект, получающий данную информацию, способен её переработать, принять правильное решение и реализовать его. Применительно к информационной системе для области спорта, это значит - иметь представление, насколько спортсмен сможет переработать предлагаемую ему информацию и выполнить те рекомендации, которые ему предлагаются. Создавая информационную систему для оперативного контроля и коррекции техники выполнения тяжелоатлетических упражнений, необходимо было ответить и на вопросы, выходящие за рамки чисто технических [3]. Среди них, например, такой: как тяжелоатлет может управлять силовыми параметрами выполняемого упражнения [2]. Обусловлено это тем, что способность управления ими для тяжелоатлетов является одной из ведущих.

С этой целью был организован специальный эксперимент, в котором приняли участие 33 тяжелоатлета, имеющие квалификации от третьего разряда до мастеров спорта. Спортсмены выполняли рывок штанги на динамометрической платформе ПД-3. Регистрация проводилась на нескольких тренировках, на которых регистрировалась вертикальная составляющая опорной реакции рывка штанги каждого из подъёмов с помощью специально разработанного инструментального комплекса. На каждой тренировке спортсмен выполнял с 80% весом от максимального на данном этапе 7 подходов, по два подъёма за подход. После каждого подъёма штанги инструментальный комплекс, являвшийся по сути автоматизированной системой экспресс-анализа биомеханических показателей, автоматически выделял экстремумы на динамограмме рывка штанги: F1; F2 и F3 (рисунок 1) [1]. По итогам каждой тренировки по каждому из этих показателей рассчитывалось среднее значение и стандартное отклонение.

На первой тренировке информация спортсмену не предоставлялась, а рассчитанные среднее и стандартное отклонение брались в качестве ориентира для следующих тренировок.

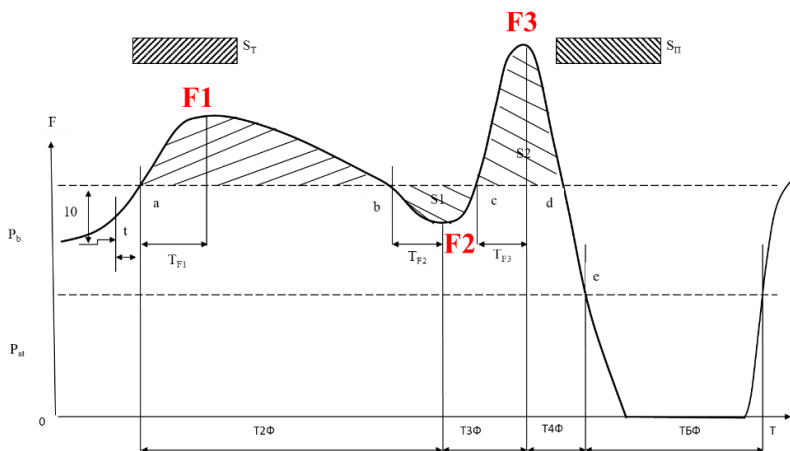


Рисунок 1 – Динамограмма рывка штанги с выделяемыми показателями $F1$; $F2$ и $F3$.

Начиная со второй тренировки, каждому спортсмену в качестве ориентировочных величин для показателей $F1$; $F2$ и $F3$ предлагалось его же среднее значение, рассчитанное по этим показателям после первой тренировки. Перед тяжелоатлетом ставилась задача, как можно точнее воспроизвести средние величины по каждому из экстремумов динамограммы в каждом из подъёмов. Для этого после каждого подъёма штанги на экран выводилась следующая информация: должное значение (норма), фактически зарегистрированная величина показателя (факт) и рассогласование между ними (отклонение) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Вариант представления информации на экране монитора для регулирования показателей $F1$; $F2$ и $F3$.



Когда ставится задача поддержания некоторого параметра в определённом диапазоне, то обычно такое управление называется регулированием. Оценка эффективности такого вида управления обычно осуществляется по степени отклонения от заданной величины регулируемого показателя. Для этого в системах управления используют показатель дисперсии (σ^2).

Чтобы оценить общую тенденцию изменения варьирования данных в анализируемых показателях от тренировки к тренировке, у каждого из атлетов рассчитывалась усреднённая дисперсия за тренировку по всем трём показателям. По этим значениям определялась обобщённая дисперсия от тренировки к тренировке по данным всех спортсменов. На рисунке 30 представлен график изменения усреднённой величины стандартного отклонения за время проведения эксперимента.

Чтобы оценить изменения в варьирования данных в анализируемых показателях от тренировки к тренировке, у каждого из атлетов рассчитывалась дисперсия за тренировку отдельно как по каждому из показателей F1; F2 и F3, так и усреднённая по всем трём показателям. На рисунке 3 представлен график изменения усреднённой величины стандартного отклонения для всех спортсменов по тренировкам по всем трём показателям.

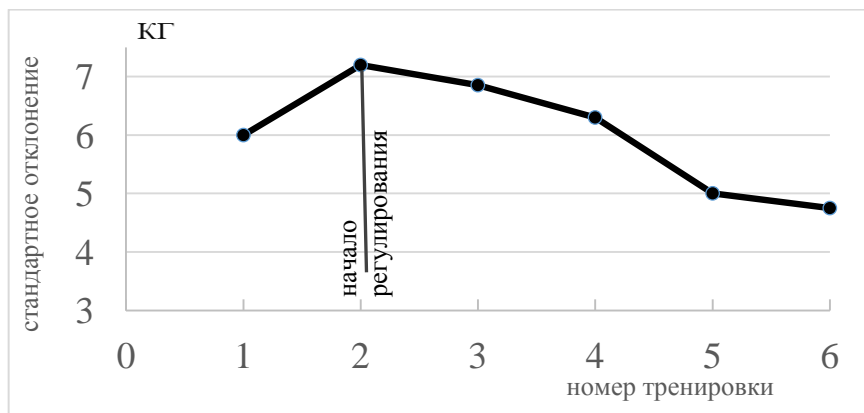


Рисунок 3 –Динамика изменений обобщённых усреднённых величин стандартных отклонений от тренировки к тренировке.

Опираясь на представленные на графике данные, можно заключить, что после введения оперативного регулирования биомеханическими



показателями величина отклонения от установленных норм резко возрастает ($p < 0,05$). Впоследствии от тренировки к тренировке усреднённая величина отклонения уменьшается. Примерно такой же характер изменения отклонений от заданных норм отмечается отдельно по рассматриваемым показателям динамограммы. При этом необходимо отметить, что обычно спортсмен пытается воздействовать на показатель в начале упражнения F1, а уже потом в конце выполнения рывка штанги - F2 и F3. Анализ динамики изменения стандартных отклонений показателей F1; F2; F3 показал, что в среднем достигаются статистически значимые или близкие к ним уменьшения значений дисперсий по отношению к первой тренировке в экстремуме F1 наступает, как правило, на 3-4-ой тренировке (среднее 3,2), а F2 и F3 – на 4-5-ой тренировках (средние 4,3 и 4,8 соответственно).

Организация проведённого эксперимента по оперативному регулированию показателями динамограммы F1; F2 и F3 позволила не только отследить динамику изменений их разброса от тренировки к тренировке, но и проанализировать характер сочетаний этих изменений, происходящих в рассматриваемых показателях одновременно. Логика наших рассуждений была следующей. Величина дисперсии (стандартного отклонения) от тренировки к тренировке изменяется. Она либо возрастает по отношению к предыдущей тренировке, либо уменьшается. При трёх показателях (F1; F2; F3), когда возможно либо увеличение (знак «+»), либо уменьшение дисперсии (знаком «-») каждого из них, возможны 8 различных вариантов таких сочетаний. Они представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Возможные варианты сочетаний изменения дисперсий от тренировки к тренировке в показателях F1; F2; F3.

показатель	Номер сочетания изменения дисперсии							
	1	2	3	4	5	6	7	8
F1	+	+	-	-	+	-	+	-
F2	-	+	+	-	+	-	-	+
F3	-	+	+	-	-	+	+	-

Если предположить, что вероятность регистрации каждого из представленных сочетаний примерно одинакова, то она будет равна $1/8$ (0,125). Такое предположение означает, что все рассмотренные сочетания изменений дисперсий должны встречаться примерно одинаковое количество раз. То есть должно наблюдаться равновероятностное (равномерное) распределение.



Это предположение означает, что спортсмен использует для управления все показатели и их сочетания примерно с одинаковой. Иными словами, ни одно из них не имеет преимущество перед остальными сочетаниями. Сопоставление такой теоретической модели распределения вероятностей наблюдения различных сочетаний с реально зарегистрированными значениями приведено на рисунке 4.

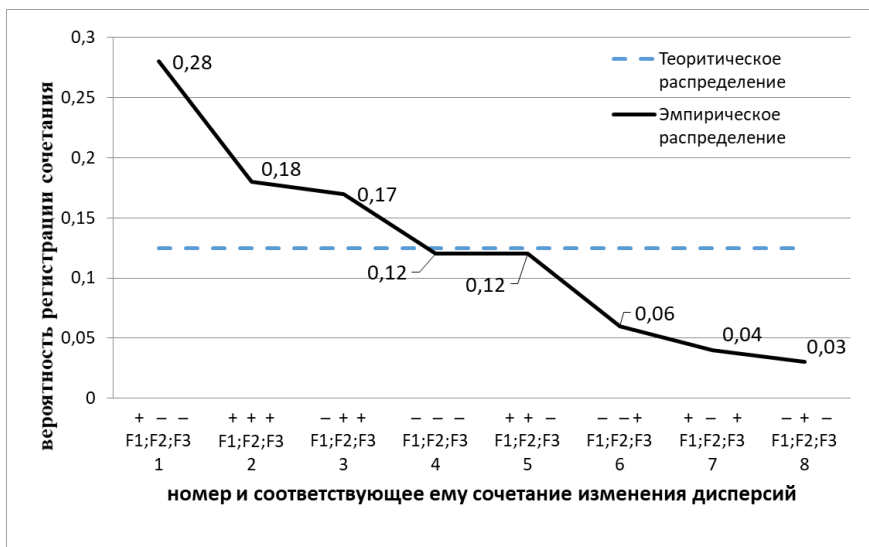


Рисунок 4 – Сравнение теоретического распределения вероятностей сочетаний изменений дисперсий в показателях F1; F2; F3 с результатами, наблюдаемыми в эксперименте.

Из представленных на диаграмме графиков видно, что вероятность наблюдения первых трёх вариантов сочетаний изменения дисперсий в регулируемых показателях (0,28; 0,18; 0,17, соответственно) явно превышают величины, предсказываемые моделью (0,125). Сочетания 4 и 5 по частоте встречаемости (0,12) практически совпадают с модельной. Варианты сочетаний 6, 7 и 8 существенно меньше по частоте регистрации, чем это описывается гипотезой равновероятной модели.

Сравнение теоретической модели распределения вариантов изменения дисперсий с зарегистрированной – эмпирической, с помощью критерия χ^2 показало, что эти два распределения статистически достоверно различаются на уровне значимости $p < 0,01$ ($\chi^2 = 17,526$). Следовательно, с



высокой долей вероятности можно утверждать, что тяжелоатлеты значительно чаще используют для регулирования динамическими показателями варианты сочетаний 1, 2 и 3, и значительно реже другие сочетания 6, 7, 8.

Приведённые данные указывают на наличие определённой взаимосвязи между сочетаниями успешного регулирования параметрами и принятой в настоящее время структурой фазового деления рывка. В соответствии с этим делением, показатель F1 относится к началу второй фазы первого периода тяги. Показатели F2 и F3 относятся, соответственно, к началу третьей и четвёртой фаз второго периода – подрыва.

Из представленных данных видно, что наиболее часто спортсмены успешно регулируют динамическими параметрами рывка (уменьшение дисперсии показателя), когда сами регулируемые показатели относятся к одному периоду фазового деления упражнения. Либо к первому – показатель F1, сочетание № 3, либо ко второму – показатели F2 и F3, сочетание № 1.

К этой же группе успешно регулируемых сочетаний можно отнести и сочетание № 4, когда спортсмену удастся успешно регулировать сразу все три показателя (F1; F2 и F3). Частота наблюдения данного варианта сочетаний фактически совпадает с теоретически предсказанной моделью.

Необходимо подчеркнуть, что другие варианты успешного регулирования встречаются значительно реже. Даже в том случае, если спортсмен пытается регулировать только один показатель – вариант сочетания № 5, регулирование показателя F3 и вариант сочетания № 7 с попыткой регулирования показателя F2, это ему практически не удаётся сделать. В обоих случаях не зафиксировано ни одного успешного регулирования.

Подводя итоги представленного педагогического эксперимента по оценке возможности тяжелоатлетами оперативно регулировать экстремумами динамограммы рывка штанги F1; F2 и F3, следует отметить следующее:

Выводы:

- для успешной коррекции биомеханических показателей целесообразно одновременно предлагать спортсмену исправлять не более двух показателей, в отдельных случаях – три;
- предлагаемая спортсмену информация по коррекции показателей должна соотноситься с принятым фазовым делением рывка штанги. Одновременно корректируемые биомеханические показатели должны относиться к одному периоду упражнения;



- точность рекомендаций по коррекции силовых показателей динамических показателей у тяжелоатлетов должны находиться в диапазоне не менее, чем 2-3 кг.

© Фураев А. Н., 2022

Список источников

1. Фролов, В. И. Критерии технического мастерства тяжелоатлета / В. И. Фролов, С. И. Леликов, Н. П. Левшунов // Теория и практика физической культуры. – 1978. - № 3. – С. 17-19.
2. Фураев, А. Н. Оценка способности тяжелоатлетов к оперативному регулированию динамическими параметрами рывка / А. Н. Фураев // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 19–21 ноября 2014 года / Московская государственная академия физической культуры. – Москва: Московская государственная академия физической культуры, 2014. – С. 114-119.
3. Фураев, А. Н. Теоретические и методологические особенности компьютерного контроля и коррекции спортивной техники : монография / А. Н. Фураев ; Московская государственная академия физической культуры. – Малаховка : МГАФК, 2021. - 212 с.

References

1. Frolov, V. I. Criteria of technical skill of a weightlifter / V. I. Frolov, S. I. Lelikov, N. P. Levshunov // Theory and practice of physical culture. - 1978. - No. 3. – pp. 17-19.
2. Furaev, A. N. Assessment of the ability of weightlifters to operative regulation by dynamic parameters of the jerk / A. N. Furaev // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, November 19-21, 2014 / Moscow State Academy of Physical Culture. – Moscow: Moscow State Academy of Physical Culture, 2014. – pp. 114-119.
3. Furaev, A. N. Theoretical and methodological features of computer control and correction of sports equipment : monograph / A. N. Furaev ; Moscow State Academy of Physical Culture. – Malakhovka : MGAFC, 2021. - 212 p.



УДК 796.012

БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА

Аскар Зуфарович Халимов¹, студент

Айгуль Аминовна Юнусова², тренер-преподаватель

^{1,2}Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А. Н. Туполева, г. Казань, Россия

Аннотация. В данной статье рассматриваются области науки о движении человека, где современная наука и технология интегрированы с анатомией, мышечной физиологией и электромиографией для оценки и понимания движений человека. Акцент делается на динамические движения и живые данные. Представлен широкий спектр методов измерения и анализа, предназначенный для тех, кто заинтересован в количественных оценках более высокого уровня.

Ключевые слова: мышца, движение, сила, анализ, система, сегмент, модель, момент, сигнал

Для цитирования: Халимов, А. З. Биомеханика двигательного аппарата человека / А. З. Халимов, А. А. Юнусова // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 339-344.

BIOMECHANICS OF THE HUMAN MOTOR SYSTEM

Askar Z. Halimov¹, student

Aigul A. Yunusova², trainer-teacher

^{1,2} Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev,
Kazan, Russia

Abstract. This article examines the fields of human movement science, where modern science and technology are integrated with anatomy, muscular physiology and electromyography to evaluate and understand human movements. The emphasis is on dynamic movements and live data. A wide range of measurement and analysis methods is presented, designed for those who are interested in higher-level quantitative assessments.



Keywords: muscle, movement, force, analysis, system, segment, model, moment, signal

For citation: Halimov, A. Z. Biomechanics of the human motor apparatus / A. Z. Halimov, A. A. Yunusova // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 339-344.

Цель. Цель данной статьи состоит в том, чтобы заполнить пробел в области науки о движении человека, где современная наука и технология интегрированы с анатомией, мышечной физиологией и электромиографией для оценки и понимания движений человека.

Введение. Лучший способ обозначить объем любого научного текста — это описать затронутые темы. В этом тексте биомеханика движений человека определяется как механика и биофизика скелетно-мышечной системы, поскольку она относится к выполнению любого двигательного навыка. Нервная система также задействована, но она ограничивается электромиографией и ее связью с механикой мышц. Переменные, используемые при описании и анализе любого движения, можно разделить на следующие категории: кинематика, кинетика, антропометрия, мышечная механика и электромиография. Далее следует краткое изложение этих переменных и того, как они взаимодействуют друг с другом.

Результаты исследования. Практически все переменные, которые мы измеряем или анализируем, приходят к нам во временной области: ЭМГ, силы, смещения, ускорения, энергии, мощности, моменты и так далее. Таким образом, они являются сигналами и должны рассматриваться как любой другой сигнал. Мы можем анализировать их частотный состав, оцифровывать, фильтровать, а также коррелировать или усреднять их формы сигналов. Основываясь на характеристиках их сигналов, мы можем принимать решения относительно частоты дискретизации, минимальной длины файлов данных и частот среза фильтра. Кроме того, существуют методы корреляции и ковариации, которые позволяют нам исследовать более сложные паттерны общей моторики конечностей и всего тела.

Кинематические переменные участвуют в описании движения независимо от сил, вызывающих это движение. К ним относятся линейные и угловые перемещения, скорости и ускорения. Данные смещения берутся из любого анатомического ориентира: центра тяжести сегментов тела, центров вращения суставов, крайних точек сегментов конечностей или ключевых анатомических выступов. Пространственная система отсчета может быть как относительной, так и абсолютной. Первая требует, чтобы



все координаты сообщались относительно анатомической системы координат, которая меняется от сегмента к сегменту. Абсолютная система означает, что координаты относятся к внешней пространственной системе отсчета. То же самое относится и к угловым данным. Относительные углы означают углы суставов; абсолютные углы относятся к внешней пространственной привязке. Например, в двумерной (2D) системе горизонталь вправо равна 0° , а против часовой стрелки — положительное угловое смещение. Основные понятия кинематики преподаются на двухмерной основе в одной плоскости. Все кинематические переменные смещения и вращения являются векторами. Однако в любом заданном направлении или вращении они считаются скалярными сигналами и могут обрабатываться и анализироваться как таковые. В трехмерном (3D) анализе мы добавляем дополнительное направление вектора, но теперь у нас есть три плоскости для анализа. Каждый сегмент в 3D-анализе имеет свою собственную систему координат; таким образом, трехмерная ориентация плоскостей для одного сегмента не обязательно совпадает с ориентацией соседних сегментов.

Общий термин, данный силам, вызывающим движение, — кинетика. Включаются как внутренние, так и внешние силы. Внутренние силы возникают из-за активности мышц, связок или трения в мышцах и суставах. Внешние силы исходят от земли или внешних нагрузок, от активных тел (например, те силы, которые прилагает игрок, выполняющий захват в футболе), или от пассивных источников (например, сопротивление ветра). Можно проводить широкий спектр кинетических анализов. Моменты силы, создаваемые мышцами, пересекающими сустав, механическая энергия, поступающая к тем же мышцам или от них, и энергетические изменения тела, возникающие в результате этого потока мощности, — все это считается частью кинетики. Именно здесь делается основной акцент, потому что именно в кинетике мы действительно можем понять причину движения и, следовательно, получить некоторое представление о задействованных механизмах, а также о стратегиях движения. Большая часть будущего биомеханики связана с кинетическим анализом, потому что существующая информация позволяет нам делать очень точные оценки и интерпретации. Как и в случае с кинематикой, все основные кинетические концепции будут подробно рассмотрены в 2D-анализе. Трехмерный анализ добавляет дополнительный вектор силы в глобальную систему отсчета (GRS), но из-за двух дополнительных плоскостей появляется два дополнительных вектора моментов. Методы трехмерного анализа значительно сложнее; однако в любой из этих трех плоскостей интерпретация такая же, как и в 2D-анализе.



Многие из более ранних анатомических исследований, включающих измерения тела и конечностей, не представляли интереса для биомеханики. Однако построить биомеханическую модель невозможно без данных о массах сегментов конечностей, расположении центров масс, длинах сегментов, центрах вращения, углах натяжения мышц, массе и площади поперечного сечения мышц, моментах инерции и так далее. Точность любого анализа зависит как от качества и полноты антропометрических измерений, так и от кинематики и кинетики.

Одна совокупность знаний, не включенная ни в одну из предыдущих категорий, — это механические характеристики самой мышцы. Как зависит его натяжение от длины и скорости? Каковы пассивные характеристики мышц — масса, эластичность и вязкость? Каковы различные характеристики суставов? Каковы преимущества двусуставных мышц? Каковы различия в активности мышц при удлинении и укорочении? Как рекрутирование нейронов влияет на мышечное напряжение? Какие математические модели лучше всего соответствуют мышце? Как мы можем вычислить центр вращения сустава? Окончательная оценка множества движений не может игнорировать влияние активных и пассивных характеристик мышц, а также пассивную роль суставных поверхностей в стабилизации суставов и ограничении объема движений.

Нейронный контроль движения нельзя отделить от самого движения, и в электромиограмме (ЭМГ) мы имеем информацию о конечном управляющем сигнале каждой мышцы. ЭМГ является основным сигналом для описания входа в мышечную систему. Он дает информацию о том, какая мышца или мышцы отвечают за мышечный момент или имеет место антагонистическая активность. Из-за взаимосвязи между ЭМГ мышцы и ее напряжением возник ряд биомеханических моделей. ЭМГ также содержит информацию о рекрутировании различных типов мышечных волокон и состоянии усталости мышц.

Большая часть биомеханического моделирования включает использование обратных решений для прогнозирования таких переменных, как силы реакции, моменты силы, механическая энергия и мощность, ни одна из которых не может быть непосредственно измерена у человека. Обратное этому анализу называется синтезом, который предполагает аналогичную биомеханическую модель, и с использованием предполагаемых моментов силы (или мышечных сил) в качестве силовых функций прогнозируется кинематика. Конечная цель после того, как будет разработана валидная модель, состоит в том, чтобы задать вопрос: «Что произойдет, если?» Только благодаря такому моделированию мы можем делать прогнозы, которые невозможно создать в естественных условиях в эксперименте на людях. Влияние аномальных двигательных паттернов



можно предсказать, и теперь дверь открыта для определения оптимальных двигательных паттернов. Хотя синтез имеет большой потенциальный выигрыш, полезность таких моделей на сегодняшний день была очень низкой и ограничивалась очень простыми движениями. Основная проблема заключается в том, что предложенные модели не очень точны; им не хватает правильных антропометрических показателей и степеней свободы, чтобы сделать их прогнозы очень полезными. Однако из-за его потенциальной отдачи важно, чтобы студенты ознакомились с процессом в надежде, что полезные модели будут развиваться в результате того, чему мы учимся на наших небольших успехах и крупных ошибках.

© Халимов А. З., Юнусова А. А., 2022

Список источников

1. Бернштейн, Н. А. Координация и регуляция движений / Н. А. Бернштейн. - Оксфорд: Пергамское издательство, 1967. - 196 с.

2. Ханнеман, Э. Отношения между структурой и функцией в дизайне скелетных мышц / Э. Хеннеман, К. Б. Олсон // Журнал нейрофизиологии. - 1965. - № 28. - С. 581-598.

3. Winter, D. A. Общий принцип поддержки нижних конечностей во время фазы стойки походки / D. A. Winter // Journal of Applied Biomechanics. - 1980. - № 13. - С. 923-927.

Winter, D. A. Kinematic and Kinetic Patterns in Human Походки: Изменчивость и компенсирующие эффекты / D. A. Winter // Human Movement Science. - 1984. - № 3. - С. 51-76.

5. Winter, D. A. Биомеханика нормальной и патологической походки: Последствия для понимания управления двигателями человека / D. A. Winter // The Journal of Motor Behavior. - 1989. - № 21. - С. 337-355.

References

1. Bernstein, N. A. The Coordination and Regulation of Movements / N. A. Bernstein. - Oxford: Pergaman Press, 1967. - 196 p.

2. Henneman, E. Relations between Structure and Function in the Design of Skeletal Muscle / E. Henneman, C. B. Olson // Journal of Neurophysiology. - 1965. - № 28. - pp. 581-598.

3. Winter, D. A. Overall Principle of Lower Limb Support during Stance Phase of Gait / D. A. Winter // Journal of Applied Biomechanics. - 1980. - № 13. - pp. 923-927.



4. Winter, D. A. Kinematic and Kinetic Patterns in Human Gait: Variability and Compensating Effects / D. A. Winter // Human Movement Science. - 1984. - № 3. - pp. 51–76.

5. Winter, D. A. Biomechanics of Normal and Pathological Gait: Implications for Understanding Human Locomotor Control / D. A. Winter // The Journal of Motor Behavior. - 1989. - № 21. - pp. 337–355.



УДК 796.886:004

ОЦЕНКА АСИММЕТРИЧНОСТИ РЫВКА И ПОДЪЕМА ШТАНГИ НА ГРУДЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СКОРОСТНОЙ 3D СЪЕМКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Леонид Александрович Хасин ¹, канд. пед. наук, доцент

Андрей Леонидович Дроздов ², старший научный сотрудник

^{1,2}Московская государственная академия физической культуры, п. Малаховка, Россия

Аннотация. Представлены результаты анализа и оценивания асимметрии движения штанги для упражнений рывок и подъем штанги на грудь. Сделаны оценки поворотов на примере выполнения рывка МС Л-ой и подъема штанги на грудь КМС Х-ым. Рассчитаны пространственно-временные, кинематические и динамические характеристики движения концов грифа штанги и центров пакетов блинов.

Ключевые слова: анализ техники тяжелоатлетов, скоростная видеосъемка, математическое моделирование, рывок, подъем штанги на грудь

Для цитирования: Хасин, Л. А. Оценка асимметричности рывка и подъема штанги на грудь по результатам скоростной 3D съемки и математического моделирования / Л. А. Хасин, А. Л. Дроздов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 345-351.

EVALUATION OF THE ASYMMETRY OF THE SNATCH AND CLEAN BASED ON THE RESULTS OF HIGH-SPEED 3D SHOOTING AND MATHEMATICAL MODELING

Leonid A. Khasin ¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Andrey L. Drozdov ², Senior Researcher

^{1,2}Moscow State Academy of Physical Culture, p. Malakhovka, Russia

Abstract. The results of the analysis and evaluation of the asymmetry of the movement of the barbell for the snatch and the clean exercises are presented. Estimates of turns were made on the example of performing a snatch of MS L-th and clean of CMS X-th. Spatio-temporal, kinematic and dynamic characteristics



of the movement of the ends of the barbell and the centers of disks packs are calculated.

Keywords: analysis of weightlifter technique, high-speed video recording, mathematical modeling, jerk, lifting of the bar on the chest

For citation: Khasin, L. A. Evaluation of the asymmetry of the jerk and lifting of the barbell on the chest based on the results of high-speed 3D shooting and mathematical modeling / L. A. Khasin, A. L. Drozdov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 345-351.

Асимметрия рывка, подъема штанги на грудь и толчка от груди приводит к снижению эффективности выполнения упражнения и даже может даже быть причиной неуспешности подхода. Для анализа асимметрии необходимо рассчитывать характеристики движения штанги, осуществлять визуализацию движения спортсмена и устанавливать соответствие между характеристиками движения и видеорядом. Для этого использовалась комплексная методика [1-3]. Для регистрации движений проводилась скоростная 3D видеосъемка четырьмя камерами. Две камеры располагались с торцов, одна в фас, одна под углом.

Рассмотрим рывок штанги весом 60 кг, выполненный МС Л-ой, весовая категория 59 кг. Как видно из рис. 1, правый конец поднялся на максимальную высоту 1,06 м, а левый на – 1,11 м. Разность высот составила 0,05 м, что означает поворот грифа против часовой стрелки в момент достижения максимальной высоты подъема штанги. Максимальная разность высот концов грифа достигается в момент фиксации штанги, она составляет 0,063 м, что соответствует наклону 1,8 градуса.

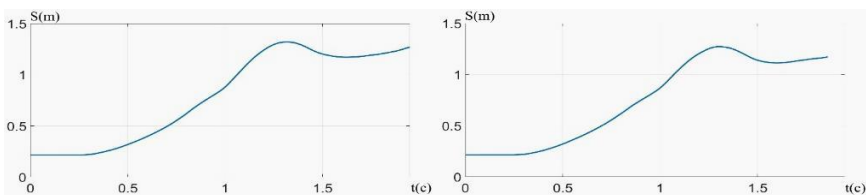


Рисунок 1 – Л-а 60 кг. Графики вертикальных координат левого (слева) и правого (справа) концов грифа.

Разность вертикальных координат концов грифа (рис. 2) незначительна ($< 0,006$ м) до момента времени 0,616 с от момента отрыва штанги от помоста, а далее начинает расти. Указанный момент времени



соответствует середине фазы амортизации (рис. 4). Причиной роста разницы может служить изменение баланса сил, приложенных к левому и правому пакетам блинов. Сравнивая локальные максимумы этих сил перед началом фазы амортизации, получаем, что для правого блина он составляет 371 Н, а для левого 438 Н.

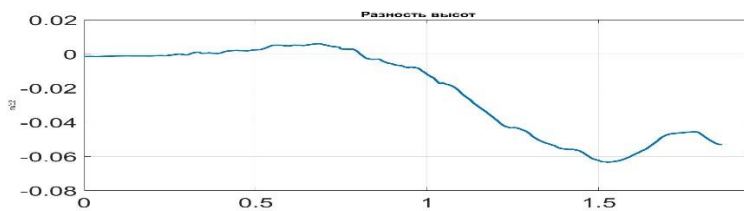


Рисунок 2 – Л-а 60 кг. Разность вертикальных координат правого и левого концов грифа.

Горизонтальные координаты правого и левого концов грифа различаются в большей степени. Разность горизонтальных координат (рис 3) при уходе спортсменки в сед достигает 0,12 м, что означает поворот на 3,12 градуса. Разность горизонтальных координат правого и левого концов грифа до момента времени 0,98 с не превышает 0,01 м. После этого момента разность возрастает до фиксации в седе (рис. 5). Просмотр последовательности отснятых видеок кадров показывает, что этот момент времени соответствует окончанию взаимодействия грифа штанги с бедрами (рис. 6). Максимальные значения вертикальных составляющих сил, приложенных к правому и левому блинам составляют 780 Н и 654 Н соответственно.

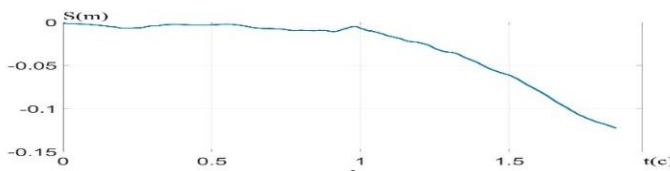


Рисунок 3 – Л-а 60 кг. Разность горизонтальных координат правого и левого концов грифа.



Рисунок 4 – Л-а 60 кг. Поза спортсменки в фазе амортизации.



Рисунок 5 – Л-а 60 кг. Фиксация в седе.



Рисунок 6 – Л-а 60 кг. Поза спортсменки при взаимодействии штанги с бедрами.

Перейдем к рассмотрению выполнения упражнения подъем штанги на грудь, вес 125 кг, выполненное Х-ым (КМС весовая категория до 86 кг). На рис. 7 приведен график разности вертикальных координат правого и левого концов грифа. Отрицательная величина разности соответствует повороту по часовой стрелке, положительная – против. После отрыва штанги от помоста поворот по часовой продолжается до момента $t = 1,068$ с окончания безопорной фазы, (рис 9). Максимальное значение разности координат – $-0,07$ м. С момента начала вставания до фиксации штанги на груди происходит поворот в обратную сторону. Разность координат достигает величины $0,04$ м.

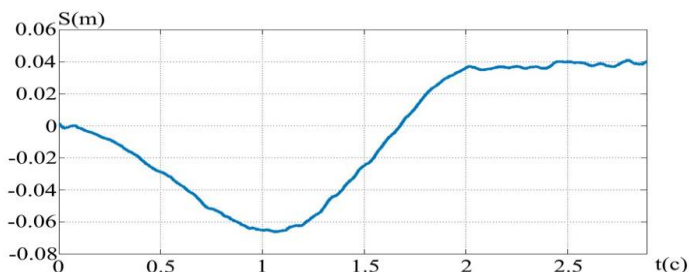


Рисунок 7 – X-ев 125 кг. График разности вертикальных координат концов грифа.

На рисунке 8 приведен график разности горизонтальных координат правого и левого концов грифа. Отрицательные значения разности соответствуют повороту грифа по часовой стрелке (вид сверху). Начиная от отрыва штанги от помоста, разность отрицательна и монотонно возрастает по модулю. Вращение продолжается до момента $t = 2,536$ с фиксации штанги на груди (рис. 10). Пиковые значения горизонтальных сил, приложенных к левому и правому пакетам блинов, равны 584 и 439 N соответственно.

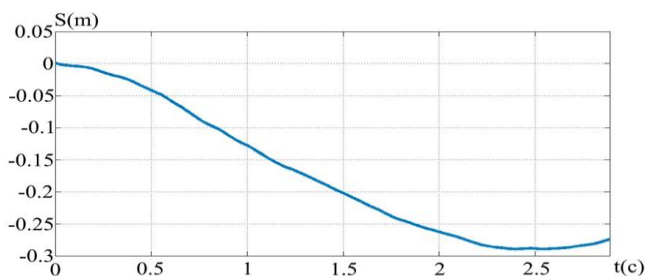


Рисунок 8 – X-ев 125 кг. График разности горизонтальных координат концов грифа.



Рисунок 9 – X-ев 125 кг. Кадры с позой спортсмена в момент окончания безопорной фазы



Рисунок 10 – X-ев 125 кг. Кадры с позой спортсмена в момент фиксации в седе.

Повороты, рассчитанные в рывке и толчке подтверждаются визуализацией движения спортсмена и штанги. Возникновение поворотов может объясняться нестабильностью техники, несимметричностью хвата, не параллельностью штанги концам стоп до отрыва. Анализ индивидуальной техники, приведенный в статье показал, что в рывке возникновения поворота в вертикальной плоскости связано с несимметричностью «отбива» штанги бедрами, в горизонтальной плоскости поворот начинается в фазе амортизации. В подъеме на грудь критическим моментом изменения направления вертикального поворота является окончание безопорной фазы.

© Хасин Л. А., Дроздов А. Л., 2022

Список источников

1. Хасин, Л. А. Расчет горизонтальных сил, прикладываемых спортсменом к штанге, при выполнении рывка с применением скоростной



видеосъемки и математического моделирования / Л. А. Хасин, С. Б. Бурьян // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 6. – С. 29-31.

2. Хасин, Л. А. Методика расчета сил, прикладываемых спортсменом к штанге при выполнении толчка, использующая математическое моделирование и алгоритмы фильтрации / Л. А. Хасин, С. Б. Бурьян, А. Л. Дроздов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 1(167). – С. 307-312.

3. Хасин, Л. А. Фазовая структура и анализ техники подъема штанги на грудь по результатам скоростной 3d съемки и математического моделирования / Л. А. Хасин, А. Л. Дроздов // Теория и практика физической культуры. – 2022. – № 11. – С. 46-48.

References

1. Khasin, L. A. Calculation of horizontal forces applied by an athlete to a barbell when performing a jerk using high-speed videography and mathematical modeling / L. A. Khasin, S. B. Buryan // Theory and practice of physical culture. – 2019. – No. 6. – pp. 29-31.

2. Khasin, L. A. Methodology for calculating the forces applied by an athlete to the barbell when performing a push using mathematical modeling and filtering algorithms / L. A. Khasin, S. B. Buryan, A. L. Drozdov // Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University. – 2019. – No. 1(167). – Pp. 307-312.

3. Khasin, L. A. Phase structure and analysis of the technique of lifting a barbell on the chest according to the results of high-speed 3d shooting and mathematical modeling / L. A. Khasin, A. L. Drozdov // Theory and practice of physical culture. – 2022. – No. 11. – pp. 46-48.



УДК 796.88.012

ОЦЕНИВАНИЕ ВАРИАТИВНОСТИ ТЕХНИКИ РЫВКА И ТОЛЧКА ШТАНГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ

Леонид Александрович Хасин¹, канд. пед. наук, доцент

Андрей Михайлович Подточилин², инженер

Татьяна Дмитриевна Аткишкина³, научный сотрудник

^{1,2,3}Московская государственная академия физической культуры, п.
Малаховка, Россия

Аннотация. Проведен сравнительный анализ техники рывка и толчка спортсменов высокой квалификации, выступавших в одной весовой категории, рассматривалось выполнение безопорной фазы. Сравнивались лучшие подходы двух пар спортсменов – чемпионов и серебряных призеров ЧЕ 2021 г. в рывке, весовая категория до 89 кг, и толчке, весовая категория до 81 кг. Скорость видеосъемки – 250 к/с. Выявлены существенные различия биомеханических характеристик безопорной фазы. Визуально представлены различия положений спортсмена и штанги на границах фазы.

Ключевые слова: тяжелоатлеты высокой квалификации, фазовая структура, анализ техники, вариативность техники, безопорная фаза

Для цитирования: Хасин, Л. А. Оценка вариативности техники рывка и толчка штанги с использованием визуализации движения / Л. А. Хасин, А. М. Подточилин, Т. Д. Аткишкина // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фуряев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 352-358.

EVALUATION OF THE SNATCH AND CLEAN AND JERK TECHNIQUE VARIABILITY WITH THE USE OF MOVEMENT VISUALIZATION

Leonid A. Khasin¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Andrey M. Podtochilin², engineer

Tatiana D. Atkishkin³, Researcher

^{1,2,3}Moscow State Academy of Physical Culture, Malakhovka village, Russia



Abstract. A comparative analysis of the snatch and clean and jerk techniques of highly qualified athletes performing in the same weight category was carried out. The implementation of the unsupported phase was considered. The best approaches of two pairs of athletes were compared - champions and silver medalists of the European Championship 2021 in the snatch, weight category up to 89 kg, and clean and jerk, weight category up to 81 kg. Video filming was carried out at a speed of 250 fps. The differences in the positions of the athlete and the barbell at the phase boundaries are visually presented.

Keywords: high-qualified weightlifters, phase structure, technical analysis, variability of technique, unsupported phase

For citation: Khasin, L. A. Evaluation of the variability of the technique of jerk and push of the barbell using motion visualization / L. A. Khasin, A.M. Podtochilin, T. D. Atkishkina // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 352-358.

Введение. При оценивании вариативности техники в научно-методической литературе использовались пространственно-временные, кинематические и динамические характеристики, длительности фаз и других элементов. В НИИТ МГАФК разработана комплексная методика анализа техники, позволяющая не только более точно измерять биомеханические характеристики, но и осуществлять визуализацию движения, то есть с дискретностью, задаваемой скоростью съемки, в данном случае с дискретностью 0,004 с, устанавливать соответствие между биомеханическими характеристиками и положением спортсмена и штанги. Это дополнительная информация, которая позволяет значительно улучшить качество анализа.

В настоящей статье изучалась техника выполнения безопорной фазы рывка и толчка штанги от груди.

Актуальность. При анализе вариативности оцениваются биомеханические характеристики техники, осуществляется синхронизация этих характеристик с видеорядом. Это дает возможность получить подробный рисунок выполнения упражнения, связанный со значениями биомеханических характеристик движения.

Цель. Разработка методики оценивания вариативности тяжелоатлетических упражнений на примере безопорной фазы.

Оценивалась техника спортсменов – победителей ЧЕ 2021: чемпиона и серебряного призера в рывке, далее – атлет 1 и атлет 2, и чемпиона и серебряного призера в толчке, далее – атлет 3 и атлет 4.



Методы исследования. Математические методы обработки данных. Программное обеспечение для расчета биомеханических характеристик [1] и визуализации движения спортсмена и штанги.

Рассмотрим выполнение безопорной фазы в рывке. На рисунке 1 представлена максимальная группировка спортсменов в безопорной фазе.

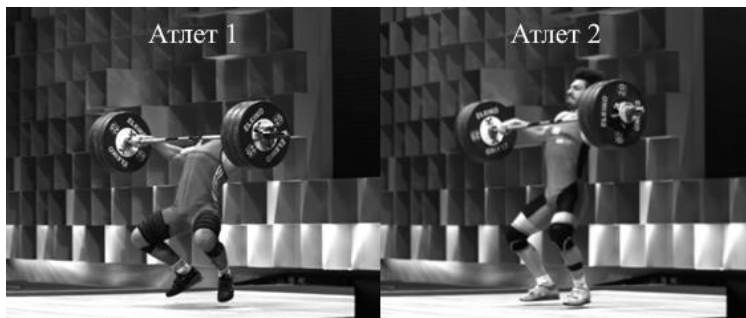


Рисунок 1 – Максимальная группировка атлет 1 (слева) и атлета 2 (справа) в безопорной фазе.

Сравним позы спортсменов. Атлет 1 сильно откинулся назад и сгруппировался, углы в коленных суставах у него меньше, чем у атлета 2. Мы видим, что штанга у атлета 1 располагается относительно тела выше, чем у атлета 2, что способствует выпрямлению рук [2]. Максимальная высота подлета штанги у первого спортсмена почти на 0,2 м меньше, чем у второго спортсмена. Более плотная группировка позволяет атлету 1 выпрямлять руки при меньшей высоте подлета штанги.

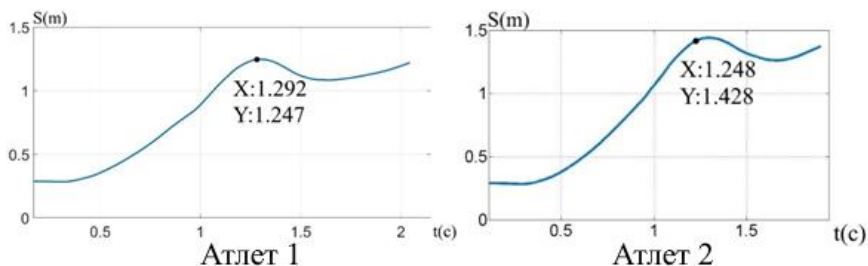


Рисунок 2 – Графики вертикального перемещения конца грифа штанги Слева – график атлета 1, справа – график атлета 2.



На рисунке 2 точками отмечена высота подлета штанги атлетов 1 и 2 в момент окончания безопорной фазы. У атлета 1 штанга практически поднялась на максимальную высоту, вертикальная скорость конца грифа близка к нулю. У атлета 2 в конце фазы вертикальная скорость конца грифа равна 0,54 м/с. На рисунке 3 представлены позы спортсменов в конце безопорной фазы. Эти позы существенно отличаются. У атлета 1 углы в голеностопных и коленных суставах меньше, чем у атлета 2, а углы в тазобедренных суставах, соответственно, больше. За счет более плотной группировки штанга относительно спортсмена у атлета 1 выше, чем у атлета 2.

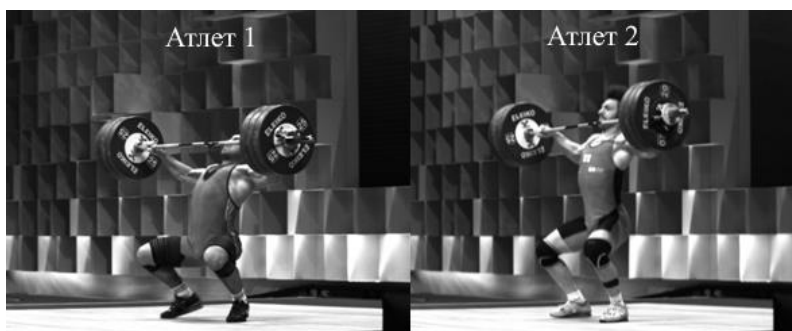


Рисунок 3 – Момент окончания безопорной фазы. Слева – атлет 1, справа – атлет 2.

Компактность позы атлета 1 способствует большей длительности безопорной фазы. Фазовая структура рывка атлетов представлена в таб. 1.

Таблица 1 – Фазовая структура рывка атлетов 1 и 2.

Фаза	Длительность фазы, с	
	Атлет 1	Атлет 2
Предварительный разгон	0,552	0,52
Фаза амортизации	0,084	0,12
Финальный разгон	0,136	0,116
Первый опорный подсед	0,036	0,088
Безопорная фаза	0,176	0,132
Второй опорный подсед (фиксация)	0,14	0,364



Рассмотрим безопорную фазу в толчке штанги от груди. Длительность этой фазы у атлета 3 вдвое меньше, чем у атлета 4 (таблица 2). На раскадровке, рисунок 4, представлены позы атлетов 3 и 4 в начале и в конце этой фазы. В начале фазы позы спортсменов похожи.

Таблица 2 – Длительность фаз при выполнении толчка штанги от груди.

Фаза	Длительность фазы, с	
	Атлет 3	Атлет 4
Полуприсед	0,564	0,564
Финальный разгон	0,264	0,308
Первый опорный подсед	0,076	0,068
Безопорная фаза	0,04	0,084
Второй опорный подсед (фиксация)	0,168	0,424

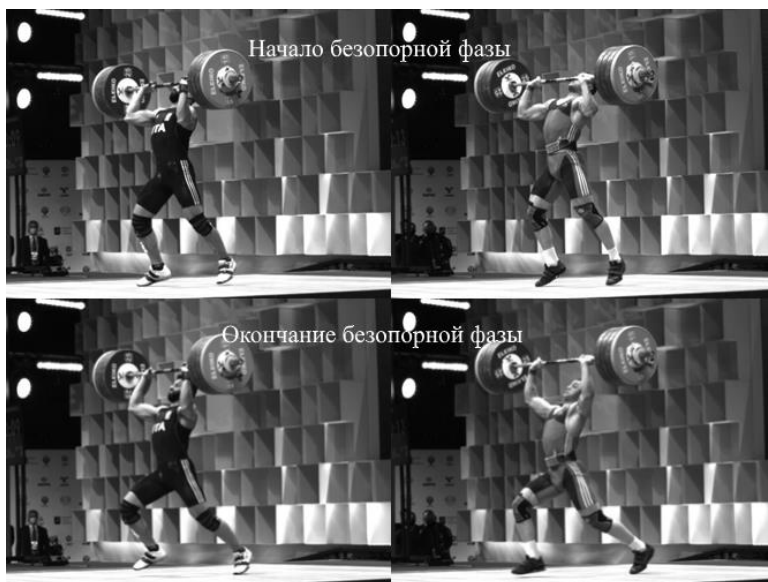


Рисунок 4 – Позы атлетов 3 и 4 в моменты начала и окончания безопорной фазы при выполнении толчка штанги от груди. Слева атлет 3, справа атлет 4.

В конце фазы штанга по отношению к спортсмену у атлета 4 выше, чем у атлета 3. Этот спортсмен шире ставит ноги в момент приземления в



ножницы. Как видно из графиков на рисунке 5 и таблицы 3, скорость конца грифа штанги в момент окончания безопорной фазы у атлета 3 вдвое больше, чем у атлета 4.

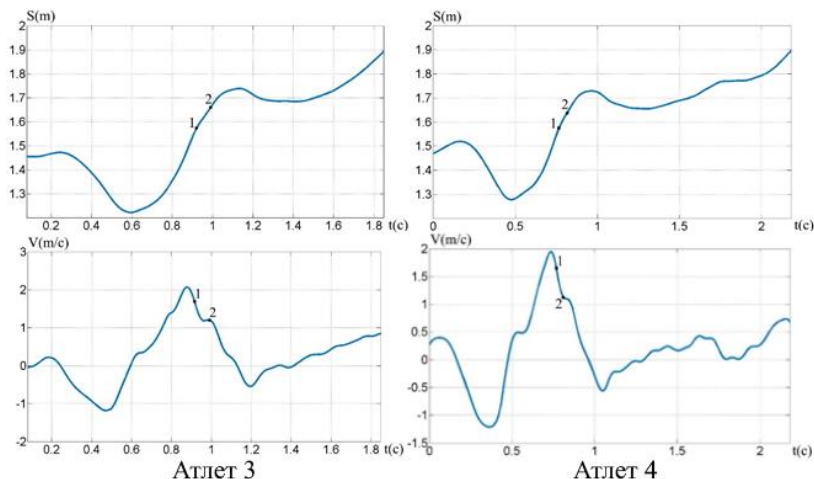


Рисунок 5 – Графики перемещения и скорости конца грифа штанги при выполнении толчка штанги от груди, слева атлет 3, справа – атлет 4. Точка 1 – начало безопорной фазы, точка 2 – окончание этой фазы.

Таблица 3 – Биомеханические характеристики движения конца грифа штанги на границах безопорной фазы при выполнении толчка штанги от груди.

	A(m/c ²)		V(m/c)		S(m)	
	Атлет 3	Атлет 4	Атлет 3	Атлет 4	Атлет 3	Атлет 4
Начало безопорной фазы	-2,769	-5,025	1,203	1,129	1,661	1,719
Окончание безопорной фазы	-13,06	-9,987	0,831	0,413	1,705	1,789

Закключение. Для оценивания вариативности рассматриваются не только биомеханические характеристики движения, но и визуализация движения спортсмена и штанги и позы спортсмена в различные моменты выполнения упражнений. Анализ техники выполнения безопорной фазы в рывке и толчке штанги от груди чемпионов и призеров ЧЕ 2021 показал



значительную вариативность характеристик фазы. На наш взгляд, полученные результаты ставят под сомнение целесообразность использования модельных характеристик при анализе техники спортсменов высокой квалификации и формировании рекомендаций.

© Хасин Л. А., Подточилин А. М., Аткишкина Т. Д., 2022

Список источников

1. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Расчет кинематических и динамических характеристик движения штанги / Л. А. Хасин, С. Б. Бурьян. - RU 2017613826 03.04.2017.

2. Хасин, Л. А. Техника выполнения рывка современными тяжелоатлетами / Л. А. Хасин // Теория и практика физической культуры. - 2022. - № 1 (1003). - С. 98-100.

References

1. Certificate of registration of the computer program. Calculation of kinematic and dynamic characteristics of the rod movement / L. A. Khasin, S. B. Buryan. - RU 2017613826 03.04.2017.

2. Khasin, L. A. Technique of performing a jerk by modern weightlifters / L. A. Khasin // Theory and practice of physical culture. - 2022. - № 1 (1003). - Pp. 98-100.



УДК 796.012

БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В СПОРТЕ

Сергей Сергеевич Хурбатов¹, преподаватель физической культуры и спорта

¹Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель, Беларусь

Аннотация. Обозначение базовых понятий о биомеханике человеческого тела, необходимых для понимания работы двигательного аппарата человека, и необходимость изучения данной дисциплины в парадигме педагогики. Осмотр силовых аспектов двигательного аппарата с целью формирования основных тезисов и норм спортивного воспитания. Актуальность биомеханики в современных реалиях и фактическое подтверждение передовыми исследованиями. А также основные задачи биомеханики.

Ключевые слова: биомеханика, спорт, эффективность двигательных действий, исследования, методы, задачи

Для цитирования: Хурбатов, С. С. Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте / С. С. Хурбатов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 359-368.

BIOMECHANICS OF MOTOR ACTIONS AND BIOMECHANICAL CONTROL IN SPORTS

Sergey S. Kurbatov¹, teacher of physical culture and sports

¹Francysk Skaryna Gomel State University, Gomel, Belarus

Abstract. The designation of the basic concepts of the biomechanics of the human body, necessary for understanding the work of the human motor apparatus, and the need to study this discipline in the paradigm of pedagogy. Examination of the power aspects of the motor apparatus in order to form the main theses and norms of sports education. The relevance of biomechanics in modern realities and the actual confirmation of advanced research. As well as the main tasks of biomechanics.



Keywords: biomechanics, sports, efficiency of motor actions, research, methods, tasks.

For citation: Kurbatov, S. S. Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports / S. S. Khurbatov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 359-368.

Введение.

Актуальность биомеханики в спорте как никогда высока в связи с частыми и большими мероприятиями этого направления, проводимыми в мире. Её целью становится повышение эффективности двигательных действий человека и снижение травматизма при выполнении базовых упражнений, новый взгляд на устоявшиеся движения человеческого тела.

Стоит отметить, что необходимым условием для жизни человека является именно взаимодействие живого организма с окружающей его средой, в чём непосредственно играет не последнюю роль двигательная деятельность. Письмо, ходьба, общение с другими людьми, разговор - всё это производное комплексной работы тела, и биомеханики, в частности. И именно она является организованным институтом для правильного физического воспитания.

Биомеханика как наука изучает свойства опорно-двигательного аппарата и двигательные действия человека с аспекта классической механики. Это смежная наука, возникшая на стыке двух дисциплин: биологии – науки, изучающей стороны жизни; и механики – науки о движении материальных тел, находящихся в постоянном взаимодействии с другими материальными телами. Первым человеком, увидевшим в биомеханике человеческого тела необходимую для изучения дисциплину, можно назвать Галена — анатома и врача, в чьих художественных и литературных трудах (более 400-от трактатов) можно увидеть самые ранние попытки освоения человеческого двигательного аппарата. Далее можно выделить таких деятелей, как Леонардо Да Винчи с его изобразительной и литературной фиксацией строения плеча, Джованни Альфонсо Борели с его работой «De motu Animalium» о работе мышечных тканей, а также Жюлема Маре, сумевшего разработать метод пневмографии — записи опорных реакций при помощи передачи давления воздуха.

Обладая данным конгломератом понятий, мы можем увидеть, что с течением времени актуализация биомеханических исследований только увеличивалась, а само понятие расширяло свои гарнизоны на новые и новые уровни, пускало корни в другие дисциплины. К таким относится: анатомия,



физика, физиология, химия и т.д.. И именно поэтому, оперируя новыми, передовыми исследованиями в этих и других областях, мы имеем право говорить о биомеханике в более глубоком ключе.

Потому начнём.

Биомеханика «Bios – жизнь, mēchanikē — механика» — это наука, изучающая структуру, функции и механические аспекты биологических систем на любом уровне с использованием методов классической механики.

Биомеханика физических упражнений — это учебная дисциплина, изучающая движения человека в ходе спортивных нарядов и движений, используемых в процессе обучения и совершенствования навыков движения.

Область изучения – механические и биомеханические причины движений, зависящие от них особенности двигательных действий в различных условиях.

Тело человека, будучи одним из сложнейших, с точки зрения механики, объектом, можно поделить на несколько «частей». А именно: на неподверженную деформации часть (скелет), изменяющих свою форму полостей (мышц, связок, суставов, сосудов). Оно сохраняет двуполярность всех позвоночных, двухстороннюю симметрию, наличие осевого скелета и парных органов.

Из этого следует, что тело - это многогранная структура, которую человек принимает как данность и нивелирует тонкие аспекты. Повышение эффективности двигательного движения — вот одна из главных целей биомеханики. Путь к этой цели является план-содержанием воплощения всех возможностей человеческого опорно-двигательного аппарата.

В биомеханике на основе законов механики производится анализ двигательных действий человека. Так, например, пользуясь физическим постулатом о сохранении энергии, мы можем оценить энергозатраты в мышцах при выполнении того или иного упражнения, движения. Будь оно бытовое, спортивное или трудовое. Даже третий закон Ньютона, гласивший: «Силы, с которыми действуют друг на друга два тела, всегда равны и направлены по одной прямой в противоположные стороны», нашёл отражение в биомеханике. Самый простой пример - удар по мячу: рука ударяет по мячу, а сила противодействия со стороны мяча действует на руку.

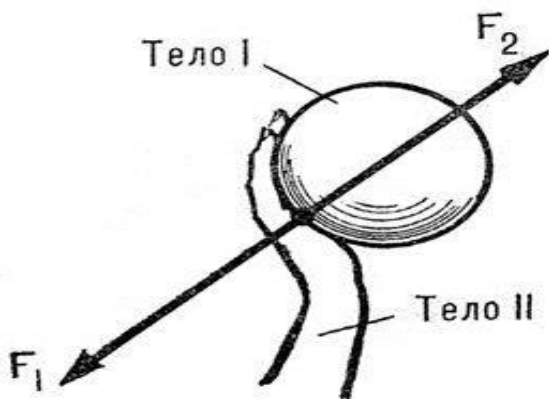


Рисунок 1 – Проявление третьего закона Ньютона в биомеханике
(В.А. Петров, Ю.А. Гагин, 1974).

Базируясь на основах биомеханики, педагог может рационализировать и сфабриковать необходимые для правильного спортивного развития элементы выполнения двигательных движений. Это способствует более качественному, быстрому продвижению учащегося в той или иной сфере спорта и минимизирует факт возможной травмы.

Таким образом, *первой задачей* биомеханики и преподавателя становится оценка двигательных движений спортсмена и поиск методов повышения эффективности этого движения. Нахождения оптимальных и нерациональных движений, их качественная реализация и естественное положение. Членение на отдельные, сегментные части и их тщательный анализ. Возьмём в пример боковые махи гантелей на средние дельты плеч. В примере, указанном на «рис. 2», мы видим правильную постановку рук, снижающую возможность травматизма плечевого сустава. На «рис. 3» сустав находится в неестественном положении, обтирается, руки не имеют параллельных линий с лопатками спины, что вкуче замедляет развитие спортсмена и повышает риск травмы.



Рисунок 2 – Оптимальное выполнение упражнения.

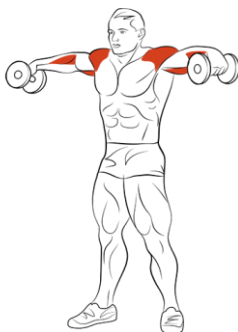


Рисунок 3 – Не рациональное выполнение упражнения.

Второй задачей биомеханики является разработка новых рабочих техник и всё та же оценка их эффективности. Сюда может входить любой вид спорта: выполнение приседа, при поднятии тяжестей (пауэрлифтинг), коньковый ход, прыжки в высоту или длину. Таким образом, была изобретена техника прыжка «Флоп», впервые продемонстрированная В. Фесбэри на Олимпийских играх в Мехико.

Третьей задачей является разработка самостоятельных тренажёров, строящихся на основе биомеханических законов. Данное направление открывает огромный фронт для развития культуры спорта и его совершенствования. Здесь можно отметить силовые тренажёры (рычажные и блочные), кардиотренажёры, имитирующие или заменяющие ту или иную деятельность (велотренажёры, тренажёры для гребли).

Четвертой задачей является улучшение и создание необходимого для спортсмена снаряжения, повышающего эффективность его движений. В частности, речь идёт об элементах специальной одежды, использующейся в большом и малом спорте.



Пятая задача биомеханики - наблюдение за существующими техниками исполнения упражнений и фиксация моментов, способных нанести травму спортсмену. Особенно это отражено в поднятии тяжестей, где тело человека становится крайне уязвимой конструкцией с множеством ослабленных точек.

Обладая понятиями о задачах интересующего направления, можно перейти к непосредственно методам его исследования. Их есть огромное множество, но мы акцентируем внимание на основных вариантах, делящихся на инструментальные и оптические. Так, например, на вооружении у специалистов для обработки результатов экспериментов есть определённые компьютерные программы. Они позволяют на основании видеосъёмки рассчитать траекторию, скорость и ускорение тела спортсмена.

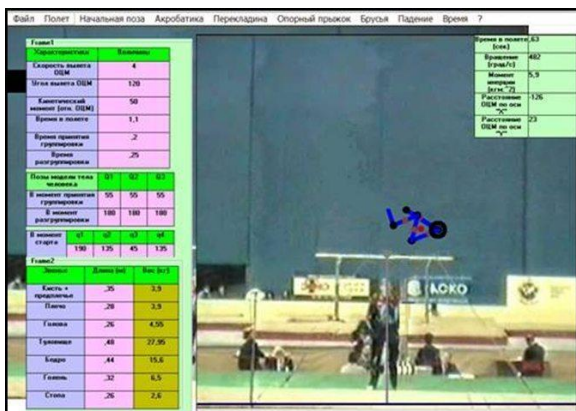


Рисунок 4 – Интерфейс компьютерной программы. (разработчик В.П. Аксенов).

Тот же метод, только с визуальным анализом, применялся и до разработки подобных программ. Первыми попытками фиксировать те или иные моменты в спорте была киносъёмка – оптический метод исследования. И если раньше для этого использовались дорогостоящие камеры, имеющих такт работы больше ста кадров в секунду, то сейчас принято использовать видеокамеры или оптоэлектронную циклографию, что значительно увеличивает КПД данной методики исследования.

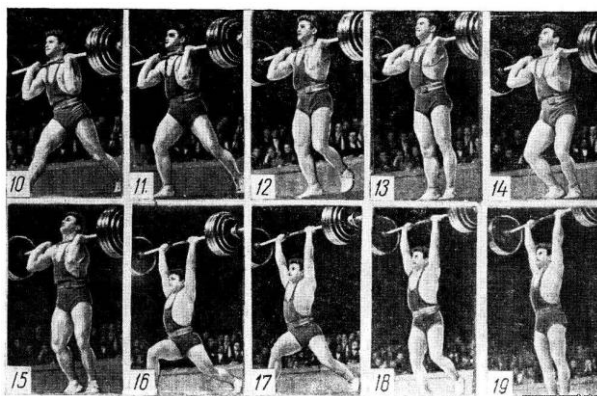


Рисунок 5 – Кинограмма толчка штанги.

Говоря о методах, нельзя не упомянуть *электромиографию* — инструментальный способ регистрации и анализа биоэлектрической активности мышц. Благодаря этому методу можно отследить время, в течение которого мышца была в возбуждённом состоянии, дать представление об общем уровне напряжения и силы наблюдаемой мышцы. Датчиками, считывающими необходимые активности, служат серебряные электроды диаметром не более 10мм.

Первым исследователем, который использовал в своей диссертации электрокимографическую методику, был А.С. Степанов (1957). В своей работе он полностью полагался на электрокимографический анализ при выполнении испытуемым штангистом основных соревновательных двигательных движений: толчок, рывок и жим.

Выделяя недостатки методики ЭМГ, можно сказать о небольшой точности измерений. Это обусловлено тем, что электрическая активность мышц и исследуемые элементы моторики спортсмена не линейны, что значительно усложняет получение качественных цифровых значений.

Спидография и акселерометрия. Ещё два метода исследования, позволяющих отследить скорость того же спортивного снаряда: грифа, гантели, гири.

Спидография — инструментальный метод регистрации скорости движущегося объекта, которым может быть как непосредственно спортсмен, так и сегмент иного рода. Для этого чаще всего используется спидограф А.В. Аблакова, принцип работы которого основан на считывании скорости вращательного движения фрикционного шкива тахометра, приводимого в движение леской или нитью, прикреплённой к



спортсмену. Минусом данного метода является наличие прямой связи между человеком и аппаратом, что может сковывать движения и вносить определённые погрешности.

Именно поэтому акцентируется внимание на методе *акселерометрии* — измерение скорости при помощи акселерометра или акселерографа. Имея малый вес и небольшие габариты, регистрирующий прибор прикрепляется непосредственно к телу спортсмена без какой-либо осязаемой механической связи с показывающим устройством. Ускорение воспринимается маятниковым устройством, где изменения в показателях возникают при отклонении маятника от положения равновесия. Основными регистрируемыми характеристиками являются: диапазон, предельная частота и измерений изменяемых ускорений.

Педагог или тренер, обладающий должной эрудицией в кондиции структур биомеханики, может рационализировать тренировку своего подопечного до максимальных значений; сократить время, затраченное на повышение спортивных показателей, и указать на практические ошибки выполнения упражнений; указать на неточности в технике или подсказать иную, более продуктивную. И если в игральном спорте (баскетбол, гандбол, волейбол, футбол) это носит просто важный характер, то в спорте с поднятием больших весов — просто фундаментальный, ибо от техники и правильной постановки приоритетов зависит здоровье человека.

Немалую роль биомеханика играет также и в легкоатлетических дисциплинах, вроде прыжков в высоту. В данном случае спортсмен, обладающий наиболее отточенной техникой, будет более вероятным претендентом на победу, нежели кто-то иной. К таким техникам можно отнести гимнастический прыжок, «ножницы», «волна», «перекат», «перекидной» и упомянутый уже сегодня «флоп», который прославил своего создателя Дика Фосбери новатором и позволил побить мировой рекорд по прыжкам в высоту. После, в 1980-е годы, его стиль использовали 13 из 16 финалистов, из чего можно сделать однозначные выводы.

Тоже можно сказать про плавание, где отлично раскрываются все задачи биомеханики, начиная от разработки всё новых и новых техник, заканчивая разработкой гидрокостюмов для реализации лучших характеристик при выступлении. Таким образом, в этой стези были разработаны четыре основных техники: король, брасс, баттерфляй и плавание на спине. Каждый из них уникален, и чтобы правильно преподать смысл их действия, тренеру необходимо понимать, за что отвечает каждое движение и какую роль играет в общей технике.

Если брать конкретные примеры, можно рассмотреть коллективное исследование Самсоновой А.В., Виноградова Г.П., Захарова, Ф.Е., Ночкина А.Н о «Влиянии технических приёмов «сведение лопаток» и «мост» на



механические характеристики движения штанги при выполнении жима штанги лёжа». Итоги данной работы позволили выявить, что движение штанги в положении «моста» и «сведенных лопаток» значительно повышают эффективность выжимного движения вверх и уменьшает значения механической работы путём лучшей фиксации грифа по вертикали. Выводы данного исследования указывают на два мелких нюанса, способных помочь спортсмену не только поднять большую цифру веса, но и лучше контролировать гриф в состоянии выжима.

Таким образом, можно понять, что биомеханика двигательных действий - неотъемлемая часть педагогического процесса. Она внедряется в саму структуру спортивного воспитания, будь то правильная группировка тела при падении или удержание грифа. Но главное - биомеханика является звеном, связующим теорию и практику, спорта и массовой физической культурой. Она служит огромному диапазону целей и исполняет множество задач, служащих для сохранения здоровья и времени спортсмена, а также формирование у него определенных энергостатических, эстетических и рефлекторных установок. А в связи с тем, что биомеханика тесно связала себя с другими науками, не пройдет и года, как появится её новое направление или движение, в изучении определённых законов, комплексных движений, причин и оценки движения как отдельных живых систем так и их частей.

© Хурбатов С. С., 2022

Список источников

1. Баранцев, С. А. Возрастная биомеханика основных видов движений школьников / С. А. Баранцев. – Москва : Советский спорт, 2014. - 304 с.
2. Евсеев, В. И. Биомеханика повреждений коленного сустава / В. И. Евсеев. - Москва : Русайнс, 2009. - 272 с.
3. Кашуба, В. А. Биомеханика осанки / В. А. Кашуба. - Москва : Советский спорт, 2003. - 280 с.
4. Курьсь, В. Н. Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения : учебное пособие / В. Н. Курьсь. - Москва : Советский спорт, 2013. - 368 с.
5. Парашин, В. Б. Биомеханика кровообращения : учебное пособие / В. Б. Парашин, Г. П. Иткин. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2005. - 224 с.
6. Полилов, А. Н. Биомеханика прочности волокнистых композитов / А. Н. Полилов. - Москва : Физматлит, 2018. - 328 с.
7. Попов, Г. И. Биомеханика : учебник для студентов высших учебных заведений / Г. И. Попов. - Москва : Академия, 2007. - 256 с.



8. Попов, Г. И. Биомеханика двигательной деятельности : учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Г. И. Попов, А. В. Самсонова. - Москва : ИЦ Академия, 2013. - 320 с.

9. Попов, Г. И. Биомеханика двигательной деятельности : учебник / Г. И. Попов. - Москва : Academia, 2018. - 88 с.

References

1. Barantsev, S. A. Age biomechanics of the main types of movements of schoolchildren / S. A. Barantsev. – Moscow : Soviet Sport, 2014. - 304 p.

2. Evseev, V. I. Biomechanics of knee joint injuries / V. I. Evseev. - Moscow : Rusains, 2009. - 272 p.

3. Kashuba, V. A. Biomechanics of posture / V. A. Kashuba. - Moscow : Soviet Sport, 2003. - 280 p.

4. Kurys, V. N. Biomechanics. Cognition of bodily-motor exercise: a textbook / V. N. Kurys. - Moscow : Soviet Sport, 2013. - 368 p.

5. Parashin, V. B. Biomechanics of blood circulation : textbook / V. B. Parashin, G. P. Itkin. - Moscow : Bauman Moscow State Technical University, 2005. - 224 p.

6. Polilov, A. N. Biomechanics of strength of fibrous composites / A. N. Polilov. - Moscow : Fizmatlit, 2018. - 328 p.

7. Popov, G. I. Biomechanics : textbook for students of higher educational institutions / G. I. Popov. - Moscow : Academy, 2007. - 256 p.

8. Popov, G. I. Biomechanics of motor activity : textbook for students of institutions of higher professional education / G. I. Popov, A.V. Samsonova. - Moscow : IC Academy, 2013. - 320 p.

9. Popov, G. I. Biomechanics of motor activity: textbook / G. I. Popov. - Moscow : Academia, 2018. - 88 p.



УДК 796.012:611.73

АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СИЛЫ МЫШЦ-СТАБИЛИЗАТОРОВ У ЗАНИМАЮЩИХСЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫМ ФИТНЕСОМ

Леонид Львович Ципин¹, *д-р пед. наук, профессор*

Федор Евгеньевич Захаров², *канд. пед. наук, доцент*

Максим Сергеевич Шориков³, *аспирант*

^{1,2,3}*Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрена проблема укрепления мышц-стабилизаторов у женщин зрелого возраста, занимающихся оздоровительным фитнесом. Посредством кластерного анализа установлено, что по показателю относительной силы основных мышц-стабилизаторов занимающиеся разделяются на три группы. Это позволяет осуществить подбор упражнений, направленных на укрепление мышц-стабилизаторов с учетом индивидуальных особенностей занимающихся в каждой из групп.

Ключевые слова: мышцы-стабилизаторы, относительная сила, фитнес, женщины зрелого возраста

Для цитирования: Ципин, Л. Л. Анализ относительной силы мышц-стабилизаторов у занимающихся оздоровительным фитнесом / Л. Л. Ципин, Ф. Е. Захаров, М. С. Шориков // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 369-375.

ANALYSIS OF THE RELATIVE STRENGTH OF STABILIZER MUSCLES IN HEALTH FITNESS PARTICIPANTS

Leonid L. Tsipin¹, *Doctor of Pedagogical Sciences, Professor*

Fedor E. Zakharov², *Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor*

Maxim S. Sharikov³, *PhD student*

^{1,2,3}*P.F. Lesgaft National State University of Physical Culture, Sports and Health, St. Petersburg, Russia*



Abstract. The article deals with the problem of strengthening stabilizing muscles in women of mature age involved in recreational fitness. Through cluster analysis, it was found that, according to the relative strength of the main stabilizing muscles, trainees are divided into three groups. This allows you to select exercises aimed at strengthening the stabilizing muscles, taking into account the individual characteristics of those involved in each of the groups.

Keywords: stabilizer muscles, relative strength, fitness, mature women

For citation: Tsipin, L. L. Analysis of the relative strength of stabilizer muscles in those engaged in wellness fitness / L. L. Tsipin, F. E. Zakharov, M. S. Shorikov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 369-375.

Введение. В последнее время при разработке методики оздоровительных занятий с различным контингентом занимающихся все большее внимание уделяется развитию мышц-стабилизаторов (мышц кора). Это объясняется тем, что мышцы-стабилизаторы имеют первостепенное значение в формировании осанки, и их недостаточное развитие может сопровождаться деструктивными изменениями в области спины [4, 10]. В случае значительных тренировочных нагрузок от состояния данных мышц зависит возможность показывать высокие спортивные результаты [2, 8, 9]. Чтобы оценить степень развития мышц-стабилизаторов для их последующей коррекции, необходимо знать абсолютную и относительную силу различных мышечных групп. Этот вопрос изучался для представителей различных видов спорта, в частности, легкой атлетики [6], спортивных игр [3], единоборств [7], гребли [1] и др. Однако, несмотря на общепринятое мнение о важности укрепления мышц-стабилизаторов, в отношении занимающихся оздоровительными физическими упражнениями количественные показатели степени развития отдельных мышц кора, как правило, не приводятся. С учетом широкого распространения фитнес-индустрии возникает необходимость проведения подобных исследований. Зная соотношение силы различных мышц, которое также носит название топографии силы, можно разделить занимающихся на группы, для которых должны быть подобраны специальные упражнения, направленно воздействующие на недостаточно развитые мышцы-стабилизаторы. Это актуально для разного контингента занимающихся, в том числе для женщин зрелого возраста, составляющих большое число посещающих фитнес-клубы [5].

Цель исследования состоит в анализе относительной силы мышц-



стабилизаторов у женщин 2-го периода зрелого возраста, занимающихся в фитнес-клубах.

Методы исследования. В эксперименте участвовали 20 женщин в возрасте 36–45 лет со стажем занятий фитнесом 1-8 лет. Измерялась абсолютная сила крупных мышц-стабилизаторов, осуществляющих сгибание и разгибание туловища, наклон туловища в сторону, сгибание, разгибание и отведение бедра: прямой и косых м. живота, подвздошно-поясничной м., трапецевидной м., квадратной м. поясницы, м. выпрямляющей позвоночник, прямой и двуглавой м. бедра, большой приводящей м., средней и малой ягодичных м. Измерение производилось с помощью электронного динамометра ДОР-3-5и с точностью до 0,3 Н. При измерениях угол между звеньями тела составлял 90°. В расчет принималось лучшее показание из трех попыток. В отличие от традиционной методики, при измерении силы с учетом специфики эксперимента, кроме положения стоя, использовались положения сидя и лежа на спине. С целью сопоставления силы мышц-стабилизаторов разных испытуемых рассчитывалась относительная сила мышц.

Так как у испытуемых наблюдались различные варианты соотношения силы мышц-стабилизаторов, занимающиеся разделялись по данному показателю на группы. Для этого был применен иерархический кластерный анализ. Стандартизирование переменных производилась с помощью Z-преобразования, кластеризация осуществлялась по методу межгрупповой связи, в качестве дистанционной меры был выбран квадрат Евклидова расстояния. Статистические расчёты выполнялись в пакете SPSS 27.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Кластерный анализ выявил, что по величине относительной силы мышц-стабилизаторов участники эксперимента разделились на три группы (рисунок 1). Видно, что в первую группу вошли 2 испытуемых, во вторую – 13, в третью – 5. Распределение испытуемых оказалось неравномерным, больше всего вошло во вторую группу.

Уровень развития мышц-стабилизаторов определялся посредством сравнения относительной силы мышц со средним значением по всем испытуемым. В первую, самую малочисленную, группу вошли испытуемые, показавшие для всех рассмотренных мышц результаты ниже среднего примерно на 55%, причем самые низкие значения относительной силы характерны для разгибателей бедра. В этой группе также самые низкие значения абсолютной силы мышц. Женщины, вошедшие в первую группу, отличаются небольшим стажем занятий фитнесом и нерегулярным посещением занятий.

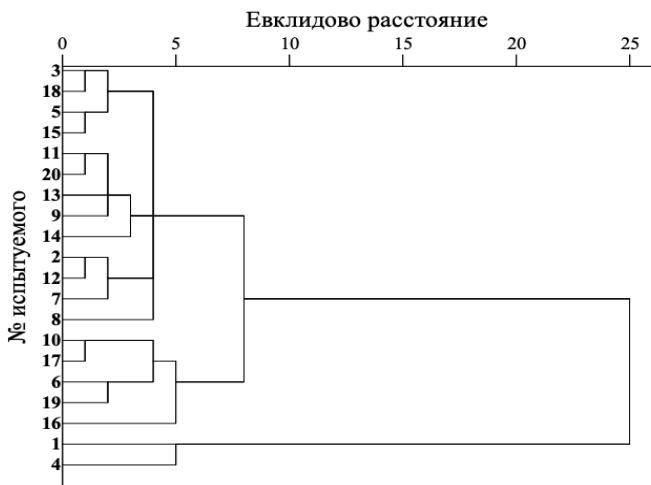


Рисунок 1 – Дендрограмма кластерного анализа относительной силы женщин 2-го периода зрелого возраста.

Во вторую, самую многочисленную группу, вошли испытуемые, у которых относительная сила мышц-стабилизаторов соответствует среднему значению или незначительно отличается от него. Отличия составляют не более 8% и характерны в основном для мышц сгибателей туловища.

У испытуемых третьей группы значения относительной силы всех мышц-стабилизаторов выше среднего. Женщины, входящие в эту группу, в основном имеют большой стаж занятий фитнесом, и некоторые из них ранее занимались спортом.

Из анализа полученных данных следует, что целесообразно индивидуально подходить к развитию силы и силовой выносливости мышц-стабилизаторов в процессе занятий оздоровительным фитнесом. Для тех, кто относится к первой группе, необходимо в большем объеме использовать упражнения, направленные на развитие всех основных мышц-стабилизаторов. Те же упражнения, но в меньшем объеме и с меньшей интенсивностью могут целенаправленно применяться во второй группе занимающихся, причем повышенное внимание следует обратить на развитие мышц сгибателей туловища. В третьей группе занимающихся развитие мышц-стабилизаторов должно осуществляться наравне с другими мышцами в рамках общей физической подготовки.



Чтобы распределить занимающихся по группам перед началом занятий, следует провести тестирование и расчет относительной силы мышц-стабилизаторов. Поскольку в результате кластерного анализа выяснилось, что в каждой группе испытуемых можно выделить мышцы, относительная сила которых в наибольшей степени отличается от среднего значения или равна ему, то силу именно этих мышц целесообразно использовать в качестве критерия разделения. К ним относятся сгибатели и разгибатели туловища, мышцы, наклоняющие туловище в сторону, и мышц разгибатели бедра. В современных фитнес-клубах проведение такого тестирования с использованием распространенных тренажеров, таких как глют-машина или пресс-машина, не представляет сложности.

Выводы. Женщины 2-го периода зрелого возраста, занимающиеся оздоровительным фитнесом, характеризуются различным соотношением относительной силы мышц-стабилизаторов. По данному показателю занимающихся следует разделять на группы, и в каждой из них использовать в разном объеме упражнения, направленные на укрепление определенных мышц туловища, верхних и нижних конечностей.

© Ципин Л. Л., Захаров Ф. Е., Шориков М. С., 2022

Список источников

1. Воронов, А. В. Влияние относительной силы мышц задней поверхности бедра на форму позвоночника высококвалифицированных спортсменов (на примере академической гребли) / А. В. Воронов, Т. Ф. Абрамова, Р. В. Малкин // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 4. – С. 27-34.
2. Григорьев, П. А. Тренировка мышц осевой мускулатуры (core) как средство начальной подготовки в фитнесе и спорте / П. А. Григорьев, Г. И. Семенова // Проблемы современного педагогического образования. – 2017. – № 57-10. – С. 126-134.
3. Кудряшов, Е. В. Показатели развития силовых качеств у баскетболисток массовых разрядов / Е. В. Кудряшов, Ю. А. Корепанова, Р. Р. Батыркаев // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2015. – Т. 10. – № 4. – С. 126-130.
4. Кужелева, М. С. Развитие мышц-стабилизаторов у девушек 18-25 лет, занимающихся силовым фитнесом / М. С. Кужелева, О. В. Ильичева, Я. В. Сираковская // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 10(164). – С. 163-168.



5. Сударь, В. В. Влияние групповых занятий фитнесом разной направленности на показатели физической подготовленности женщин второго периода зрелого возраста / В. В. Сударь, Л. С. Комнатная // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 8(198). – С. 298-302.

6. Сысоев, Ю. В. Топография и специфика развития максимальной, относительной силы мышц-сгибателей и разгибателей нижних конечностей и туловища у женщин-спринтеров различной спортивной квалификации / Ю. В. Сысоев, А. А. Федорива-Шпаер // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2017. – № 3(145). – С. 195-201.

7. Ципин, Л. Л. Топография силы как фактор выбора коронных приемов борцами греко-римского стиля / Л. Л. Ципин, Ф. Е. Захаров // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2011. – № 7(77). – С. 167-171.

8. Santana, J. C. The serape effect: A kinesiological model for core training // The strength conditioning journal. – 2003. – Vol. 25, Iss. 2. – P. 73-74.

9. Waldhelm, A. Assessment of core stability: developing practical models: doctoral dissertations / A. Waldhelm. - Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2011. – 139 p.

10. McGill, S. M. Core training: evidence translating to better performance and injury prevention // Strength and conditioning journal. – 2010. – Vol. 32. – pp. 33-46.

References

1. Voronov, A.V. The influence of the relative strength of the muscles of the posterior surface of the thigh on the shape of the spine of highly qualified athletes (on the example of academic rowing) / A.V. Voronov, T. F. Abramova, R. V. Malkin // Bulletin of Sports Science. - 2015. – No. 4. – pp. 27-34.

2. Grigoriev, P. A. Training of the muscles of the axial musculature (main) as a means of initial training in fitness and sports / P. A. Grigoriev, G. I. Semenova // Problems of modern pedagogical education. – 2017. – No. 57-10. – pp. 126-134.

3. Kudryashov, E. V. Indicators of the development of strength qualities in basketball players of mass categories / E. V. Kudryashov, Yu. A. Korepanova, R. R. Batyrkaev // Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports. - 2015. – Vol. 10. – No. 4. – pp. 126-130.

4. Kuzheleva, M. S. The development of stabilizer muscles in girls 18-25 years old engaged in strength fitness / M. S. Kuzheleva, O. V. Ilyicheva, Ya. V. Sirakovskaya // Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University. – 2018. – № 10(164). – Pp. 163-168.

5. Sudar, V. V. The influence of group fitness classes of different orientation on the indicators of physical fitness of women of the second period of



adulthood / V. V. Sudar, L. S. Room // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. – 2021. – № 8(198). – Pp. 298-302.

6. Sysoev, Yu. V. Topography and specifics of the development of the maximum, relative strength of the flexor and extensor muscles of the lower extremities and trunk in female sprinters of various sports qualifications / Yu. V. Sysoev, A. A. Fedoriva-Shpaer // Scientific notes of the University. P.F. Lesgaft. – 2017. – № 3(145). – Pp. 195-201.

7. Tsipin, L. L. Topography of power as a factor in the choice of crown techniques by Greco-Roman style wrestlers / L. L. Tsipin, F. E. Zakharov // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. – 2011. – № 7(77). – Pp. 167-171.

8. Santana, J. S. Serape effect: kinesiological model for basic training // Journal of strength training. - 2003. – Vol. 25, Issue 2. – pp. 73-74.

9. Waldhelm, A. Assessment of core stability: development of practical models: doctoral dissertations / A. Waldhelm. - Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2011. – 139 p.

10. McGill S. M. Basic training: factual data leading to performance improvement and injury prevention // Journal "Strength and conditioning". - 2010. – Vol. 32. – pp. 33-46.



УДК 796.88:612.816+612.73/.74

ОСНОВНЫЕ ОШИБКИ В ТЕХНИКЕ ТОЛЧКА У ЮНЫХ ТЯЖЕЛОАТЛЕТОВ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ

Анатолий Александрович Шалманов¹, *канд. пед. наук, профессор*
¹Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются критерии эффективности техники толчка в тяжелой атлетике и ее оценка у юных тяжелоатлетов на начальном этапе спортивной подготовке. Лучшие попытки в этом упражнении зарегистрированы у 24 атлетов во время соревнований с помощью билатеральной видеосъемки. Рассчитаны кинематические и динамические показатели движения ЦМ штанги и определены индивидуальные значения критериев эффективности техники. Выявлены наиболее типичные ошибки в технике и разработаны индивидуальные методические рекомендации по их исправлению.

Ключевые слова: Тяжелая атлетика, техническая подготовленность, биомеханический контроль

Для цитирования: Шалманов А. А. Основные ошибки в технике толчка у юных тяжелоатлетов на начальном этапе спортивной подготовки / Шалманов // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 376-383.

THE MAIN MISTAKES IN THE TECHNIQUE OF PUSHING YOUNG WEIGHTLIFTERS AT THE INITIAL STAGE OF SPORTS TRAINING

Anatoly A. Shalmanov¹, *Candidate of Pedagogical Sciences, Professor*
¹The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia

Abstract. The article discusses the criteria for the effectiveness of the push technique in weightlifting and its evaluation in young weightlifters at the initial stage of sports training. The best attempts in this exercise were registered in 24 athletes during the competition using bilateral video recording. The kinematic and dynamic indicators of the movement of the CM barbell are calculated and the individual values of the criteria for the effectiveness of the technique are



determined. The most typical errors in technique have been identified and individual methodological recommendations for their correction have been developed.

Keywords: Weightlifting, technical fitness, biomechanical control

For citation: Shalmanov A. A. The main mistakes in the technique of pushing young weightlifters at the initial stage of sports training / Shalmanov // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 376-383.

Введение. Основная задача тренера на начальном этапе спортивной подготовки заключается в формировании правильной (рациональной) техники классических тяжелоатлетических упражнений. Важность решения этой задачи обусловлена тем, что сформированный у спортсмена навык при многократном повторении движений автоматизируется, и в дальнейшем его трудно, а порой и невозможно изменить. Среди тренеров бытует мнение, что спортсмена легче научить, чем переучить. Отсюда важно с самого начала занятий тем или иным видом спорта определить наиболее типичные ошибки в технике соревновательных упражнений и разработать рекомендации по их исправлению.

Цель исследования – определить основные ошибки в толчке у юных тяжелоатлетов на начальном этапе спортивной подготовки и разработать индивидуальные методические рекомендации по их исправлению.

Методика и результаты исследования. В эксперименте приняли участие юные тяжелоатлеты (24 человека), выступавшие на соревнованиях «Олимпийские надежды» в УОР №2 г. Москвы. Средние возраст спортсменов – $11,2 \pm 0,6$ лет, масса тела – $42,3 \pm 6,4$ кг, длина тела – $153 \pm 9,8$ см, результат в толчке – $47,3 \pm 10,1$ кг.

Билатеральная видеосъемка проводилась фотокамерами Cannon-EOS80D с частотой 50 кадров в секунду. Видеокамеры располагались с двух сторон от тяжелоатлетического помоста на высоте 1,1 м. На торцах грифа штанги закреплялись маркеры, на основе которых рассчитывали кинематические и динамические характеристики движения ЦМ штанги.

Для оценки технического мастерства тяжелоатлетов были использованы ранее выявленные нами [1. 2. 3] частные критерии эффективности техники, средние величины которых представлены в таблице 1.



Таблица 1 – Частные критерии эффективности техники при подъеме штанги на грудь в толчке

Название критерия	Среднее арифм.	Стандарт. откл.
Отн. высота ЦМ штанги в начале фазы финального разгона	28,3	$\pm 4,1$
Отн. максимум высоты ЦМ штанги после подрыва (%)	54,5	$\pm 2,4$
Отн. горизонтальное перемещение наивысшей точки траектории ЦМ штанги (%)	0	$\pm 0,1$
Максимум вертикальной скорости в фазе финального разгона (м/с)	1,60	$\pm 0,16$
Уменьшение вертикальной скорости в переходной фазе (м/с)	0,22	$\pm 0,33$
Максимум горизонтальной скорости в фазе финального разгона (м/с)	0,46	$\pm 0,22$

Наряду с частными, определяли обобщенные критерии реализационной эффективности техники при подъеме штанги на грудь и при выталкивании штанги от груди.

При подъеме штанги на грудь критерий (КЭ1) определялся по уравнению регрессии между максимальной вертикальной мощностью, которую развивают спортсмены в фазе финального разгона, и результатом в этом упражнении. Если результаты атлетов, которые были показаны во время соревнований, больше рассчитанных по уравнению регрессии, то их техника оценивается эффективнее среднего уровня и наоборот. Коэффициент корреляции между рассматриваемыми показателями равен 0,75 ($p < 0.05$).

Анализ корреляционных зависимостей частных критериев с обобщенным критерием реализационной эффективности техники говорит о том, что техничных спортсменов отличает более экономичное выполнение упражнения (таблица 2). Об этом свидетельствует отрицательная корреляция максимальной относительной высоты подъема штанги после подрыва (-0,48) и максимума вертикальной скорости штанги в конце финального разгона (-0,80) с КЭ1.

Взаимосвязь частных критериев между собой выявила два критерия значимо коррелирующих друг с другом. Это максимальная горизонтальная скорость штанги в финальном разгоне и горизонтальное перемещение наивысшей точки подъема снаряда (0,62). Иными словами, большая горизонтальная скорость штанги, направленная вперед от тела спортсмена,



приводит к более выраженному движению штанги «вверх-вперед», что нерационально.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции обобщенного критерия (КЭ1) эффективности техники при подъеме штанги на грудь с частными критериями эффективности техники у юных тяжелоатлетов.

Название показателя	КЭ1
Относительная высота штанги в начале финального разгона	0,29
Относительная максимальная высота штанги	-0,48
Относительное горизонтальное перемещение штанги при максимуме высоты подъема	-0,08
Максимум вертикальной скорости в финальном разгоне	-0,80
Уменьшение вертикальной скорости в переходной фазе	-0,26
Максимум горизонтальной скорости в переходной фазе	-0,01

Частные критерии эффективности техники при выталкивании штанги от груди в толчке представлены в таблице 3. Как и в предыдущем случае, обобщенный критерий техники рассчитывался по уравнению регрессии между максимальной вертикальной мощностью при выталкивании снаряда и результатом в толчке. В этом случае величина коэффициента корреляции существенно больше (0,95).

Таблица 3 – Частные критерии эффективности техники при выталкивании штанги от груди в толчке.

Название критерия	Среднее арифм.	Стандарт. откл.
Отн. глубина подседания (%)	17,5	±2,9
Отн. высота выталкивания (%)	17,2	±1,8
Максимум скорости штанги во время подседания (м/с)	0,97	±0,16
Максимум скорости штанги во время выталкивания (м/с)	1,62	±0,12

Корреляция относительной высоты выталкивания (-0,46) и максимальной вертикальной скорости выталкивания штанги (-0,53) с обобщенным критерием техники свидетельствует о том, что техничных



спортсменов отличает более экономичное выполнение упражнения (таблица 4).

Таблица 4 – Корреляция обобщенного критерия (КЭЗ) эффективности техники при выталкивании штанги от груди с частными критериями эффективности техники у юных тяжелоатлетов

Название показателя	КЭЗ
Отн. глубина подседания при выталкивании штанги от груди (%)	-0,08
Отн. высота выталкивания штанги от груди (%)	-0,46
Максимум скорости штанги во время подседания (м/с)	0,02
Максимум скорости штанги во время выталкивания (м/с)	-0,53

На основе полученных данных были определены наиболее общие ошибки в технике толчка у юных тяжелоатлетов.

При подъеме штанги на грудь:

1. Направление подъема штанги нерациональное, т.е. ЦМ штанги двигается «вверх-вперед», а не «вверх-назад». При этом точка максимальной высоты подъема на траектории ЦМ штанги находится слева от вертикали, проведенной в момент отрыва штанги от помоста (при виде слева). Характерный признак – спортсмены делают прыжок вперед в фазе безопорного подседа.

2. В начале фазы финального разгона штанга находится на недостаточной высоте (ниже 2/3 бедра). Раннее начало финального разгона приводит не к «подбиву», а к «отбиву» штанги.

3. Большая, чем необходимо, максимальная высота и скорость штанги после подрыва, т.е. спортсмены выполняет подъем на грудь в полуподсед, затрачивая больше энергии на подъем.

4. Уменьшение вертикальной скорости штанги в переходной фазе, чаще всего вызванное «подсаживанием» под гриф снаряда.

5. Большая максимальная горизонтальная скорость штанги в начале финального разгона. Спортсмены делают не «подбив», а «отбив» штанги, что приводит к нерациональному направлению подъема снаряда и необходимости делать прыжок вперед в фазе безопорного подседа.

При выталкивании штанги от груди:



6. В фазе полуприседа спортсмены «сваливаются» на носки, в результате чего снаряд выталкивается «вверх-вперед», а не «вверх-за голову».

В качестве примера приведем данные обработки двух спортсменов с указанием ошибок в технике толчка. На рисунке 1 цифрами указаны ошибки в технике толчка у атлета, показавшего результат 43 кг.

При подъеме штанги на грудь спортсмен разгоняет снаряд «вверх-вперед» (1), что нерационально. Стрелка, проходящая из начальной точки подъема штанги через максимальную высоту ЦМ снаряда, находится слева от вертикали, а горизонтальное перемещение наивысшей точки траектории равно $-9,1$ см (6,1% от длины тела). В начале финального разгона штанга находится на высоте $37,8$ см (25,2%), что явно недостаточно (2). Кроме того, в переходной фазе вертикальная скорость штанги уменьшается на $0,32$ м/с (4). При выталкивании штанги от груди спортсмен «сваливается» на носки (3), в результате чего снаряд двигается «вперед-вверх», что нерационально.

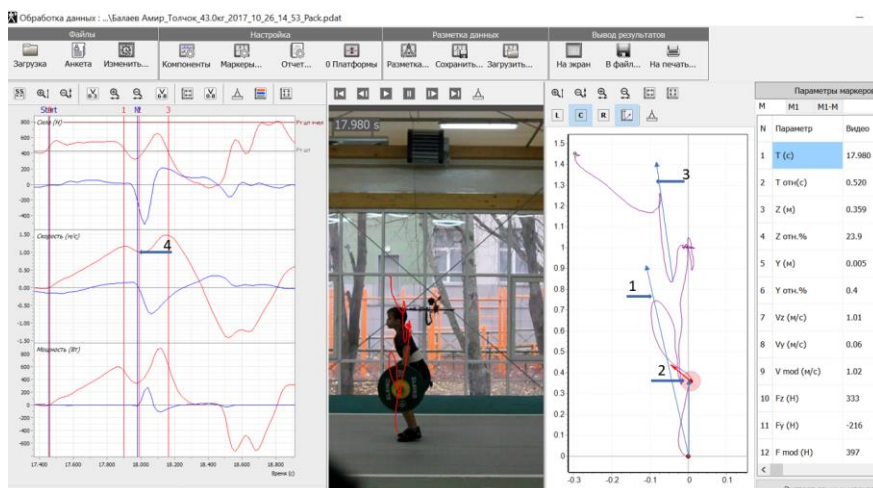


Рисунок 1 – Результаты обработки попытки в толчке у спортсмена Б-ва (150 см, 38,4 кг).

У второй спортсменки (рисунок 2) к отмеченным выше ошибкам при подъеме штанги на грудь добавляется чрезмерно большая максимальная горизонтальная скорость штанги в начале фазы финального разгона (5), которая достигает $0,92$ м/с и совместно с нерациональным направлением подъема штанги заставляет спортсменку делать прыжок



вперед в фазе безопорного подседа. Кроме того, спортсменка в переходной фазе подсаживается под гриф штанги и уменьшает ее вертикальную скорость на $0,93$ м/с (4), а также выполняет выраженный «отбив» снаряда. Еще одним недостатком техники подъема штанги на грудь является большая, чем необходимо, максимальная высота штанги (3), т.е. спортсменка поднимает снаряд в полуподсед, что также нерационально.

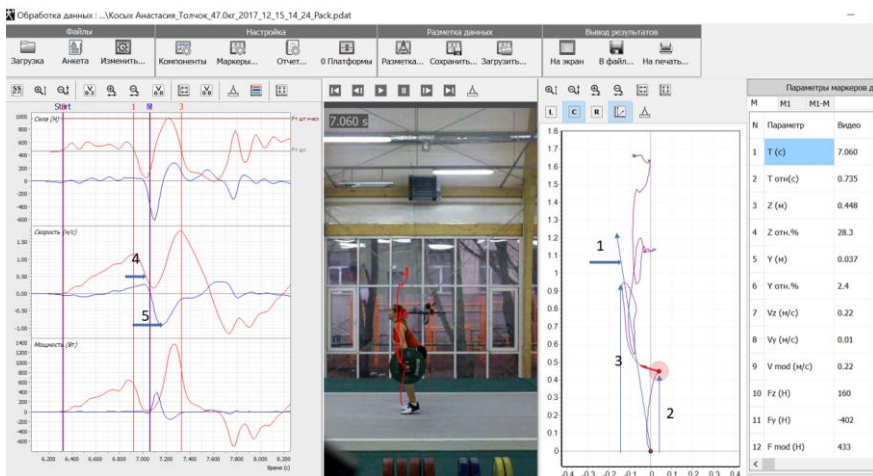


Рисунок 2 – Результаты обработки попытки в толчке у спортсменки К-ых (158 см, 48,6 кг). Результат в толчке – 47 кг.

Таким образом, для каждого спортсмена подготовлены результаты видеосъемки и составлены индивидуальные рекомендации по исправлению ошибок в технике толчка. Отметим, что только у трех атлетов значения критериев техники были близки к рациональному варианту.

© Шалманов А. А., 2022

Список источников

1. Шалманов, А. А. Обобщенные и частные критерии техники рывка и подъема штанги на грудь в толчке / А. А. Шалманов, Е. А. Лукунина // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 29–30 октября 2020 года. – Москва : Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», 2020. – С. 194-199.



2. Шалманов, А. А. Индивидуальные методические рекомендации по выполнению требований к технической и скоростно-силовой подготовленности тяжелоатлетов / А. А. Шалманов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2021. – №.3 (193). – С. 484-489.

3. Шалманов, А. А. Биомеханика движения штанги в рывке и толчке у спортсменов высокой квалификации: монография / А. А. Шалманов. – Москва : Советский спорт, 2022. – 197 с.

References

1. Shalmanov, A. A. Generalized and particular criteria for the technique of jerk and lifting the barbell on the chest in a push / A. A. Shalmanov, E. A. Lukunina // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : materials of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Moscow, October 29-30, 2020. – Moscow : The Russian University of Sport «GTSOLIFK», 2020. – pp. 194-199.

2. Shalmanov, A. A. Individual methodological recommendations for meeting the requirements for technical and speed-strength training of weightlifters / A. A. Shalmanov // Scientific notes of the P.F. Lesgaft University. - 2021. – №.3 (193). – pp. 484-489.

3. Shalmanov, A. A. Biomechanics of barbell movement in snatch and jerk in highly qualified athletes: monograph / A. A. Shalmanov. – Moscow : Soviet Sport, 2022. – 197 p.



УДК 796.422:612.76

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЗАЦИИ ТЕХНИКИ БЕГА

Михаил Петрович Шестаков¹, *д-р пед. наук, профессор*

Корчагин Александр Юрьевич², *канд. физико-математических наук*

¹*Федеральный научный центр физической культуры и спорта, г. Москва, Россия*

²*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия*

Аннотация. Повышение результативности в циклических видах спорта связано с совершенствованием биомеханики выполнения движения, что определяется характерной для данного атлета архитектурой мышечных групп и взаимодействием между ними при выполнении движений. Цель статьи – использовать возможности программного обеспечения OpenSim для моделирования экономичной формы движения при беге с учетом индивидуальных особенностей спортсмена. Контингент: 8 элитных лыжников и биатлонистов. Инструментальные методы: 3D-видеокамеры Qualisys, беговая дорожка Tredmetrix с тензодатчиками. Результаты моделирования показали, что в зависимости от особенностей техники бегуна, его физических возможностей, снижение метаболических затрат мышц в беге может достигаться тренировкой по изменению управления работой мышц.

Ключевые слова: моделирование, экономичность бега, OpenSim

Для цитирования: Шестаков, М. П. Компьютерное моделирование экономизации техники бега / М. П. Шестаков, А. Ю. Корчагин // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 384-392.

COMPUTER SIMULATION OF THE ECONOMIZATION OF RUNNING TECHNIQUES

Mikhail P. Shestakov¹, *Doctor of Pedagogical Sciences, Professor*

Korchagin A. Yurievich², *Candidate of Physical and Mathematical Sciences*

¹*Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*



Abstract. Improving performance in cyclic sports is associated with improving the biomechanics of movement performance, which is determined by the architectonics of muscle groups characteristic of this athlete and the interaction between them when performing movements. The purpose of the article is to use the capabilities of the OpenSim software to simulate an economical form of movement when running, taking into account the individual characteristics of the athlete. Contingent: 8 elite skiers and biathletes. Instrumental methods: Qualisys 3D video cameras, Tredmetrix treadmill with load cells. The simulation results showed that, depending on the characteristics of the runner's technique, his physical capabilities, a decrease in the metabolic costs of muscles in running can be achieved by training to change the control of muscle work.

Keywords: modeling, economy of running, OpenSim

For citation: Shestakov, M. P. Computer modeling of the economization of running techniques / M. P. Shestakov, A. Y. Korchagin // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 384-392.

Введение. Очевидно, что аэробные факторы не являются единственными переменными, которые влияют на выносливость [6]. Повышение результативности в циклических видах спорта связано с совершенствованием биомеханики выполнения движения с учетом индивидуальных особенностей спортсменов. Индивидуальная техника выполнения движений определяется характерной для данного атлета архитектурой мышечных групп и взаимодействием между ними при выполнении движений. Многие исследователи связывают снижение энергозатрат по перемещению ОЦМТ со снижением метаболических затрат работающих мышц нижних конечностей. Другим существенным механизмом снижения затрат на перемещение спортсмена в беге является использование упруго-вязких свойств мышц и возможности накопления энергии упругой деформации (ЭУД) при определенных условиях выполнения движения [3, 9]. Цель статьи – использовать возможности программного обеспечения OpenSim [4] для моделирования экономичной формы движения при беге с учетом индивидуальных особенностей спортсмена.

Экспериментальные методы. В экспериментальных исследованиях приняли участие 8 элитных спортсменов – биатлонистов и лыжников, разделенных на две группы в соответствии с техникой выполнения бегового шага. Для получения данных применялась видеосъемка 18



высокоскоростными камерами Oqus 3+ (Qualisys, Sweden)) с частотой 400 Frame/s. Беговой тест выполнялся на беговой дорожке-тредбане с силовыми платформами (Treadmetrix, USA). Съемку выполняли в беге спортсменов со скоростью 3 и 5,1 м/с. 54 светоотражающих маркера диаметром 1 см крепились на сегментах тела испытуемых.

Методика обработки данных. Расчеты кинематических и динамических характеристик производились по 3-D полноразмерной модели тела описанной [6]. Мы использовали скелетно-мышечную модель с 29 степенями свободы, 92 мышцами нижних конечностей, рук и туловища [6]. Для проведения анализа были выбраны основные мышцы, участвующие в данном движении: PSO (psoas), GMAX (superior, middle and inferior gluteus maximus), BF (biceps femoris long head), SEM (semimembranosus and semitendinosus), RF (rectus femoris), VAS (vastus medialis), GAS (lateral compartments of gastrocnemius), SOL (soleus) and TIB (tibialis anterior). Были смоделированы три беговых цикла бега для каждого субъекта на каждой скорости по методам, описанным [6]. При анализе была рассчитана величина использования накопления и расходования в мышцах ЭУД, согласно методике, предложенной [9]. Для оценки потребления метаболической энергии по данным моделирования мы использовали модель метаболизма, разработанную [11], с некоторыми изменениями [10], расчеты проводились в OpenSim 3.3. [11]. Оценка жесткости ноги (Kleg), определялась как отношение пиковой вертикальной силы реакции опоры, нормированное к массе тела (F_{max}), к изменению длины ноги во время опорной фазы, нормализованное к длине ноги при контакте с опорой (l_0). Длина ног оценивались как расстояние от центра давления [2] к центру таза в модели, полученной из костно-мышечной модели, описанной [5].

Результаты и обсуждения

Спортсмены, участвующие в эксперименте были определены в две группы таким образом, что в группу А вошли атлеты, использующие механизм «катапульты», в котором передача энергии между суставами осуществляется с помощью двусуставных мышц. В группе В были спортсмены, которые используют эффект накопления и высвобождения энергии упругой деформации.

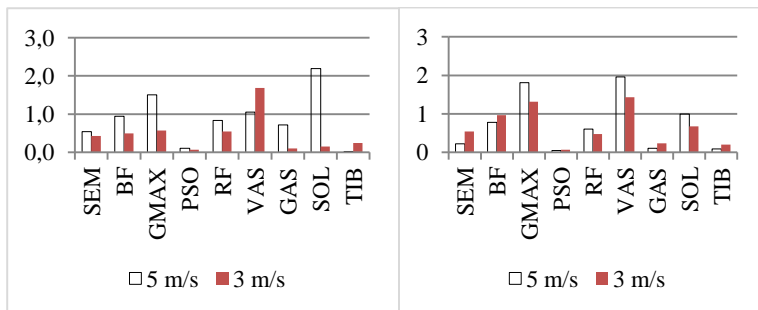


Рисунок 1 – Сравнительный анализ метаболических затрат в группе А (график слева) и в группе В (график справа) при беге с скоростью 3 и 5,1 м/с (Обозначения в тексте).

Сравнительный анализ экспериментальных данных двух групп показывает отличия в организации бегового шага. Данные показывают, что атлеты группы А при беге со скоростью 5 м/с демонстрируют низкую пиковую мощность, произведенную суммарно тазобедренным (ТБС), коленным (КС) и голеностопным (ГС) суставами опорной ноги, при высоких значениях суммарного пикового момента в тех же суставах. На скорости в 3 м/с эти спортсмены демонстрирует высокий суммарный суставной момент. Показатель суммарной мощности на этой скорости значительно снижается. На обеих скоростях отмечается одинаковые мышечные метаболические затраты на движения также, как и показатель жесткости опорной ноги.

Спортсмены группы А характеризуется высокими силовыми способностями мышц, обслуживающими коленный сустав. На меньшей скорости бега они используют свои силовые возможности и проявляют высокую жесткость опорной ноги. Жесткость определяется значительной работой мышц задней поверхности ноги SEM, BF, GMAX, а также SOL (рис. 1). При этом спортсмены не используют накопление энергии упругой деформации. В связи с характером работы этих мышц практически в изометрическом режиме, мы видим значительные мышечные метаболические затраты. Такая организация движения связана с использованием атлетами явления «катапульта», где происходит передача энергии через двухсуставные мышцы [1, 8]. В отличие от движения на скорости в 3 м/с, на скорости 5,1 м/с спортсмены не используют механизм «катапульти», а работа в эксцентрическом режиме осуществляется в основном за счет мышц разгибателей бедра (VAS). Мышцы GAS и SOL



практически в движении не задействованы, о чем говорят их низкие метаболические затраты.

По сравнению с группой А, для группы В наблюдаются более низкие пиковые моменты в суставах и пиковые мощности, а также более низкую жесткость во время бега. Однако процент использования ЭУД значительно выше, особенно при беге со скоростью 3 м/с. Это приводит к снижению метаболических затрат при скорости 3 м/с. В то же время для бега со скоростью 5,1 м/с снижение использования ЭУД в 2 раза приводит к почти 2-кратному увеличению метаболических затрат. Снижение использования ЭУД можно объяснить повышенной работой мышц задней поверхности бедра (SEM, BF и GMAX), что связано с меньшими силовыми возможностями испытуемых. Отталкивание выполняется за счет снижения скорости мышечных сокращений, но это приводит к увеличению жесткости ног, что приводит к увеличению метаболических затрат.

Модельный эксперимент. Для проведения моделирования в работе было сделано предположение об особенностях влияния изменения жесткости на показатель беговой экономичности. Для этого в исследуемые модели внесли изменения, которые заключались в уменьшении и увеличении жесткости опорной ноги на 5% за счет соответствующего изменения угла в коленном суставе.

Полученные результаты моделирования показывают, что увеличение жесткости за счет уменьшения амплитуды движения в коленном суставе в группе А приводит к увеличению вклада ЭУД при передаче от ТБС к КС (15%) и от КС к ГС (6,6%). Такой же результат виден и при уменьшении жесткости, соответственно, изменения составляют 10,4% и 3,3%. Тем не менее, снижения суммарных мышечных метаболических затрат не происходит. В беге изменения жесткости сказывается на увеличении суммарной мощности за счет повышения работы двусуставной мышцы GAS (рис.2). Предположительно, этот факт при меньшей жесткости ноги можно связать с большим предварительным растяжением мышц в фазе амортизации.

Для группы В с увеличением жесткости увеличивается суммарный суставной момент за счет значительного (24,2 %) увеличения вклада механизма ЭУД. Такое поведение модели сказывается при значительном снижении суммарных мышечных метаболических затратах (7,7 %). При снижении жесткости у спортсменов резко возрастают метаболические затраты, так как в этом случае приходится увеличивать напряжение мышц разгибателей коленного и тазобедренного сустава (RF) и дополнительно задействовать мышцы сгибателей hip (PSO) (рис. 2).

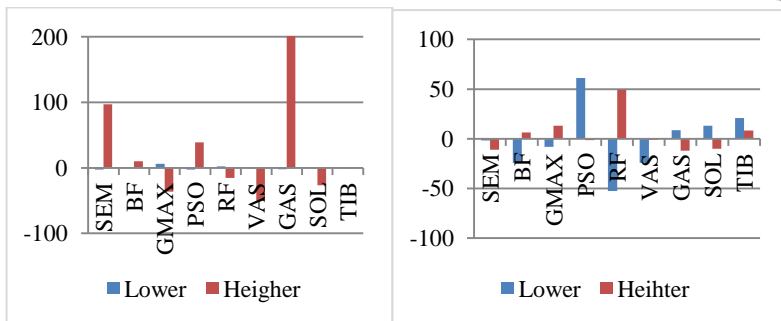


Рисунок 2 – Изменения в % суммарных мышечных метаболических затрат в группе А (график справа) и в группе В (график слева) в модельном эксперименте (Обозначения в тексте).

Моделирование изменения активности мышечных групп при выполнении бегового шага для уменьшения метаболических затрат.

Направленностью второй части модельного исследования явилось редактирование индивидуальных паттернов нервно-мышечного возбуждения, обслуживающих суставы нижней конечности испытуемого. Моделирование в этой части эксперимента проводилось только с данными бега со скоростью 5,1 м/с. Для примера были выбраны по одному случаю из каждой группы и были приняты следующие предпосылки: для спортсмена SA (группа А) изменения вносились в напряжения мышц таким образом, чтобы увеличить жесткость опорной ноги за счет коактивации мышц-антагонистов в момент перехода отступающего режима работы мышц к преобладающему.

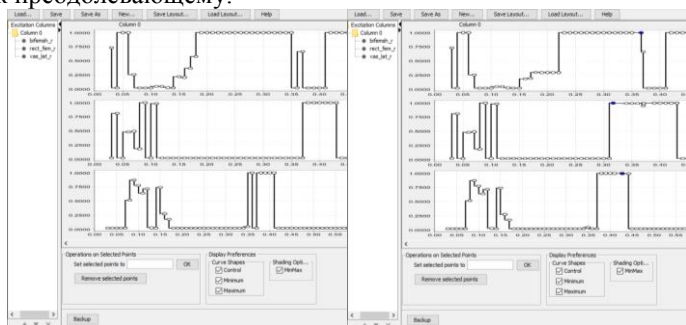




Рисунок 3 – Пример работы с Excitation Editor для спортсмена SA. Расположение мышц сверху вниз – RF, RF, VAS, слева – данные до моделирования, справа – после.

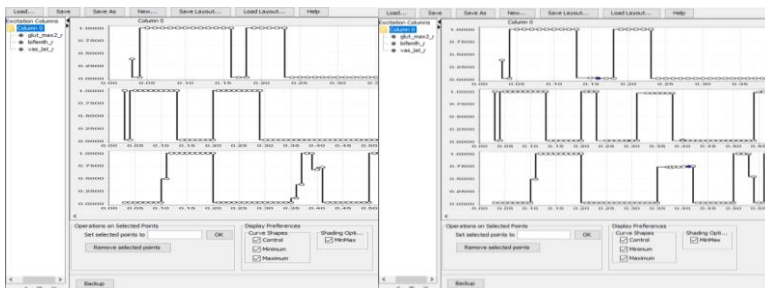


Рисунок 4 – Пример работы с Excitation Editor для спортсмена PD. Расположение мышц сверху вниз – GMAX, BF, VAS, слева – данные до моделирования, справа – после

Результаты моделирования показывают положительные изменения в суммарных метаболических затратах у SA на 15,5% (рис. 3) и у PD на 9,3% (рис.4). При этом у спортсмена PD увеличивается использование энергии упругой деформации как в коленном суставе на 77%, так и в голеностопном суставе на 88%. Расчет изменения затрат по отдельным мышцам показывает, что наибольшее снижение метаболических затрат происходит у SA в мышцах, связанных со стабилизацией туловища – PSO, SEM. У PD расчеты показали снижение метаболических затрат в наибольшей степени связаны с мышцами RF и VAS. Это можно объяснить тем, что активность мышц была смоделирована таким образом, чтобы было как можно меньше одновременной работы мышц антагонистов.

Для спортсмена PD (группа В) изменение напряжения мышц проводилось с точки зрения последовательного включения в работу суставов при выполнении отталкивания – вначале начиналось разгибание ТБ сустава, а только затем – разгибание в колене.

Заклучение

В работе представлена технология индивидуального подхода к тренировочному процессу элитных спортсменов, основанному на компьютерном моделировании. В частности, решался вопрос определения возможности снижения метаболических затрат при беге на уровне выше анаэробного порога, т.е. близкой к средней соревновательной скорости. Результаты модельного эксперимента показали, что одним из возможных



путь снижения метаболических затрат мышц в беге является тренировка по изменению управления работы мышцами.

© Шестаков М. П., Корчагин А. Ю., 2022

Список источников

1. Бобберт, М. Ф. Двухсуставные мышцы предлагают решение, но в чем проблема? / Бобберт М. Ф., Ван Соест А. Дж. // Двигательная регуляция. – 2000. – № 4(1). – С. 48-52.

2. Буллимор, С. Р. Последствия прямого переноса точки приложения силы для механики бега / С. Р. Буллимор, Дж. Ф. Берн // Журн. биол. – 2006. – № 238(1). – С. 211-9.

3. Каванья, Г. А. Запас и использование эластической энергии в скелетных мышцах / Г. А. Каванья // Exerc Sport Sci Rev. – 1977. – № 5. – С. 89-129.

4. OpenSim: программное обеспечение с открытым исходным кодом для создания и анализа динамических симуляций движения / С. Л. Делп, Ф. К. Андерсон, А. С. Арнольд, П. Лоан, А. Хабиб, К. Т. Джон, Э. Гендельман, Д. Г. Телен // IEEE Trans Biomed Eng. – 2007. – № 54(11). – с.1940-50

5. Интерактивная графическая модель нижней конечности для изучения ортопедических хирургических вмешательств / С. Л. Делп, Дж. П. Лоан, М. Г. Хой, Ф. Э. Заяц, Э. Л. Топп, Дж. М. Розен // IEEE Trans Biomed Eng. – 1990. – № 37. – С. 757-767.

6. Хамнер, С. Р. Вклад мышц в продольное и вертикальное ускорение центра масс тела в диапазоне скоростей бега / С. Р. Гомер, С. Л. Дельп // J Biomech. – 2013. – 46(4). – С. 780-787.

7. Хамнер, С. Р. Вклад мышц в движение и поддержку во время бега / С. Р. Хамнер, А. Сет, С. Л. Дельп // J Biomech. - 2010. - № 43(14). – С. 2709-2716.

8. Иида, Ф. Двуногая ходьба и бег с пружинообразными двусуставными мышцами / Ф. Иида, Дж. Руммель, А. Сейфарт // Журнал биомеханики. – 2008. – № 41(3). – С. 656-67.

9. Прилуцкий, Б. И. Сухожильная деятельность двусуставных мышц: передача механической энергии между суставами при прыжке, приземлении и беге / Б. И. Прилуцкий, В. М. Зацюрский // Биомеханика. – 1994. – Вып. 27, № 1. - С. 25-34.

10. Растягивание вашего энергетического бюджета: как податливость сухожилий влияет на метаболические затраты при беге / Т. К. Учида, Дж. Л. Хикс, К. Л. Дембиа, С. Л. Делп // PLoS ONE. – 2016. – № 11(3). - e0150378.

11. Умбергер, Б. Р. Стоимость фазы опоры и качания при ходьбе человека / Умбергер Б. Р. // J R Soc Interface. - 2010. - № 7(50). – С. 1329-40.



References

1. Bobbert, M. F. Two-joint muscles offer the solution, but what was the problem? / M. F. Bobbert, A. J. van Soest // *Motor control*. – 2000. – No. 4(1). – pp. 48-52.
 2. Bullimore, S. R. Consequences of forward translation of the point of force application for the mechanics of running / S. R. Bullimore, J. F. Burn // *J. Theor. Biol.* – 2006. – No. 238(1). – pp. 211-9.
 3. Cavagna, G. A. Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle / G. A. Cavagna // *Exerc Sport Sci Rev.* – 1977. – No. 5. – pp. 89-129.
 4. OpenSim: open-source software to create and analyze dynamic simulations of movement / S. L. Delp, F. C. Anderson, A. S. Arnold, P. Loan, , A. Habib, C. T. John, E. Guendelman, D. G. Thelen // *IEEE Trans Biomed Eng.* – 2007. - No. 54(11). – pp.1940-50
 5. An interactive graphics-based model of the lower extremity to study orthopedic surgical procedures / S. L. Delp, J. P. Loan, M. G. Hoy, F. E. Zajac, E. L. Topp, J. M. Rosen // *IEEE Trans Biomed Eng.* – 1990. - No. 37. – pp. 757–767.
 6. Hamner, S. R. Muscle contributions to fore-aft and vertical body mass center accelerations over a range of running speeds / S. R. Hamner, S. L. Delp // *J Biomech.* – 2013. - 46(4). – pp. 780-787.
 7. Hamner, S. R. Muscle contributions to propulsion and support during running / S. R. Hamner, A. Seth, S. L. Delp // *J Biomech.* - 2010. - No. 43(14). – pp. 2709-2716.
 8. Iida, F. Bipedal walking and running with spring-like biarticular muscles / F. Iida, J. Rummel, A. Seyfarth // *Journal of Biomechanics.* – 2008. - No. 41(3). – pp. 656-67.
 9. Prilutsky, B. I. Tendon action of two-joint muscles: transfer of mechanical energy between joints during jumping, landing, and running / B. I. Prilutsky, V. M. Zatsiorsky // *J. Biomechanics.* – 1994. – Vol. 27, No. 1. - pp. 25-34.
 10. Stretching your energetic budget: how tendon compliance affects the metabolic cost of running / T. K. Uchida, J. L. Hicks, C. L. Dembia, S. L. Delp // *PLoS ONE.* – 2016. – No. 11(3). - e0150378.
- Umberger, B. R. Stance and swing phase costs in human walking / B. R. Umberger // *J R Soc Interface.* - 2010. - No. 7(50). – pp. 1329-40.



УДК 796.02

РАЗВИТИЕ БЫСТРОТЫ У ФУТБОЛИСТОВ 18-20 ЛЕТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО КОНТАКТНОГО УСТРОЙСТВА

Григорий Евгеньевич Шульгин¹, старший преподаватель

Егор Денисович Юрченко², магистрант

^{1,2}Московская государственная академия физической культуры, Малаховка, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы контроля быстроты и ее развития с помощью специально созданного контактного устройства у футболистов 18-20 лет. Для этого спортсмены выполняли на контактном устройстве упражнения, имитирующие двигательные действия нижними конечностями из арсенала футболистов. Найдена взаимосвязь тестов на контактном устройстве с двигательными тестами на быстроту. Проведенное исследование показывает, что устройство может быть использовано для развития быстроты в футболе.

Ключевые слова: контактные устройства, футбол, быстрота, тестирование физических качеств

Для цитирования: Шульгин, Г. Е. Развитие быстроты у футболистов 18-20 лет с использованием специального контактного устройства / Г. Е. Шульгин, Е. Д. Юрченко // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 393-400.

THE DEVELOPMENT OF SPEED IN FOOTBALL PLAYERS AGED 18-20 YEARS WITH THE USE OF A SPECIAL CONTACT DEVICE

Grigory E. Shulgin¹, senior lecturer

Egor D. Yurchenko², Master's student

^{1,2}Moscow State Academy of Physical Culture, Malakhovka, Russia

Abstract. The article discusses the issues of speed control and its development with the help of a specially created contact device for football players 18-20 years old. For this, athletes performed exercises on a contact device that imitated motor



actions with the lower extremities from the arsenal of football players. The relationship of tests on a contact device with movement tests for speed was found. Research has shown that the device can be used to develop speed in football.

Keywords: contact devices, football, speed, physical testing

For citation: Shulgin, G. E. The development of speed in football players aged 18-20 with the use of a special contact device / G. E. Shulgin, E. D. Yurchenko // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; edited by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 393-400.

На современном этапе важную роль в оценке скоростных параметров играет информативность используемых тестовых упражнений. В различных видах спорта, таких как бокс, тяжелая атлетика, гиревой спорт, футбол, хоккей и др., разработка новых методов регистрации и коррекции биомеханических показателей является основой для повышения технико-тактического мастерства спортсменов. Тренеры и спортсмены должны иметь не только срочную информацию о данных показателях, но и знать, на каком уровне находятся текущее состояние физических кондиций тренирующихся, что способствует адекватной коррекции тренировочного процесса. Поэтому развитие исследовательских направлений в области регистрации и коррекции показателей двигательной деятельности представляет чрезвычайно важную составляющую для формирования обновленной теории и принципиально новых технологий спортивной тренировки [5, 6].

Уровень тренированности спортсменов, в том числе футболистов, определяется степенью развития технических и специальных двигательных навыков, отражающих их готовность к соревновательной деятельности. Одним из таких параметров является физическое качество быстрота. В частности, для эффективного решения двигательных задач в данном виде спорта, необходимо формирование скоростных качеств, которые ложатся в основу индивидуальных технико-тактических показателей спортсмена [1,2,3,4,7].

В настоящее время потенциал существующих технических средств, в частности, контактных устройств, открывает возможность более качественного рассмотрения различных параметров спортивной подготовки футболистов, которые могут позволить наиболее успешно формировать технико-тактические действия у данных спортсменов. Однако наличие технической составляющей в отсутствии ее адаптации к реальным тренировочным условиям, а также вопрос разработки методик работы на



оборудовании, позволяющем регистрировать показатели двигательной деятельности спортсменов, ограничивает возможности работы на таких устройствах. А последующее развитие физических кондиций, в том числе скоростных параметров, является проблемным моментом в футболе. Следовательно, наша разработка по развитию быстроты на специальном контактном устройстве в тренировочном процессе футболистов на сегодняшний день делает наше исследование актуальным и своевременным.

Целью нашего исследования являлось внедрение специального контактного устройства для развития быстроты и определение правомерности его использования в тренировочном процессе футболистов 18-20 лет.

Для достижения цели исследования решался ряд задач:

1. Проанализировать доступные материалы по методическим особенностям скоростной подготовки футболистов.
2. Апробировать и определить правомочность включения в тренировочный процесс футболистов специального контактного устройства для развития быстроты.

Наши исследования проводились на базе кафедр теории и методики футбола и хоккея, биомеханики и информационных технологий МГАФК. В исследовании приняли участие 25 студентов МГАФК в возрасте от 18 до 20 лет, имеющих квалификацию I-II разряда.

Для проведения эксперимента инженерами НИТУ МИСиС ГУ совместно с сотрудниками лаборатории кафедры биомеханики и информационных технологий МГАФК был разработан и сформирован специальный технический комплекс. Данный комплекс позволил определить функциональные возможности двигательной сферы у футболистов. Кроме того, описываемые технические средства были изготовлены без привлечения промышленных предприятий и не требовали значительных материальных вложений. В дальнейшем это техническое решение являлось как специальным тренажерным устройством для развития быстроты, так и средством оперативного контроля последней.

Технический комплекс состоял из:

1. Системного блока, который представляет собой устройство, обеспечивающее прием прерываемого сигнала с периферического устройства и подсчет количества данных прерываний. Также здесь установлен механический счетчик, имеющий четыре разряда. Запитка данного блока происходит от сети 220 Вольт и от порта USB, то есть, от напряжения питания 5 Вольт.



Данный системный блок управляет внешними часами, которые производят отсчет времени, в течение которого происходит проведение «модифицированного теппинг-теста».

Системный блок в настоящий момент является 3-канальным и позволяет вести запись срабатываний от трех периферических источников.

2. Внешних механических часов, которые обеспечивают наглядный и визуальный контроль над общим временем проведения «модифицированного теппинг-теста». Эти часы имеют весьма большой циферблат, благодаря которому доступ для анализа текущего времени открыт для всех участников эксперимента – спортсменов и операторов.

3. Внешнего периферического устройства, основная задача которого заключалась в том, чтобы обеспечить срабатывание, то есть практически замыкание контактов при выполнении двигательного действия спортсмена. Данное устройство обладает малым временем восстановления, то есть после срабатывания быстро возвращается в исходное положение.

В соответствии с логикой проведения нашего исследования, к системному блоку присоединялось периферическое устройство для измерения количества касаний стопой (различными вариантами) по специальной контактной поверхности за выбранный промежуток времени.

4. Внешними соединительными проводами. Основное требование к данным проводам было в обеспечении безопасности для испытуемого спортсмена. Данные внешние провода имеют низкое напряжение питания (5 Вольт), которое гальванически развязано от высокого напряжения и не может причинить вред спортсмену в любой форме его проявления.

Взаимодействие основных блоков, входящих в комплекс отражено на структурной схеме.

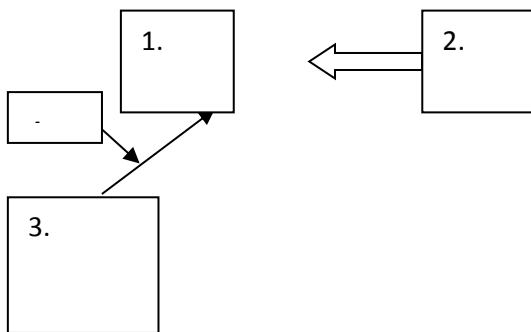


Рисунок 1 – Функциональная схема взаимодействия основных блоков, входящих в специальный технический комплекс.



Рассматриваемое оборудование обладает преимуществами, которые позволяют использовать его при проведении исследований как в стационарных условиях, так и в видоизмененных условиях, которые могут возникнуть на тренировочной базе или на тренировочной площадке.

Оборудование потребляет достаточно мало электроэнергии и поэтому проблема питания от сети 220 Вольт легко решается с помощью инвертора, который формирует необходимого напряжения от аккумулятора 12 Вольт.

В процессе разработки оборудования авторам пришлось столкнуться с рядом сложностей, например, описание таких систем не было найдено, однако в процессе работы они были успешно решены.



Рисунок 2 – Подбор высоты контактной пластины для испытуемого.

Рисунок 3 – Выполнение двигательного задания на контактном устройстве.

Эксперимент состоял из выполнения серий упражнений на контактном устройстве: из исходного положения основная стойка на контактном устройстве по сигналу оператора испытуемый выполнял поочередное касание правой и левой ногой контакта на устройстве – «набивание двумя ногами» (рис. 3), «набивание носком одной ногой», «набивание внешней стороной стопы», «набивание внутренней стороной



стопы». При этом последние два упражнения выполнялись отдельно правой и отдельно левой ногой. По нашей задумке, испытуемым предлагалось выполнить семь попыток каждого варианты задания за 10 секунд в максимальном темпе. Средние значения количества касаний контактного устройства в упражнениях составили: «набивание двумя ногами» - $26,6 \pm 2,95$; «набивание носком ведущей ноги» - $22,5 \pm 2,96$; «набивание носком неведущей ноги» - $21,2 \pm 3,48$, «Набивание внешней стороной стопы ведущей ноги» $21,94 \pm 3,12$; «Набивание внешней стороной стопы неведущей ноги» - $21,85 \pm 3,78$; «Набивание внутренней стороной стопы ведущей ноги» $21,59 \pm 3,18$; «Набивание внутренней стороной стопы неведущей ноги» - $20,96 \pm 3,65$. Стоит оговориться, что перед выполнением упражнений устанавливалась высота устройства, которая подбиралась индивидуально для каждого испытуемого (рис. 2).

С целью определения эмпирической информативности тестов, проводимых на специальном контактном устройстве, использовался ранговый коэффициент корреляции по Спирмену. Для этого оценивалась теснота взаимосвязей с общепринятыми тестами на быстроту. В результате проведения корреляционного анализа удалось установить, что результаты выполненных заданий на разработанном нами оборудовании имеют по абсолютным величинам среднюю и высокую статистическую взаимосвязь с результатами батареи общепринятых педагогических тестов для определения уровня быстроты.

Выводы:

1. На основе анализа доступных методических материалов, установлена преобладающая среди специалистов и тренеров точка зрения, заключающаяся в том, что успешность учебно-тренировочной и соревновательной деятельности существенно зависит от уровня развития физических качеств. Для футболистов одним из преобладающих компонентов физической подготовленности являются скоростные способности. Но несмотря на многочисленные работы по совершенствованию быстроты в футболе, ее развитие и совершенствование все еще остается проблемным моментом в данном виде спорта.

2. Апробация специального контактного устройства была проведена на базе кафедр теории и методики футбола и хоккея, биомеханики и информационных технологий МГАФК на студентах в возрасте 18-20 лет, путем включения в тренировочный процесс на практических занятиях у студентов, занимающихся футболом. После построения корреляционных плеяд, для нахождения взаимосвязей тестов на устройстве и общепедагогических тестов на быстроту, выявлена средняя и сильная статистические взаимосвязи по абсолютным показателям. Соответственно, тесты на устройствах информативны для определения уровня развития



быстроты. Эти данные дают возможность разработать сопоставительные нормы скоростной работы нижних конечностей у футболистов, что дает возможность ввести данный тест как форму контроля в тренировочный процесс футболистов.

3. По результатам внедрения указанного устройства выяснено, что его включение в педагогический процесс добавляет соревновательный эффект, повышает мотивацию футболистов к развитию быстроты и не нарушает ход тренировок спортсменов. Следовательно, предложенное нами контактное устройство правомочно включать в тренировочный процесс футболистов для развития быстроты.

© Шульгин Г. Е., Юрченко Е. Д., 2022

Список источников

1. Годик, М. А. Факторная структура специальной подготовленности футболистов / М. А. Годик, Е. В. Скоморохов // Теория и практика физической культуры. - 2007. - №7. - С. 14-16.

2. Губа, В. П. Организация учебно-тренировочного процесса футболистов различного возраста и подготовленности : учебник / В. П. Губа, А. В. Лексаков. – Москва : Советский спорт, 2012. - 173 с.

3. Иванов, О. Н. Быстрота и правильность решений при выполнении футбольных тестов студентами МГАФК / О. Н. Иванов, И. А. Рубинштейн // Дети, спорт, здоровье : Межрегиональный сборник научных трудов по проблемам интегративной и спортивной антропологии, посвященный памяти доктора медицинских наук, профессора Р.Н. Дорохова / Под общей редакцией О. М. Бубненко. – Смоленск : Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 2019. – С. 145-150.

4. Сарсания, К. С. Оценка эффективности физической подготовки футболистов / К. С. Сарсания, В. Н. Селуянов, С. К. Сарсания // Теория и практика футбола. – 1999. - № 3. – С. 5-6.

5. Фарфель, В.С. Управление движениями в спорте / В. С. Фарфель. – Москва : Советский спорт, 2011. - 201 с.

6. Фураев, А. Н. Воспроизведение угла в коленном суставе, как оценка способности к регулированию кинематическими характеристиками двигательной деятельности / А. Н. Фураев, Г. Е. Шульгин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2013. – № 8(124). – С. 144-148.

7. Ciganov, D. I. Research of equivalence of tests of the assessment of technical readiness of young football players / D. I. Ciganov, O. S. Larin, Ya. I. Glembotskaya // Университетский спорт: здоровье и процветание нации : Материалы VI Международной научной конференции студентов и молодых



ученых, Малаховка, 25–27 апреля 2016 года / Международная федерация университетского спорта; Международная ассоциация университетов физической культуры и спорта; Министерство спорта Российской Федерации; Московская государственная академия физической культуры. – Малаховка: Московская государственная академия физической культуры, 2016. – С. 203-205.

References

1. Godik, M. A. Factor structure of special preparedness of football players / M. A. Godik, E. V. Skomorokhov // Theory and practice of physical culture. - 2007. - No. 7. - pp. 14-16.
2. Guba, V. P. Organization of the training process of football players of various ages and fitness : textbook / V. P. Guba, A.V. Leksakov. – Moscow : Soviet Sport, 2012. - 173 p.
3. Ivanov, O. N. Speed and correctness of decisions when performing football tests by MGAFK students / O. N. Ivanov, I. A. Rubinstein // Children, sports, health : Interregional collection of scientific papers on the problems of integrative and sports anthropology, dedicated to the memory of Doctor of Medical Sciences, Professor R.N. Dorokhov / Under the general editorship of O. M. Bubnenkova. – Smolensk : Smolensk State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, 2019. – pp. 145-150.
4. Sarsania, K. S. Evaluation of the effectiveness of physical training of football players / K. S. Sarsania, V. N. Seluyanov, S. K. Sarsania // Theory and practice of football. – 1999. - No. 3. – pp. 5-6.
5. Farfel, V.S. Movement control in sports / V. S. Farfel. – Moscow : Soviet Sport, 2011. - 201 p.
6. Furaev, A. N. Reproduction of the angle in the knee joint, as an assessment of the ability to regulate kinematic characteristics of motor activity / A. N. Furaev, G. E. Shulgin // Bulletin of the Tambov University. Series: Humanities. – 2013. – № 8(124). – Pp. 144-148.
7. Ciganov, D. I. Research of equivalence of tests of the assessment of technical readiness of young football players / D. I. Ciganov, O. S. Larin, Ya. I. Glembotskaya // University sport: health and prosperity of the nation : Proceedings of the VI International Scientific Conference of Students and Young Scientists, Malakhovka, April 25-27, 2016 / International University Sports Federation; International Association of Universities of Physical Culture and Sports; Ministry of Sports of the Russian Federation; Moscow State Academy of Physical Culture. – Malakhovka: Moscow State Academy of Physical Culture, 2016. – pp. 203-205.



УДК 797.2

ОПОРНЫЕ РЕАКЦИИ СОВРЕМЕННОГО СТАРТА ПЛОВЦА

Владимир Анатольевич Аикин¹, *д-р пед. наук, профессор*

Александр Ефимович Аксельрод², *канд. пед. наук*

Виктор Сергеевич Крамарь³, *аспирант*

^{1,2,3}*Сибирский государственный университет физической культуры и спорта; г. Омск, Россия*

Аннотация. В статье, на основании тензодинамографических исследований современной техники старта пловца с тумбочки – легкоатлетического старта, впервые анализируется характер его опорных реакций в вертикальном и продольном направлениях при выполнении пловцом фазы отталкивания. Выявлены особенности опорных реакций в продольном направлении в момент, когда происходит отталкивание от стартовой колодки ногами, находящейся сзади на этой колодке с последующей передачей усилий на переднюю ногу. Определена возможность совершенствования техники отталкивания с учетом характера распределения опорных реакций.

Ключевые слова: старт пловца, опорные реакции, тензодинамограмма

Для цитирования: Аикин, В. А. Опорные реакции современного старта пловца / В. А. Аикин, А. Е. Аксельрод, В. С. Крамарь // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте : материалы X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Москва, 24-25 ноября 2022 г. / Московская государственная академия физической культуры ; под ред. А. Н. Фураев. – Малаховка : МГАФК, 2022. – С. 401-409.

BASIC REACTIONS OF A MODERN SWIMMER'S START

Vladimir Anatolyevich Aikin¹, *Doctor of Pedagogical Sciences, Professor*

Alexander Efimovich Axelrod², *Candidate of Pedagogical Sciences*

Viktor Sergeyevech Kramar³, *PhD student*

^{1,2,3}*Siberian State University of Physical Culture and Sports; Omsk, Russia*

Annotation. In the article, on the basis of tensodynamographic studies of the modern technique of starting a swimmer from a bedside table – an athletics start, the nature of his support reactions in the vertical and longitudinal directions when performing the repulsion phase by a swimmer is analyzed for the first time. The features of the support reactions in the longitudinal direction are revealed at the



moment when there is a repulsion from the starting pad by the foot located behind on this pad, followed by the transfer of forces to the front leg. The possibility of improving the repulsion technique is determined, taking into account the nature of the distribution of support reactions.

Keywords: swimmer's start, support reactions, tensodynamogram

For citation: Aikin, V. A. Basic reactions of a modern swimmer's start / V. A. Aikin, A. E. Axelrod, V. S. Kramar // Biomechanics of motor actions and biomechanical control in sports : Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, Moscow, November 24-25, 2022 / Moscow State Academy of Physical Culture ; under ed. by A. N. Furaev. – Malakhovka : MGAFK, 2022. – pp. 401-409.

Введение

Современный старт пловца с тумбочки отличается необычной, на первый взгляд, исходной позой. Основное его отличие от традиционного старта заключается в копировании легкоатлетического старта при расстановке ног на тумбочке, когда одна нога упирается сзади в стартовую колодку, а другая впереди захватывает край тумбочки (рис. 1). Из этого исходного положения пловец должен выполнить быстрое, эффективное отталкивание и выполнив фазу полета войти в воду под эффективным углом атаки с минимальным гидродинамическим сопротивлением своевременно начав первые плавательные движения. **Проблема** исследования заключается в биомеханической целесообразности спортивной техники. **Объектом** исследования явился легкоатлетический вариант техники старта пловца с тумбочки. **Предметом** исследования выбраны опорные реакции при выполнении фазы отталкивания. **Целью** исследования явился процесс дальнейшего совершенствования техники старта пловца. Была поставлена **задача исследования** – изучить особенности опорных реакций при выполнении пловцом «легкоатлетического варианта» старта (track-start).

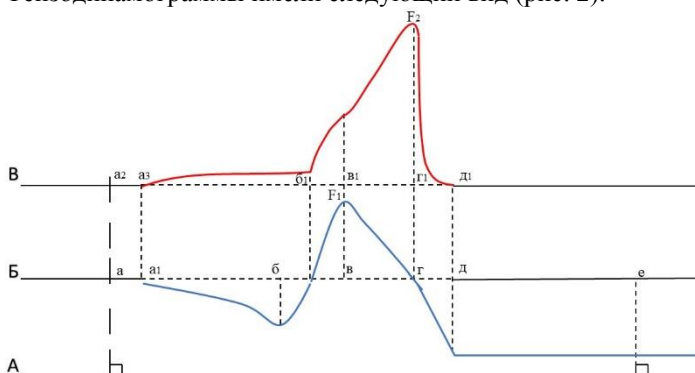
Для решения поставленной задачи применялся **метод тензометрии**. В качестве регистратора опорных реакций **использовалась** тензометрическая платформа [1]. Для исследований привлекались высококвалифицированные пловцы: мастер спорта Н.Р. и мастер спорта международного класса Г.Р.



Рисунок 1- Легкоатлетический старт пловца (track-start).

Результаты исследования

Ранее нами были изучены опорные реакции традиционного старта пловца «с двух ног», когда обе ноги находятся на переднем крае тумбочки на ширине таза. Пловец принимает один из вариантов исходных поз, отличающихся положением рук и их последующих движений после подачи старта. Тензодинамограммы имели следующий вид (рис. 2).



Характер опорных реакций при выполнении старта с тумбочки
Примечание: А – отметка подачи старта и прохождения контрольного отрезка,
Б – вертикальная составляющая опорных реакций,
В – продольная составляющая опорных реакций.

Рисунок 2 - Характер опорных реакций при выполнении старта «с двух ног».



Условные обозначения:

а-а₁ - латентный период слухомоторной реакции;

а₁-б - фаза подседания;

б-г - фаза торможения;

г-д - фаза отталкивания;

а-д - фаза толчка;

а₁-д - фаза ухода со стартовой тумбы;

F₁ – экстремум опорных реакций в вертикальном направлении;

F₂ – экстремум опорных реакций в продольном направлении.

Нами выявлено, что при выполнении легкоатлетического старта на характер опорных реакций влияют особенности отталкивания «задней» ногой от стартовой колодки и, после чего, дальнейшая эффективность выполнения отталкивания, зависит от качества передачи количества движений на общий центр масс спортсмена (рис. 3). После толчка «задней» ногой наблюдается развитие одноопорной фазы толчка при завершающим отталкиванием «передней» ногой.



Рисунок 3 - Фаза передачи количества движений на «переднюю» ногу.

Дальнейшая эффективность отталкивания зависит уже от последующего развития движений «передней» ногой. В этом случае наблюдается переходная фаза на опору «передней» ноги, толчок которой должен, в лучшем случае, способствовать дальнейшему финальному увеличению опорных реакций в продольном направлении, с целью достижения высокой скорости вылета пловца с тумбочки. А в худшем, сохранить достигнутую



величину опорных реакций в предыдущей фазе (рис. 4). И если в этой фазе движения будут эффективными, то величина опорных реакций будет высокой к ее окончанию. В идеале, на наш взгляд, эта величина должна быть выше, чем величина развиваемых усилий в конце фазы амортизации (рис. 5). Ранее было установлено, что эффективность взрывных способностей пловцов при выполнении старта с тумбочки определяется показателем коэффициент реактивности опорных реакций в продольном направлении [2]. Эти особенности могут быть реализованы в процессе совершенствования техники старта.

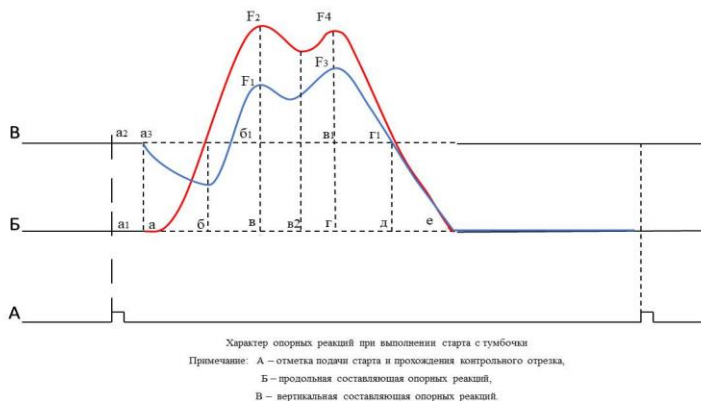


Рисунок 4 - Характер опорных реакций при выполнении легкоатлетического старта при относительном сохранении уровня опорных реакций при отталкивании «передней» ногой.

Условные обозначения:

а– а₁ латентный период слухомоторной реакции;

а₁-б – фаза подседания;

б-в – фаза торможения;

в-в₁ – фаза окончания опоры «задней» ноги и перехода к активной опоре «передней» ноги;

в₁-г – одноопорная фаза отталкивания «передней» ногой;

в-г – фаза активного толчка «передней» ногой;

г-е – фаза завершения отталкивания.

F₁ – экстремум величины опорной реакции в конце фазы торможения в вертикальном направлении;

F₂ – экстремум величины опорной реакции в конце фазы торможения в продольном направлении;



F_3 – экстремум величины опорной реакции в активной фазе отталкивания в вертикальном направлении;

F_4 – экстремум величины опорной реакции в активной фазе отталкивания в продольном направлении.

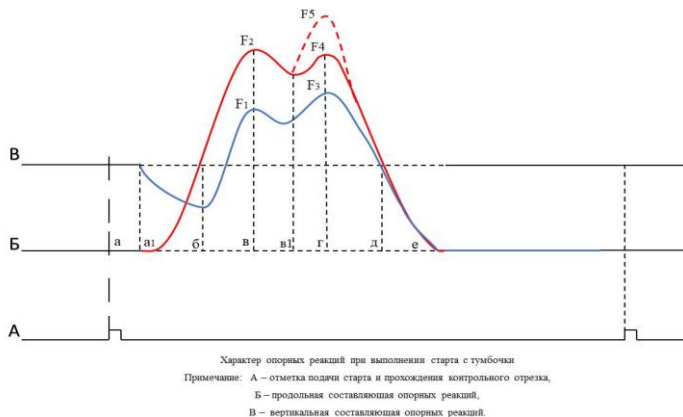


Рисунок - 5. Характер опорных реакций при выполнении легкоатлетического старта при повышении уровня опорных реакций при отталкивании «передней» ногой.

Условные обозначения:

а– а₁ латентный период слухомоторной реакции;

а₁–б – фаза подседания;

б–в – фаза торможения;

в–в₁ – фаза окончания опоры «задней» ноги и перехода к активной опоре «передней» ноги;

в₁–г – одноопорная фаза отталкивания «передней» ногой;

в–г – фаза активного толчка «передней» ногой;

г–е – фаза завершения отталкивания.

F_1 – экстремум величины опорной реакции в конце фазы торможения в вертикальном направлении;

F_2 – экстремум величины опорной реакции в конце фазы торможения в продольном направлении;

F_3 – экстремум величины опорной реакции в активной фазе отталкивания в вертикальном направлении;

F_4 – экстремум величины опорной реакции в активной фазе отталкивания в продольном направлении.

F_5 – экстремум предполагаемой величины развития опорных реакций в активной фазе отталкивания в продольном направлении.



Необходимо отметить индивидуальные особенности выполнения пловцами легкоатлетического старта. Так, например у многократного победителя чемпионата Сибирского Федерального округа мастера спорта Н.Р. начало моторной реакции сопровождается резким увеличением опорных реакций без наличия фазы амортизации. После чего, следует фаза разгона при амортизации «передней» ногой и уход со стартовой колодки «задней» ноги и затем следует повышение величины опорных реакций за счет фазы торможения общего центра масс, после которой идет отталкивание и уход со стартовой тумбочки (рис.6).

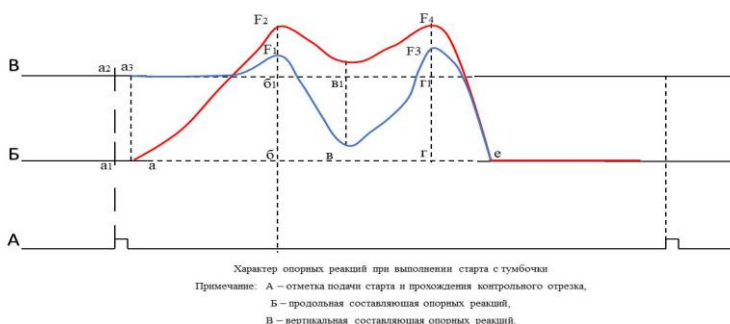


Рисунок 6 - Особенности выполнения отталкивания мастером спорта Н.Р. с выполнением фазы амортизации во второй половине моторной реакции.

Условные обозначения:

- а₁– а латентный период слухомоторной реакции;
- а-б – фаза отталкивания двумя ногами (двух-опорная фаза отталкивания);
- б-в – уход с колодки «задней» ноги подседание (начало амортизации) «передней» ногой;
- в-г – фаза торможения «передней» ноги;
- а-е – фаза толчка;
- г-е – фаза отталкивания;
- б-г – фаза амортизации «передней» ноги (период одноопорной реакции);
- F₁ и F₂ – экстремумы опорных реакций в вертикальном и продольном направлениях;
- F₃ и F₄ – величина опорных реакций в конце фазы торможения;



Заключение

Легкоатлетический вариант техники старта пловца с тумбочки (track-start) имеет наибольшую популярность в настоящее время в мировом плавании. Специалисты характеризуют этот старт как наиболее быстрый и более устойчивый, не провоцирующий фальстарта. Нами впервые зарегистрированы опорные реакции при выполнении этого старта. Выявлены характерные особенности развития опорных реакций на стартовой тумбочке в условиях разновременной работы «задней» и «передней» ног при отталкивании. Выделена фаза перехода опоры с одной ноги на другую. Обнаружены индивидуальные особенности выполнения моторной реакции толчка со смещением фазы амортизации. Отмечено значение финального выполнения толчка «передней» ногой для развития величины опорных реакций в продольном направлении. Метод тензодинамографии позволяет оценить эффективность выполнения опорной фазы старта пловца и наметить пути его совершенствования с учетом индивидуальных особенностей выполнения.

© Аикин В. А., Аксельрод А. Е. Крамарь В. С., 2022

Список источников

1. Аикин, В. А. Комплексная методика исследования современного варианта техники старта пловца / В. А. Аикин, А. Е. Аксельрод // Вестник сибирского государственного университета физической культуры и спорта. – 2022. - №1 (2). – С. 3-9.
2. Аикин, В. А. Возрастная дифференцировка средств обучения и совершенствования техники стартового прыжка в спортивном плавании : специальность 13.00.04 «Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры» : диссертация кандидата педагогических наук / Аикин Владимир Анатольевич. - Омск, 1982. - 171 с.
3. Жукова, Е. С. Совершенствование стартового прыжка пловцов-спринтеров высокой квалификации на основе выявления эффективных вариантов старта / Е. С. Жукова, В. С. Тремасов // Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений : материалы IV Всероссийской научно- практической конференции, Омск, 17–18 ноября 2016 г. / Сибирский гос. ун-т физ. культуры и спорта ; под общ. ред. В. А. Аикина. – Омск, 2016. - С. 39-43.

References

1. Aikin, V. A. Complex methodology of research of modern variant of the swimmer's start technique / V. A. Aikin, A. E. Axelrod // Bulletin of the



Siberian State University of Physical Culture and Sports. – 2022. - №1 (2). – Pp. 3-9.

2. Aikin, V. A. Age differentiation of means of teaching and improving the technique of the starting jump in sports swimming : specialty 13.00.04 "Theory and methodology of physical education, sports training, health and adaptive physical culture" : dissertation of Candidate of pedagogical sciences / Aikin Vladimir Anatolyevich. - Omsk, 1982. - 171 p.

3. Zhukova, E. S. Improving the starting jump of highly qualified swimmers-sprinters on the basis of identifying effective start options / E. S. Zhukova, V. S. Tremasov // Questions of functional training in high-performance sports: materials of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference, Omsk, November 17-18, 2016 / Siberian State University of Physics. culture and sports ; under the general editorship of V. A. Aikin. – Omsk, 2016. - pp. 39-43.



ДЛЯ ЗАМЕТОК



ДЛЯ ЗАМЕТОК



БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В СПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ

X Всероссийской с международным участием научно-практической конференции

(Москва, 24-25 ноября 2022 г.)

Под общей редакцией канд. пед. наук, профессора А. Н. Фураева

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия
физической культуры»
140032, Московская область, пос. Малаховка, ул. Шоссейная, 33
Тел.: +7 (495) 501–55–45, факс: +7 (495) 501–22–36
<http://www.mgafk.ru>; E-mail: info@mgafk.ru

Подписано в печать: 17.11.2022 г. Формат: 60×90 1/16
Печать цифровая. Бумага «Performer».
Усл. печ.л.: 18,36 Тираж: 100 экз. Заказ №.

Отпечатано в Типографии «Канцлер»
150008, г. Ярославль, Ярославская область,
ул. Полушкина роща, д. 16, стр. 66а
Тел. +7 (4852) 58-76-33, 55-76-39

