

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА

№1 (11)

ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА, выпуск №1 (11)



ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА

Международный
научно-теоретический журнал

№ 1 (11)

Минск
2020

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТА»

№1 (11)

2020 г.

ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА

*Международный
научно-теоретический журнал
Издается с 2015 г.
Выходит два раза в год*

Учредитель:

*государственное учреждение
«Республиканский научно-практический
центр спорта»*

Адрес: ул. Нарочанская, 8, 220062, г. Минск,
тел. (017) 308 10 00,
факс (017) 308 10 01
www.medsport.by
e-mail: post@medsport.by

Главный редактор

*Загородный Г. М.,
канд. мед. наук, доц.; Беларусь*

Заместитель главного редактора

*Иванченко Е. И.,
д-р пед. наук, проф.; Беларусь*

Члены редколлегии:

*Гаврилова Е. А., д-р мед. наук, проф.; Россия
Кручинский Н. Г., д-р мед. наук, доц.; Беларусь
Мельнов С. Б., д-р биол. наук, проф.; Беларусь
Моссэ И. Б., д-р биол. наук, проф.; Беларусь
Нарскин Г. И., д-р пед. наук, проф.; Беларусь
Ширковец Е. А., д-р пед. наук, проф.; Россия
Марищук Л. В., д-р психол. наук, проф.; Беларусь
Фурманов И. А., д-р психол. наук, проф.; Беларусь
Репкин С. Б., д-р экон. наук, доц.; Беларусь
Иванова Н. В., канд. биол. наук; доц.; Беларусь
Нехвядович А. И., канд. пед. наук, доц.; Беларусь*

Ответственный за выпуск Г. М. Загородный
Компьютерная верстка В. А. Роговская
Корректор А. М. Зиновик

Подписано в печать **29.06.2020.**
Формат **60×84 1/8.** Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. **12,55.** Уч.-изд. л. **10,22.**
Тираж **100 экз.** Заказ **115**

Отпечатано (цифровая печать) с оригинал-
макета заказчика в государственном
учреждении «Республиканский
учебно-методический центр физического
воспитания населения»
ул. Гусовского, 4-1, 220073, Минск

Свидетельство о государственной
регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/447 от 14.11.2014
ул. Нарочанская, 8, 220062, Минск

ISSN 2415-329X

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
спорта», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ И АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

Дорожко А.С.
К АНАЛИЗУ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ
СТРУКТУРЫ ЛЫЖНЫХ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ
СПОРТСМЕНОВ..... 5

Занковец В.Э., Загородный Г.М.
АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕ-
НИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА КОМАНДЫ ВЫ-
СОКОГО СПОРТИВНОГО МАСТЕРСТВА..... 12

**Парамонова Н.А., Лукашевич Д.А.,
Борщ М.К.**
ЭМГ-ПАТТЕРНЫ КАК КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ
МЕЖМЫШЕЧНОЙ КООРДИНАЦИИ
СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
СОРЕВНОВАТЕЛЬНОГО УПРАЖНЕНИЯ В
СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКЕ..... 24

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

**Гилеп И.А., Гайдукевич, И.В.,
Шераш Н.В., Гилеп А.А.**
АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ
АЛЛЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОТДЕЛЬНЫХ
ГЕНОВ У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО
КЛАССА В ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ
СПОРТА..... 36

**Пфейфер Д.С., Титова Е.М.,
Дубовик Е.А.**
ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ
МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ
БОКСЕРОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ТРЕНИРОВОЧНОЙ НАГРУЗКИ..... 44

Шераш Н.В., Будко А.Н.
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЙ УТОМЛЕНИЯ И
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ
НАЦИОНАЛЬНОЙ КОМАНДЫ ПО
ЛЫЖНЫМ ГОНКАМ В ХОДЕ
МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ..... 51

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА: ПРОФИЛАКТИКА ПАТОЛОГИЙ, СОХРАНЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ СПОРТСМЕНОВ

**Гаврилова Е.А., Загородный Г.М.,
Чурганов О.А., Белодедова М.Д.**
ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ, БАД И ГИД-
РАТАЦИЯ В ХОККЕЕ С ШАЙБОЙ..... 60

Шпехт М.В., Пирогова Л.А.
НОВЫЕ МЕТОДЫ В РЕАБИЛИТАЦИИ
СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ОПЕРАТИВНОГО
ЛЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕНИСКОВ..... 72

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Агафонова М.Е.
ВЛИЯНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ
СПОРТСМЕНА..... 81

**Малёваная И.А., Иванова Н.В.,
Цехмистро Л.Н., Веремейчик А.П.,
Дворяков М.И.**
РОЛЬ ВИТАМИНА D В СПОРТЕ
(обзор литературных источников)..... 89

Никулина Г.Ю.
СОВРЕМЕННЫЕ КРИТЕРИИ
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И ГИПОТЕЗЫ
СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ
У СПОРТСМЕНОВ..... 98

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ И АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

УДК 796.696

К АНАЛИЗУ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛЫЖНЫХ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ СПОРТСМЕНОВ

А. С. Дорожко, аспирант,

Белорусский национальный технический университет

Аннотация

В статье представлены результаты пилотного эксперимента по обоснованию применения интеллектуальных сенсорных систем для исследования закономерностей биомеханической структуры движений спортсменов в лыжных локомоциях и анализа индивидуальных особенностей техники передвижения на лыжах. Применение данных средств позволило зарегистрировать показатели упругих деформаций лыжного инвентаря в опорных взаимодействиях спортсмена при передвижении на лыжероллерах. В результате проведенного эксперимента зафиксированы и проанализированы индивидуальные закономерности биомеханической структуры движений спортсмена в одновременной бесшажной технике лыжного бега. Выявлены ключевые моменты, влияющие на эффективность преобразования затраченной спортсменом энергии в полезный результат деятельности. Полученные данные об индивидуальных особенностях техники передвижения на лыжах могут использоваться для оценки специальной подготовленности лыжников-гонщиков и для корректировки программ технической подготовки на этапах многолетнего спортивного совершенствования.

ANALYSIS OF THE BIOMECHANICAL INDIVIDUAL REGULARITIES STRUCTURE OF THE SKIING ATHLETES' MOVEMENTS

Abstract.

The article presents the results of a pilot experiment for the intelligent sensor systems usage rationale to study the regularities of the biomechanical structure of athletes' movements in ski locomotion and to analyze the individual characteristics of skiing techniques. The facilities use made it possible to register elastic deformation indicators of ski equipment in the athlete's ground interactions when moving on roller skis. As a result of the pilot experiment, individual biomechanical structure patterns of the athlete's movements in the double poling skiing technique were recorded and analyzed. The key points that affect the efficiency of the energy conversion spent by the athlete into a useful result of activity are identified. The obtained data on the individual characteristics of skiing techniques can be used to assess the special preparedness of cross-country skiers and to adjust the technical training at the stages of many years of sports improvement.

Введение

Современные лыжные гонки – это преодоление дистанций различной протяжённости от 1 до 90 км. Разнообразие соревновательных дистанций, различный формат и стиль гонок, введение новых соревновательных дисциплин делает лыжные гонки одним из самых востребованных видов спорта на выносливость [1]. Лыжные гонки представляют собой сложную гоночную структуру с широким арсеналом техники передвижения по разнообразному рельефу, что выделяет данный вид спорта из ряда циклических видов спорта.

Использование различной техники в лыжных гонках, каждая из которых включает в себя работу мышц верхней и нижней части тела, предъявляет серьёзные требования к техническому мастерству спортсмена. В условиях возрастающей конкуренции в лыжных гонках, в особенности на международных стартах, достижение стабильно высоких результатов возможно только при полной реализации двигательного потенциала в соревновательных условиях. Одним из основных факторов повышения потенциала спортсменов высокого класса является рациональная, стабильная и вариативная техника движений, а способность спортсмена длительно поддерживать эффективную и стабильную технику движений является одним из основных компонентов достижения высоких результатов в соревновательной деятельности [2, 3].

На современном этапе развития лыжных гонок продолжается поиск наиболее эффективных способов техники передвижения на лыжах с учётом постоянного увеличения средней скорости скольжения по соревновательной дистанции и повышения интенсивности спортивной конкуренции [4]. Эволюция лыжных гонок привела к некоторым изменениям в содержании и направленности учебно-тренировочного процесса лыжников. Так, тренировочный процесс современных лыжников-гонщиков имеет более специализированную подготовку, направленную на повышение скорости и мощности отталкивания, особенно в классических ходах передвижения на лыжах. Исходя из данных изменений, биомеханическая структура движений спортсменов в лыжных локомоциях была адаптирована к увеличению силы и мощности отталкивания, что привело к некоторым модификациям существующих и появлению новых подтехник передвижения на лыжах [5].

Однако, несмотря на активное совершенствование методик в изучении техники бега на лыжах за последние десятилетия, ряд авторитетных специалистов сходятся во мнении, что на сегодняшний день недостаточно полно изучены кинетические показатели спортсменов в лыжных локомоциях, а также отсутствуют разработки конкретных силовых и технических моделей передвижения для увеличения мощности отталкивания и повышения эффективности двигательных действий [1, 3, 6, 7]. Кроме того, в научной литературе отсутствуют данные о взаимосвязях между биомеханической структурой движений и показателями опорных взаимодействий спортсмена в лыжных локомоциях с преобразованием метаболической и механической энергии в полезный результат деятельности.

Мы полагаем, что определение индивидуальных закономерностей биомеханической структуры движений в лыжных локомоциях может служить для целенаправленного воздействия на отдельные элементы техники движений спортсменов с целью повышения уровня их технической подготовленности. Определение закономерностей биомеханической структуры движений возможно при помощи современных интеллектуальных

сенсорных систем, использование которых позволяет зарегистрировать интересующие параметры с высокой точностью в структуре основных элементов соревновательного упражнения как в лабораторных, так и в полевых условиях [8–10].

Цель исследования: изучить возможности использования интеллектуальных сенсорных систем для исследования закономерностей биомеханической структуры движений спортсменов в лыжных локомоциях.

Методы и организация исследования

Пилотное исследование проводилось с участием спортсмена 28 лет, имеющего квалификацию мастера спорта по лыжным гонкам. В рамках тестового задания спортсмену предлагалось преодолеть на лыжероллерах несколько равнинных отрезков ($n=5$; уклон трассы – от 0 до 1,5°) продолжительностью 20 с и интенсивностью, соответствующей индивидуальному порогу анаэробного обмена. При выполнении предложенного задания спортсмен использовал исключительно одновременную бесшажную технику лыжного хода.

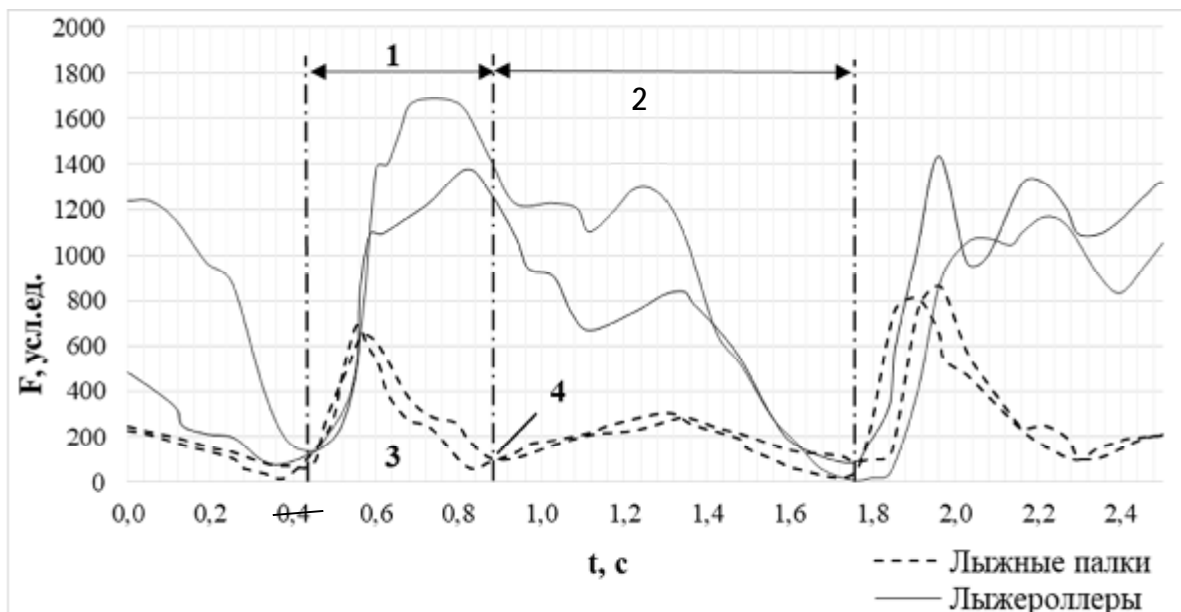
Для регистрации усилий, прикладываемых спортсменом, использовались лыжероллеры (Marwe, Финляндия) и лыжные палки (KV+, Швейцария) с закреплёнными на них интеллектуальными тензодатчиками, разработанными в лаборатории спортивной биомеханики Белорусского национального технического университета. Каждый датчик состоял из модуля электроники, включающего в себя аналого-цифровой преобразователь (Analog-to-digital converter, ADC), микропроцессор (CPU), цифровой интерфейс (Serial Digital Interface, SDI), и модуля для беспроводной передачи данных. При взаимодействии спортсмена с опорой регистрируемые значения упругих деформаций инвентаря передавались по беспроводному каналу Bluetooth на мобильное устройство-приемник, расположенное в экипировке спортсмена, где они обрабатывались и после завершения теста в виде цветных графиков отображались на экране. Частота дискретизации сигналов составляла 50 Гц. Синхронная регистрация данных велась одновременно с четырех датчиков, по одному на каждой лыжной палке и лыжероллере. После окончания теста полученная информация экспортировалась из устройства-приемника в персональный компьютер для последующего математического анализа.

Перед проведением исследования спортсмен проходил инструктаж о целях, задачах и правилах его проведения.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате синхронной регистрации и последующей обработки данных были получены значения, характеризующие динамику воздействия спортсмена на лыжный инвентарь при взаимодействии с опорой. При анализе материала учитывалось, что изменение значений деформации инвентаря, как правило, пропорционально значениям прикладываемых спортсменом усилий [11].

Пример графика динамики упругих деформаций лыжного инвентаря с обозначением фаз и ключевых моментов одного цикла одновременного бесшажного хода представлен на рисунке 1.



- 1 – фаза одновременного отталкивания руками;
 2 – фаза свободного скольжения; 3 – контакт лыжных палок с опорой;
 4 – отрыв лыжных палок от опоры

Рисунок 1 – График упругих деформаций лыжного инвентаря с обозначением фаз и ключевых моментов одного цикла одновременного бесшажного хода

В результате анализа динамики упругих деформаций инвентаря при взаимодействии спортсмена с опорой во время передвижения на лыжероллерах с использованием одновременной бесшажной техники лыжного хода были выявлены следующие закономерности, характеризующие индивидуальную биомеханическую структуру движений:

1. Минимальные значения деформации лыжероллеров были зарегистрированы в завершении фазы свободного скольжения, во время выполнения спортсменом замаха руками для последующего отталкивания. Снижение деформации лыжероллера, как следствие уменьшения его загрузки, возникает в результате действий спортсмена для принятия определенного положения туловища (управляемое падение), способствующего большему вовлечению мышц верхней части тела с целью выполнения отталкивания и создания предпосылок для трансформации потенциальной энергии массы тела в кинетическую (перемещение ОЦТ вперед-вверх: замах руками, разгибание коленного и тазобедренного суставов, подъем на носки, увеличение наклона туловища вперед). Данная закономерность характерна для современных представлений о биомеханике одновременной бесшажной техники лыжного хода [5, 12, 13].

2. Возрастание деформации лыжных палок и лыжероллеров в начальной фазе выполнения отталкивания руками, которое происходит одновременно. После контакта лыжных палок с опорой происходит быстрое и значительное увеличение их деформации, вызванное усилиями спортсмена. Вместе с возрастанием приложенных усилий на лыжные палки происходит увеличение значений деформации лыжероллеров, возникающее в результате опускания спортсменом на пятки и выполнением незначительного подседания. Закономерности действий спортсмена в данной фазе согласуются с утверждением, что для повышения эффективности

отталкивания необходимо достижение наивысших значений приложенного усилия на лыжные палки в максимально короткий временной промежуток [5].

3. В большей части циклов (68 %) максимальная деформация лыжероллера приходится на фазу одновременного отталкивания руками (рисунок 2). Деформация лыжероллеров возникала в результате акцентированного опускания спортсмена на пятки. При передвижении на лыжероллерах данная закономерность не будет иметь значительных негативных моментов для эффективной трансформации приложенных спортсменом усилий в ускорение. Однако, как мы полагаем, перенос данной закономерности техники передвижения на лыжероллерах на технику передвижения на лыжах будет иметь существенные отрицательные последствия. Динамика деформаций лыжероллеров свидетельствует о существенном возрастании нагрузки на них в фазе одновременного отталкивания руками, а подобное действие при движении на лыжах приведёт к увеличению давления на опорную поверхность и, следовательно, к увеличению силы трения скольжения, противодействующей продвижению спортсмена. Кроме того, возрастание давления на лыжу неизбежно приведёт к увеличению площади соприкосновения скользящей поверхности лыж с опорой. При этом стоит отметить, что на соревнованиях в лыжных гонках классическим стилем, а одновременный бесшажный ход является разновидностью классической техники в лыжных гонках, используются специальные мази «держания», увеличивающие коэффициент трения, наносимые на скользящую поверхность лыж с целью недопущения скольжения лыжи назад в фазах отталкивания ногами. Увеличение площади соприкосновения опоры (снежного покрова лыжной трассы) с частью скользящих поверхностей лыж, на которые нанесена мазь «держания», приводит к заметному увеличению силы трения скольжения. Следовательно, от спортсмена требуется прикладывать значительные усилия для поддержания требуемой скорости, т.к. необходимы дополнительные усилия для преодоления возрастающей силы трения скольжения между собственной скользящей поверхностью лыжи и снегом, противодействующей движению вперёд. Таким образом, испытуемый спортсмен, предварительно создав предпосылки для вовлечения потенциальной энергии массы тела в продвижение вперед, совершает техническую ошибку, в результате которой потенциальная энергия массы тела трансформируется в кинетическую с точкой приложения силы не по оси лыжных палок, а в области стоп спортсмена, приводя к излишней нагрузке на лыжи/лыжероллеры. Более рациональным действием в данной фазе будет максимально возможный перенос массы тела на лыжные палки, что увеличит силу отталкивания и снизит нагрузку на лыжи/лыжероллеры.

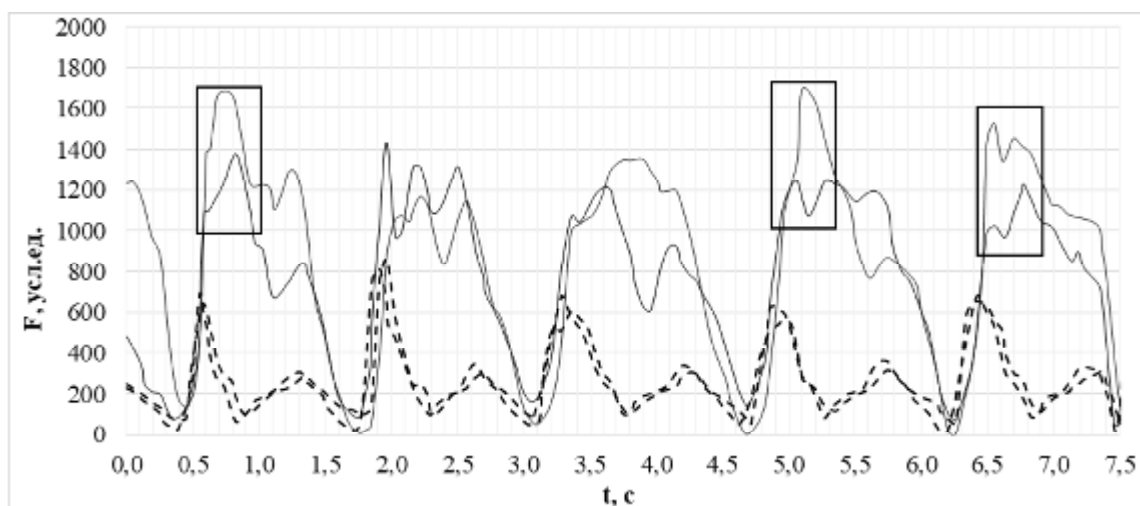


Рисунок 2 – Динамика упругих деформаций инвентаря при взаимодействии спортсмена с опорой в пяти последовательных циклах двигательных действий. Промежуток максимальной деформации лыжероллеров в циклах выделен прямоугольниками

Заключение

Одними из важнейших средств предсезонной подготовки лыжников-гонщиков в беснежный период являются имитационные упражнения и передвижение на лыжероллерах. Используя эти средства можно целенаправленно воздействовать на развитие определённых физических качеств спортсмена и совершенствование элементов техники избранного вида лыжного хода. Следовательно, основной задачей применения таких средств является моделирование техники передвижения на лыжах, а кроме того, овладение двигательными навыками, способствующими максимальной реализации физического и функционального потенциала спортсмена на соревнованиях различного уровня. Однако существует определённое различие в характеристике сил, действующих на лыжника при его движении на лыжах, по сравнению с передвижением на лыжероллерах. Так, при взаимодействии лыж с опорой возникает сила трения скольжения, а при взаимодействии лыжероллера с опорой – сила трения качения. Отличия в способах контакта между движущимся телом и опорной поверхностью обуславливает несколько различные требования к эффективной технике лыжных локомоций. Данная особенность может приводить к возможному отрицательному переносу двигательных умений и навыков, характерных для передвижения на лыжероллерах, на технику передвижения на лыжах.

Для поиска оптимальной биомеханической структуры движений спортсмена в лыжных локомоциях тренеру необходимо знать и понимать закономерности взаимодействия его с опорой, а также поведение инвентаря при выполнении определённых двигательных действий. В лыжных гонках единственным достоверным способом определить степень воздействия спортсмена на инвентарь и опорную поверхность является использование средств тензометрии. Информация об упругих деформациях, получаемая при тензометрических измерениях, позволяет определить характер приложения усилий в различных фазах и моментах циклических движений и выявить индивидуальные закономерности биомеханической структуры движений у каждого спортсмена. Данная информация может использоваться для оценки специальной подготовленности лыжников-гонщиков и корректировки

биомеханической структуры движений спортсмена в лыжных локомоциях. С помощью интеллектуальных сенсорных систем можно существенно повысить эффективность тренировочного процесса и создать предпосылки для повышения спортивного результата.

Список использованных источников

1. Holmberg, H.-C. Nordic skiing biomechanics and physiology / H.-C. Holmberg, G. Smith // *Biomechanics in Sports: 28th Conference of the International Society, Michigan, USA, July 2010 / Northern Michigan University. – Michigan, USA, 2010. – P. 308–312.*
2. Новикова, Н.Б. Проблемы совершенствования техники коньковых ходов квалифицированных лыжников-гонщиков / Н. Б. Новикова, Г. Г. Захаров, Н. Б. Котелевская // *Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2017. – № 7 (149). – С. 161–165.*
3. Sandbakk, Ø. A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing / Ø. Sandbakk, H.C. Holmberg // *International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2013. – Vol. 9, № 1. – P. 117–121.*
4. Раменская, Т.И. Техническая подготовка лыжника / Т.И. Раменская. – М.: Физкультура и спорт, 1999. – 264 с.
5. Holmberg, H.-C. Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers / H.-C. Holmberg, S. Lindinger, T. Stöggl, E. Eitzlmair, E. Müller // *Med. Science Sports Exercise. – 2005. – Vol. 37, № 5. – P. 807–818.*
6. Welde, B. The pacing strategy and technique of male cross-country skiers with different levels of performance during a 15-km classical race / B. Welde [et al.] // *PLoS One. – 2017. – Vol. 12, № 11. – P. 135–164.*
7. Losnegard, T. Physiological determinants of performance in modern elite cross-country skiing: Thesis for: PhD / T. Losnegard; Norwegian school of sport sciences. – Oslo, 2013. – P. 140.
8. Vassiouk, V. Testing of speed-strength readiness of ski athletes using intelligent sensory-based systems / V. Vassiouk, A. Darozhka, A. Minchenya // *Sporto mokslas. – 2019. – № 2 (96). – P. 46–56.*
9. Васюк, В.Е. Оценка генерации продвигающих сил при взаимодействии спортсмена с опорой в лыжных локомоциях / В. Е. Васюк, А. С. Дорожко // *Мир спорта. – 2019. – № 3 (76). – С. 91–98.*
10. Дорожко, А.С. Оценка эффективности лыжных передвижений спортсменов с использованием методики мобильной тензодинамографии / А.С. Дорожко // *II Европейские игры – 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов: материалы Международной науч.-практ. конференции, Минск, 4–5 апреля 2019. / Белорусский государственный университет физической культуры; редкол. : С.Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – С. 108–112.*
11. Анцыперов В. В. Технология тензометрического измерения в спорте : монография / В. В. Анцыперов. – Волгоград: ФГОУВПО «ВГАФК», 2013. – 129 с.
12. Biomechanical and energetic determinants of technique selection in classical cross-country skiing / B. Pellegrini [et al.] // *Human movement science. – 2013. – Vol. 32, № 6. – P. 1415–1429.*
13. Van Hall, G. Leg and arm lactate and substrate kinetics during exercise / G. Van Hall [et al.] // *American journal of physiology-endocrinology and metabolism. – 2003. – Vol. 284, № 1. – P. 193–205.*

11.05.2020

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА КОМАНДЫ ВЫСОКОГО СПОРТИВНОГО МАСТЕРСТВА

В. Э. Занковец, магистр пед. наук,

Хоккейный клуб «Динамо-Санкт-Петербург»;

Г. М. Загородный, канд. мед. наук, доцент

Республиканский научно-практический центр спорта

Аннотация

Целью исследования явилось изучение скорости прироста результатов в контрольных упражнениях, направленных на оценку силовых, скоростных, скоростно-силовых способностей и выносливости под влиянием тренировочных нагрузок в рамках подготовительного периода команды КХЛ. Обследованы 8 профессиональных хоккеистов высокого спортивного мастерства в возрасте 21–28 лет в период проведения трехнедельного подготовительного периода по разработанной программе. Выявлено достоверное повышение результатов в тесте бег 3 км на 10,9% и в тесте бег 30 метров на 3,6% на фоне адекватной устойчивой переносимости физических нагрузок. Основным звеном получения желаемого результата является эффективная программа подготовки с учетом индивидуальных особенностей спортсменов.

EVALUATION AND ANALYSIS OF THE TRAINING PROCESS EFFECTIVENESS FOR A HIGH SPORTSMANSHIP TEAM

Abstract

The study aimed to assess the rate of increased results of test exercises under the directed training loads influence within the preparatory KHL period. During the three-week pre-season elaborated period, eight professional hockey players of high sportsmanship aged 21–28 years were examined. Significantly increased test results were found in the 3 km run test by 10.9% and in the test 30 meter run by 3.6% against the background of adequate stable tolerance to physical activity. The main link in obtaining the desired result is an effective training program that takes into account the individual characteristics of athletes.

Введение

Согласно результатам анкетного опроса тренеров физическая подготовленность спортсменов признаётся специалистами одним из самых важных аспектов тренированности в современном профессиональном хоккее [4, 5]. Эффективная система подготовки хоккеистов невозможна без наличия обратной связи, которая в спорте осуществляется с помощью педагогического контроля [3, 7]. Последний является не только инструментом анализа индивидуальных профилей спортсменов и оценки их прогресса под влиянием тренировочной нагрузки, но и средством анализа эффективности тренировочной программы, предложенной тренерским штабом.

К сожалению, в современном профессиональном хоккее сложилась ситуация недооценки значимости периодичности тестирования, нередко педагогический контроль не проводится вовсе [3]. Такое положение дел делает невозможным индивидуализацию процесса подготовки, а также замедляет прогресс, как спортсменов, так и тренеров. Замкнутость информации в профессиональных хоккейных клубах также не способствует

развитию специалистов: остаются скрытыми от коллег как тренерские «находки», так и причины неудач. Полноценный анализ медико-биологического сопровождения, врачебный контроль в период проведения УТС, тестовых мероприятий с последующей не только статистической обработкой, но и сопряжением и анализом врачебно-педагогических показателей позволяет комплексно подойти к вопросам рационального построения тренировочного процесса. Нет сомнений, что обобщение опыта подготовки спортсменов в профессиональных командах является эффективным инструментом совершенствования как теории, так и практики спорта [12, 14].

В данном исследовании анализируется эффективность тренировочной программы команды КХЛ «Динамо-Минск» в подготовительном периоде. Подготовка команды проводилась под руководством главного тренера Л. Поковича. Впоследствии выступление команды в регулярном чемпионате КХЛ было признано успешным: набрано **100** очков, что стало лучшим достижением в истории клуба.

Цель исследования: изучить скорость прироста результатов в контрольных упражнениях, направленных на оценку силовых, скоростных, скоростно-силовых способностей и выносливости под влиянием тренировочных нагрузок в рамках подготовительного периода команды КХЛ.

Материал: протестировано **8** хоккеистов-профессионалов представителей команды КХЛ в возрасте **21–28** лет.

Методы исследования:

Методика тестирования скоростных способностей

Для исследования скоростных качеств использовался стандартный тест бег **30** метров [7, 10, 13, 16]. Выполнение: испытуемый занимает положение высокого старта, передняя нога на стартовой линии, и стартует по готовности. Задача – выполнять бег с максимальной скоростью. Результат фиксируется с помощью тайминговой системы **Swift**.

Методика тестирования скоростно-силовых способностей

Для исследования скоростно-силовых способностей спортсменов применялся стандартный тест – прыжок в длину с места [7, 9, 16].

Методика тестирования силовых способностей

Измерения силовых способностей проводились при помощи теста становая тяга с использованием динамометрического устройства (рисунок **1**). Корреляционный анализ показателей суммарной силы **21** группы мышц показал, что данный тест отражает суммарный силовой потенциал спортсмена [1]. Выполнение: испытуемый занимает исходное положение на опорной площадке: ноги на ширине плеч, угол сгибания в коленных суставах **120** градусов, спина прямая, тяговая рукоятка удерживается прямыми руками на уровне середины бёдер. По готовности спортсмен плавно, на счёт **1-2-3**, совершает тягу с максимальным усилием в статическом положении.



Рисунок 1 – Общий вид динамометрического устройства [7]

Методика тестирования выносливости при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения

Для оценки выносливости при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения применялся тест бег 3 км при ЧСС 150 уд/мин [2, 7]. Для проведения теста необходимо наличие беговой дорожки, секундомера, мониторов ЧСС с двойной обратной связью: тестируемый получает информацию о своей ЧСС на наручных часах, тренер – на планшете.

Выполнение: по свистку или иному заранее оговоренному сигналу испытуемый начинает бег, для разминки и повышения ЧСС до 150 уд/мин даётся два круга. По завершении второго круга запускается секундомер, испытуемый должен преодолеть 3 км, удерживая ЧСС в диапазоне 150±5 уд/мин. Фиксируется время преодоления дистанции. Оцениваются врачебно-педагогические показатели работоспособности.

Протестировано 8 хоккеистов-профессионалов – представителей команды КХЛ «Динамо-Минск» в возрасте 21–28 лет; 5 защитников, 2 нападающих, 1 – вратарь.

Процесс подготовки в период с 20.06. по 11.07. включал 33 учебно-тренировочных занятия и 5 выходных дней (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Тренировочная программа

Дата	Направленность учебно-тренировочного занятия	Объём (мин)
20.06	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности без использования внешних отягощений)	30
	2. УТЗ на стадионе (выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения)	40
21.06	Выходной	
22.06	Выходной	
23.06	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности без использования внешних отягощений)	25
	2. УТЗ на стадионе (выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения)	50
24.06	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности без использования внешних отягощений)	25
	2. УТЗ на стадионе (выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения)	50
25.06	1. УТЗ на стадионе (выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения)	50
26.06	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности с использованием внешних отягощений)	40
	2. УТЗ на стадионе (выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения)	50
27.06	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности с использованием внешних отягощений)	40
	2. УТЗ на стадионе (выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения)	50
28.06	Выходной	
29.06	Выходной	
30.06	1. УТЗ на стадионе (скоростные способности)	25
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
1.07	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности с использованием внешних отягощений)	25
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
2.07	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности с использованием внешних отягощений)	25
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
3.07	1. УТЗ в тренажёрном зале (координационные способности)	20
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
4.07	1. УТЗ на стадионе (скоростные способности)	40
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
5.07	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности с использованием внешних отягощений)	45
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
6.07	Выходной	
7.07	1. УТЗ на стадионе (скоростные способности)	35
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
8.07	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности с использованием внешних отягощений)	45
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
9.07	1. УТЗ в тренажёрном зале (координационные способности)	20
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
10.07	1. УТЗ на стадионе (скоростные способности)	35
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60
11.07	1. УТЗ в тренажёрном зале (силовые способности с использованием внешних отягощений)	45
	2. УТЗ на хоккейной площадке (смешанная направленность)	60

Таблица 2 – Направленность учебно-тренировочного процесса

Направленность	Количество занятий	Объём занятий (мин)
СФП, смешанная направленность	11	660
ОФП, выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения	6	290
ОФП, силовые способности с использованием внешних отягощений	7	265
ОФП, скоростные способности	4	135
ОФП, силовые способности без использования внешних отягощений	3	80
ОФП, координационные способности	2	40

Тренировочные занятия, направленные на развитие выносливости (ПАНО) при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения [6]

Учебно-тренировочное занятие проходило на стадионе с беговой дорожкой. Спортсменам было необходимо поддерживать заданную ЧСС при беге:

- 5 мин пульс **120** уд/мин;
- 10 мин пульс **130** уд/мин;
- 10 мин пульс **140** уд/мин;
- 10 мин пульс **150** уд/мин;
- 5 мин пульс **130** уд/мин.

Учебно-тренировочные занятия с **23.06** по **27.06**, включительно также проходили на беговой дорожке стадиона. Спортсменам давалось задание поддерживать следующую ЧСС при беге:

- 5 мин пульс **120** уд/мин;
- 10 мин пульс **130** уд/мин;
- 10 мин пульс **140** уд/мин;
- 10 мин пульс **150** уд/мин;
- 10 мин пульс **160** уд/мин;
- 5 мин пульс **130** уд/мин.

Тренировочные занятия силовой направленности без использования внешних отягощений

Круговая тренировка без отягощений **20.06** включала 7 станций. Упражнения чередовались по схеме: одно упражнение на верхние конечности, затем на нижние. Между ними использовались упражнения на мышцы-сгибатели и -разгибатели туловища. Необходимо было выполнить по **15–20** повторений в каждом упражнении в рамках одного подхода. Пауз отдыха между упражнениями не было, между кругами – **3** минуты. Всего в рамках учебно-тренировочного занятия выполнялись **3** круга упражнений.

Далее, **23.06** и **24.06** круговые тренировки без отягощений включали по **6** станций каждая. Первое занятие включало упражнения на мышцы верхних конечностей и мышцы-разгибатели спины по **10** повторений каждое в рамках одного подхода. Второе занятие – на мышцы нижних конечностей и живота, которые также было необходимо сделать по **10** повторений. Паузы между упражнениями не было, между кругами – **3** минуты. Всего в рамках учебно-тренировочных занятий было необходимо выполнить **3** круга.

Тренировочные занятия силовой направленности с использованием внешних отягощений

Круговые тренировки **26.06** и **27.06** включали по **6** станций каждая. Первое занятие включало упражнения на мышцы верхних конечностей, а также мышцы-разгибатели спины, которые было необходимо сделать по **10** повторений каждое в рамках одного подхода; второе – на мышцы нижних конечностей, плечевого пояса и живота, которые также было необходимо сделать по **10** повторений. Паузы между упражнениями составляли **1** минуту, между кругами – **1** минуту. Всего в рамках учебно-тренировочного занятия было необходимо выполнить **3** круга.

Круговые тренировки **1.07** и **2.07** включали по **4** упражнения. Первое занятие включало **2** упражнения на мышцы верхних конечностей и **1** на мышцы-разгибатели спины, которые было необходимо сделать по **10** повторений в рамках одного подхода, а также **1** упражнение в изометрическом режиме на мышцы живота, выполняемое на протяжении **1** минуты. Второе занятие включало **3** упражнения на мышцы нижних конечностей по **10** повторений каждое в рамках одного подхода и **1** упражнение в изометрическом режиме на мышцы живота, выполняемое на протяжении **1** минуты. Паузы между упражнениями составляли **1** минуту, между кругами – **1** минуту. Всего в рамках учебно-тренировочных занятий было необходимо выполнить **3** круга.

Круговая тренировка **5.07** включала **7** упражнений на различные группы мышц. Было включено по **2** упражнения на мышцы нижних и верхних конечностей, которые необходимо было сделать по **12** повторений каждое в рамках одного подхода; **2** упражнения на мышцы живота, которые необходимо было сделать по **15** повторений каждое в рамках одного подхода; **1** упражнение на мышцы плечевого пояса, в рамках которого необходимо было сделать **10** повторений в рамках одного подхода. Паузы между упражнениями составляли **1** минуту, между кругами – **1** минуту. Всего в рамках учебно-тренировочных занятий было необходимо выполнить **3** круга.

Круговые тренировки **8.07** и **11.07** включали по **7** упражнений на различные группы мышц. Комплекс круговой тренировки включал по **2** упражнения на мышцы нижних и верхних конечностей по **8–12** повторений каждое в рамках одного подхода; **1** смешанное упражнение на мышцы нижних и верхних конечностей, где необходимо было сделать **10** повторений в рамках одного подхода; **1** упражнение на мышцы плечевого пояса, где необходимо было сделать **10** повторений в рамках одного подхода; **1** упражнение на мышцы живота, где необходимо было выполнить **60** повторений. Паузы между упражнениями составляли **1** минуту, между кругами – **1** минуту. Всего в рамках учебно-тренировочных занятий было необходимо выполнить **3** круга.

Тренировочные занятия, направленные на развитие координационных способностей

Занятия данной направленности проводились **3.07** и **9.07** в формате круговой тренировки без использования внешних отягощений и включали по **6** упражнений каждое, которые было необходимо выполнять на протяжении **30** секунд, **3** круга. Паузы между упражнениями составляли **30** секунд, между кругами – **1** минуту.

Тренировочные занятия, направленные на развитие скоростных способностей

Тренировочное занятие **30.06** включало **2** серии упражнений по **6** повторений каждое. Продолжительность одного повторения не превышала **8** секунд, отдых между повторениями составлял **90** секунд, между упражнениями – **5** минут.

Тренировочное занятие 4.07 включало 3 упражнения, в рамках первого было необходимо выполнить 4 повторения, в рамках второго – 6, в рамках третьего – 8. Продолжительность одного повторения не превышала 8 секунд, отдых между повторениями составлял 90 секунд, между упражнениями – 5 минут.

Тренировочные занятия 7.07 и 10.07 включали по 3 упражнения: в рамках первого было необходимо выполнить 4 повторения, в рамках второго и третьего – 6. Продолжительность одного повторения не превышала 8 секунд, отдых между повторениями составлял 90 секунд, между упражнениями – 5 минут.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные в ходе педагогического контроля данные были обработаны в интегрированной системе комплексного многомерного анализа и обработки «Statistica-6» [8]. Достоверность различий между средними значениями выборок, полученных на одной и той же группе, определялась с помощью критерия Уилкоксона.

Результаты статистической обработки отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Описательная статистика

Контрольное упражнение	Становая тяга, (кг)	Прыжок в длину, (см)	Бег 30 м, (с)	Бег 3 км при ЧСС 150, уд/мин (мин:с)
Среднее значение, (19.06.2014)	179,57	274,50	4,33	18:57
Среднее значение, (12.07.2014)	184,29	274,63	4,18	16:53
Критерий Уилкоксона	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p<0,05
Прогресс, %	2,63	0,05	3,58	10,91

Три недели подготовки позволили достичь достоверного улучшения показателей на 3,6 % в контрольном упражнении бег 30 метров, который характеризует скоростные способности, и на 10,9 % в беге 3 км при ЧСС 150 уд/мин, который характеризует выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения.

Данные результаты свидетельствуют о том, что профессиональные хоккеисты после отпуска довольно быстро и существенно могут повысить уровень своей общей выносливости в условиях преимущественно аэробного режима энергообеспечения. В частности, спортсменам, принимавшим участие в данном исследовании, для того чтобы сократить время преодоления дистанции 3 км при фиксированном пульсе 150 уд/мин, понадобилось 6 однонаправленных занятий в рамках общей физической подготовки и 11 занятий смешанной направленности в рамках специальной физической подготовки.

Полученный результат 4 проведенных тренировочных занятий скоростной направленности в рамках общей физической подготовки в совокупности с теми же 11 занятиями смешанной направленности в рамках специальной физической подготовки позволил улучшить время бега отрезка 30 метров на 0,15 секунды.

Вместе с тем 10 тренировочных занятий силовой направленности не повысили достоверно уровень силовых и скоростно-силовых способностей профессиональных хоккеистов. При этом динамика результатов в тесте становая тяга с использованием динамометрического устройства, отражающего суммарный силовой потенциал спортсмена [1], и прыжке в длину с места, отражающего скоростно-силовые способности, является

положительной: спортсмены продемонстрировали в среднем результат на **4,72** кг больше в первом тесте и на **0,13** см – во втором.

Согласно результатам анкетирования специалистов в области хоккея большинство профессиональных хоккеистов после отпуска возвращаются со средним (**68** %), а **20** % и вовсе с неудовлетворительным уровнем физической подготовленности [5]. В реальной практике хоккея тренерам удается в ряде случаев успешно восстановить прежние физические кондиции команды в сжатые сроки предсезонного сбора.

Возникает вопрос: какие педагогические и биологические концепции могут объяснить столь быстрый прогресс? Высокая скорость прироста результатов в тестах, отражающих скоростные способности и выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения, вероятно, объясняется дезадаптацией физических способностей за переходный период, в ходе которого хоккеисты предоставлены сами себе, и последующей реадaptацией, которая, как известно [42], происходит в более короткие сроки. Одна из гипотез [18], которая объясняет высокие темпы реадaptации, заключается в том, что ранее нетренированные мышцы приобретают новые мышечные ядра путем слияния миосателлитов, что предшествует гипертрофии. При дезадаптации происходит гипотрофия мышц, однако потери мио ядер не наблюдается. При возобновлении нагрузок реадaptация происходит быстрее за счёт «пропуска» этапа образования новых мышечных ядер.

Полученные в ходе этой работы данные согласуются с результатами зарубежных исследований, в которых также наблюдались достоверные приросты показателей в относительно сжатые сроки. Так, Фирсов А.Г. свидетельствует о повышении результатов на **3,3** % в тесте, характеризующем скоростно-силовые способности, у **17-19-летних** борцов-самбистов после двух недель акцентированной подготовки [15]. Mathisen G. зафиксировал достоверные приросты результатов у девушек-футболистов **15** лет в контрольных упражнениях бег **10** метров на **4,1** %, бег **20** метров – **3,2** % в экспериментальной группе, которые в дополнение к **16** специальным тренировочным занятиям выполняли **8** общеподготовительных занятий продолжительностью **1** час каждое, направленных на развитие скоростных и координационных способностей [32]. Также был зафиксирован прирост в **5,2** % в тесте, отражающем координационные способности.

Ronnestad B. пишет о достоверных приростах результатов в экспериментальной группе профессиональных футболистов – представителей высшего дивизиона Норвегии в силовом тесте «присед с максимальным отягощением» на **25** %, в скоростно-силовом тесте «прыжок в длину с места» на **4** %, а также в тестах, отражающих скоростные способности: бег **40** метров, стартовая скорость на **10** первых метрах дистанции и дистанционная скорость на последних **10** метрах данной дистанции, под влиянием **14** ОФП занятий силовой направленности в дополнение к **42-56** специальным занятиям [39]. Koral J. зафиксировал у тренированных трейлраннеров (трейлраннинг – спортивная дисциплина лёгкой атлетики с **2015** года, подразумевающая бег по природному рельефу [29]) статистически достоверные приросты показателей на **42,0** % в тесте «бег в темпе **90**% от максимальной аэробной скорости» до отказа, на **2,8** % в разновидности теста со ступенчато-возрастающей нагрузкой «Тест университета Монреаля на стадионе», который заключался в увеличении скорости бега с **8** км/ч на **1** км/ч каждые **2** минуты и на **5,7** % в тесте бег **3 000** метров под влиянием **6** тренировочных занятий [29].

Под влиянием тренировочной нагрузки раньше всего изменения возникают в коре головного мозга [11, 34]. «Мощный поток импульсов, поступающих от органов чувств и проприорецепторов мышц, приводит к появлению в коре очагов возбуждения – областей расположенных рядом нейронов, которые возбуждаются одновременно» [11]. Тренировочные нагрузки «повышают возбудимость двигательных нейронов и вызывают синаптогенез, что улучшает связь между нервной системой и мышцами» [34]. Вероятно, при возобновлении тренировочных нагрузок после периода отдыха эффективность данного механизма повышается. «Нервная система быстрее и чётче реагирует на поступающую от рецепторов информацию, запуская деятельность нужных мышц и внутренних органов <...>. За счёт согласованной работы мышц повышается точность, сила и скорость движений» [11].

Адаптация к нагрузкам при преимущественно анаэробном режиме энергообеспечения

Самые ранние приспособительные реакции к силовым, скоростным и скоростно-силовым нагрузкам происходят в нервной системе без существенной гипертрофии мышц: повышается степень рекрутирования мышц-антагонистов, растёт частота подачи импульсов, увеличивается степень синхронизации активации двигательных единиц, повышается порог возбудимости рецепторов сухожильного органа Гольджи [27]. Также применение тренировочных занятий такой направленности ведёт к первоочередному рекрутированию быстрых моторных единиц в обход «принципа величины» Хеннемана [25]. Для спортсменов, выполняющих какое-либо упражнение впервые, характерна более высокая степень коактивации мышц-антагонистов, которая снижается в процессе разучивания данных заданий [24]. К снижению коактивации мышц-антагонистов могут приводить и тренировочные занятия силовой направленности [21, 27]. В дополнение, тренировочные занятия скоростной направленности способствуют изменению момента коактивации мышц-антагонистов [28]. Ещё одним исследованием, подтверждающим, что за большую часть быстрого прироста силовых показателей ответственна адаптация нервной системы, является работа **S.Shima** с коллегами [43], в которой показано, что увеличение силы в нетренированной конечности сопровождается увеличением проводимости и других характеристик ЭМГ.

В исследовании **R.Staron** с коллегами [44] продемонстрировано, что гипертрофия мышечных волокон может наступать после 16 тренировок силовой направленности. В этой же работе показано, что уже после четвертой силовой тренировки у женщин и после восьмой силовой тренировки у мужчин может наблюдаться трансформация значительного количества быстрых гликолитических волокон в быстрые окислительно-гликолитические, что также может способствовать повышению показателей выносливости. Интересно, что при наступлении дезадаптации к тренировочным нагрузкам наблюдается противоположный эффект, который заключается в трансформации быстрых окислительно-гликолитических волокон в быстрые гликолитические, причём процент последних может даже превышать исходный уровень.

В исследовании **N. Ortenblad** [35] было показано, что в рамках адаптации к тренировочным занятиям скоростной направленности увеличивается высвобождение кальция, что способствует повышению скоростных и скоростно-силовых способностей.

Адаптация к нагрузкам при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения

Адаптация нервной системы играет важную роль на ранних стадиях тренировки выносливости при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения [25, 41]. Повышается эффективность работы мышц, в частности, активность мышц-синергистов, снижаются затраты энергии, утомление наступает позже [25]. Это подтверждается исследованием [36], в ходе которого повышение экономичности бега было достигнуто силовыми тренировочными занятиями «взрывного» характера. Доказано, что бег как при анаэробном, так и аэробном режиме энергообеспечения способствует увеличению площади нервно-мышечного соединения [22]. Под влиянием нагрузок, направленных на развитие выносливости при аэробном режиме энергообеспечения, происходят адаптационные изменения в двигательной коре головного мозга. Происходит формирование новых капилляров, что, по-видимому, необходимо для удовлетворения повышенных метаболических потребностей корковых нейронов [17]. Кроме того, имеется предположение, что тренировочные занятия данной направленности способствуют нейрогенезу [45]. Ряд исследований свидетельствует о том, что быстрое достоверное улучшение показателей в тестах, направленных на оценку выносливости, обусловлено увеличением ферментативной активности аэробной системы энергообеспечения [33, 37, 38]. Уже после нескольких занятий с преимущественно аэробным режимом энергообеспечения начинается размножение митохондрий [26].

Совместимость тренировочных нагрузок, направленных на развитие скоростных, силовых, скоростно-силовых способностей и выносливости

Сочетание тренировочных занятий силовой и скоростной направленности с занятиями, направленными на развитие выносливости при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения, может вызывать снижение уровня скоростных, силовых и скоростно-силовых показателей, особенно если тренировки на выносливость являются высокоинтенсивными, применяются в большом объёме или с высокой частотой [20, 23, 30]. Возможным объяснением данного явления могут служить разнонаправленные адаптации, вызываемые в нервной системе под влиянием нагрузок анаэробной и аэробной направленности, а также изменения мышечных белков в мышечных волокнах [25]. Интересно, что при определённых условиях сочетание силовых занятий с развитием выносливости при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения может способствовать большему росту показателей выносливости, чем сугубо однонаправленное воздействие [31]. При сочетании в тренировочном процессе разнонаправленных нагрузок необходимо очень тщательно подходить к их планированию ввиду высокого риска развития патологических ситуаций и перетренированности [19]. К примеру, увеличение времени для восстановления между разнонаправленными занятиями благотворно сказывается на развитии физических способностей. Исследование D.Sale [40] с коллегами продемонстрировало увеличение силовых способностей на 25 % при проведении четырёх тренировочных занятий в неделю (2 дня силовые нагрузки, 2 дня – выносливость при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения) против 13 % при проведении двух тренировочных занятий в неделю (сочетание силовых нагрузок и нагрузок, направленных на развитие выносливости при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения).

Выводы:

1. Результаты анализа литературных научных источников и собственного экспериментального исследования свидетельствуют о возможности быстрого получения тренировочного эффекта в процессе подготовки профессиональных спортсменов.

2. Решающим условием получения результата является эффективная программа подготовки с учетом индивидуальных особенностей атлетов, возвращающих былой уровень физической подготовленности в процессе предсезонного сбора, с учетом результатов врачебно-педагогических наблюдений.

3. Одной из предполагаемых причин описанного феномена повышения результатов в сжатые сроки в тестах, оценивающих скоростные, силовые, скоростно-силовые способности при преимущественно аэробном режиме энергообеспечения, является адаптационное изменение в нервной системе.

Список использованной литературы

1. Дойлидо, А.А. Факторный анализ структуры физического развития и силовой подготовленности пловцов в ластах высокого класса / А.А. Дойлидо, В.П. Попов // Тезисы VIII научн. конф. Республик Прибалтики и Белоруссии по проблемам спортивной тренировки. – Таллин, 1980. – Ч. 2: С. 94-95.

2. Занковец, В.Э. Инновационный подход к оценке аэробной производительности хоккеистов-профессионалов / В.Э. Занковец, В.П. Попов, В.Н. Кряж // Мир спорта. – 2015. – № 3. – С. 11-15.

3. Занковец, В.Э. Контроль физической подготовленности профессиональных хоккеистов / В.Э. Занковец // Научно-исследовательские публикации: научный журнал. – Воронеж: Вэлборн, 2015. – С. 44-47.

4. Занковец, В.Э. Сравнительный анализ различных подходов к управлению физической подготовкой в хоккее / В.Э. Занковец, В.П. Попов // Мир спорта. – 2016. – № 2. – С. 17-24.

5. Занковец, В.Э. Управление физической подготовкой в хоккее через призму мнений тренеров профессиональных клубов и Национальных сборных / В.Э. Занковец, В.П. Попов // Мир спорта. – 2015. – № 4. – С. 13-17.

6. Занковец, В.Э. Хочешь закончить с хоккеем – убей своё тело / В.Э. Занковец. – Минск: А.Н.Вараксин, 2014. – 160 с.

7. Занковец, В.Э. Энциклопедия тестирований: монография / В.Э. Занковец. – М.: Спорт, 2016. – 456 с.

8. Курьянова, Н.И., Волков, Ю.О., Пономаренко, В.К. Информационные технологии. Учебно-методическое пособие / Бел. гос. ун-т физ. культуры. – Мн.: БГУФК, 2013. – 37 с.

9. Никонов, Ю.В. Подготовка юных хоккеистов: учеб. пособие / Ю.В. Никонов. – Минск: Асар, 2008. – 320 с.: ил.

10. Никонов, Ю.В. Физическая подготовка хоккеистов: методическое пособие / Ю.В. Никонов. – Минск: Витпостер, 2014. – 576 с.

11. Андреева, М.Б. Основы анатомии, физиологии и биомеханики: учебник / Л.А. Белицкая, В.А. Меркурьев; под ред. Д.Г. Калашникова. – М.: Практическая медицина, 2019. – 336 с.

12. Попов, В.П. Анализ предсоревновательной подготовки национальной сборной Республики Беларусь по хоккею с шайбой к чемпионату мира-2015 в Чехии / В.П. Попов, В.Э. Занковец // Мир спорта. – 2016. – № 1. – С. 11-20.

13. Савин, В.П. Теория и методика хоккея: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.П. Савин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.

14. Загородный, Г.М. О совершенствовании НМО подготовки национальных и сборных команд Республики Беларусь / Г.М.Загородный// Прикладная спортивная наука, 2018, 1 (7) – С.92-98
15. Фирсов, А.Г. Кумулятивный эффект тренировки при акцентированной подготовке скоростно-силовой направленности 17–19 летних борцов-самбистов / А.Г. Фирсов // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2007. – № 2. – С. 77.
16. Холодов, Ж.К. Теория и методика физического воспитания и спорта: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ж.К.Холодов, В.С.Кузнецов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 480 с.
17. Adkins. Motor training induces experience specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord / Adkins et al. // Journal of Applied Physiology. – 2006. – № 101 (6). – S. 1776-1782.
18. Bruusgaard, J.C. Myonuclei acquired by overload exercise precede hypertrophy and are not lost on detraining / J.C. Bruusgaard et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2010. – № 107 (34). – S. 15111-15116.
19. Budgett, R. Overtraining syndrome / R. Budgett // Br. J. Sports Med. – 1990. – № 24(4). – S. 231-236.
20. Callister, R. Performance adaptations to sprint, endurance and both modes of training / R. Callister et al. // J. Appl. Sport Sci. Res. – 1988. – № 2. – S.46-51.
21. Carolan, B. Adaptations in coactivation after isometric resistance training / B. Carolan, E. Cafarelli // J. Appl. Physiol. – 1992. – № 73. – S. 911-917.
22. Deschenes, M.R. The neuromuscular junction: Muscle fibre type differences, plasticity and adaptability to increased and decreased activity / M.R. Deschenes et al. // Sports Med. – 1994. – № 17. – S. 358-372.
23. Dudley, G.A. Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise / G.A. Dudley, R. Djamil // J. Appl. Physiol. – 1985. – № 59. – S.1446-1451.
24. Enoka, R.M. Neural adaptations with chronic physical activity / R.M. Enoka // J. Biomech. – 1997. – № 30. – S. 447-455.
25. Essentials of strength training and conditioning. National Strength and Conditioning Association / Editors T. R. Baechle, R. W. Earle. – 3rd ed. – Hong Kong: Human Kinetics, 2008. – 642 p.
26. Gillan, K. Timeline: What happens to your body when you start exercising / K. Gillan // Honey coach [Electronic resource]. – Mode of access: <https://coach.nine.com.au/fitness/what-happens-to-your-body-when-you-start-exercising/ff032454-e577-4e6f-8244-24d1793bd35a>. – Date of access: 19.11.2019.
27. Häkkinen, K. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA and force during strength training in middle-aged and older people / K. Häkkinen et al. // J. Appl. Physiol. – 1998. – № 84. – S. 1341-1349.
28. Kellis, E. Muscle co-activation around the knee in drop jumping using the co-contraction index / E. Kellis, F. Arabatzi, C. Papadopoulos // J. Electromyogr. Kines. – 2003. – № 13. – S. 229-238.
29. Koral, J. Six sessions of sprint interval training improves running performance in trained athletes / J. Koral // J. Strength Cond. Res. – 2018. – № 32 (3). – S. 617-623.

30. Kraemer, W.J. Compatibility of high intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations / W.J. Kraemer // J. Appl. Physiol. – 1995. – № 78. – S. 976-989.

31. Kraemer, W.J. Physiological adaptations to a weight-loss dietary regimen and exercise programs in women / W.J. Kraemer // J. Appl. Physiol. – 1995. – № 83. – S. 270-279.

32. Mathisen, G.E. The effect of speed training on sprint and agility performance in 15-year-old female soccer players / G.E. Mathisen, S.A. Pettersen // Lase Journal of Sport Science. – 2015. – № 6. – S. 63-72.

33. McKenna, M.J. Enhanced pulmonary and active skeletal muscle gas exchange during intense exercise after sprint training in men / M.J. McKenna et al. // J. Physiol. – 1997. – № 501. – S. 703-716.

34. Muscle memory // Wikipedia, the free encyclopedia [Electronic resource]. – Mode of access: http://https://en.wikipedia.org/wiki/Muscle_memory#Strength_training_and_adaptations. – Date of access: 15.11.2019.

35. Ortenblad, N. Enhanced sarcoplasmic reticulum Ca (2+) release following intermittent sprint training / N. Ortenblad // Am. J. Physiol. – 2000. – № 279. – S. R152-R160.

36. Paavolainen, L. Explosive strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power / L. Paavolainen et al. // J. Appl. Physiol. – 1999. – № 86. – S. 1527-1533.

37. Parolin, M.L. Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise / M.L. Parolin et al. // Am. J. Physiol. – 1999. – № 277. – S. 890-900.

38. Rodas, G. A short training programme for the rapid improvement of both aerobic and anaerobic metabolism / G. Rodas et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2000. – № 82. – S. 480-486.

39. Ronnestad, B.R. Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players / B.R. Ronnestad et al. // The Journal of Strength and Conditioning Research. – 2008. – № 22 (3). – S. 773-780.

40. Sale, D.G. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training / D.G. Sale // Med. Sci. Sports Exerc. – 1990. – № 22. – S. 348-356.

41. Sale, D.G. Influence of exercise and training on motor unit activation / D.G. Sale et al. // Exerc. Sport Sci. Rev. – 1987. – № 15. – S. 95-151.

42. Seaborne, R.A. Human skeletal muscle possesses an epigenetic memory of hypertrophy / R.A. Seaborne et al. // Scientific Reports. – 2018. – № 8. – S. 1898.

43. Shima, S.N. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining / S.N. Shima // Eur. J. Appl. Physiol. – 2002. – № 86. – S. 287-294.

44. Staron, R.S. Skeletal muscle adaptations during the early phase of heavy-resistance training in men and women / R.S. Staron // J. Appl. Physiol. – 1994. – № 76. – S. 1247-1255.

45. Vaynman, S. License to run: exercise impacts functional plasticity in the intact and injured central nervous system by using neurotrophins / S. Vaynman // Neurorehabil. Neural Repair. – 2005. – № 19 (4). – S. 283-295.

01.06.2020

ЭМГ-ПАТТЕРНЫ КАК КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ МЕЖМЫШЕЧНОЙ КООРДИНАЦИИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОГО УПРАЖНЕНИЯ В СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКЕ

Н. А. Парамонова, канд. биол. наук, доцент,

Д. А. Лукашевич, аспирант

Белорусский национальный технический университет

М.К. Борщ,

Республиканское инновационное унитарное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Аннотация

В статье показана возможность использования метода электромиографии в тренировочном процессе для контроля подготовленности спортсменов. Представлены результаты анализа биоэлектрической активности мышц гимнасток при выполнении различных тестовых заданий. Проведена оценка межмышечной координации на основании степени включения мышечных групп, симметричности и синхронности их работы в соревновательных упражнениях. Выявлены проблемы в подготовленности спортсменок, влияющие на соревновательный результат.

EMG-PATTERNS AS EVALUATING INTERMUSCULAR COORDINATION CRITERIA OF COMPETITIVE EXERCISE STRUCTURAL ELEMENTS FOR ARTISTIC GYMNASTICS

Abstract

The article shows the possibility of the electromyography method usage in the training process to control the athletes' preparedness. The analysis results of the bioelectric muscles activity of gymnasts when performing various test tasks are presented. The intermuscular coordination evaluation based on the muscle groups' inclusion extent, the symmetry, and the performance synchronism in competitive exercises was made. The female athletes' preparedness problems that affect the competitive results are identified.

Введение

Известно, что любой двигательный навык в спортивной практике имеет постоянный рисунок возбуждения мышц, что сопряжено с построением иннервационной структуры движения, которая представляет собой устойчивые сочетания активности мышц, используемые в конкретном движении [1–7]. Между тем, для комплексного анализа двигательного навыка спортсмена необходимо сопоставление иннервационной структуры движения с пространственно-временными характеристиками выполняемых действий [7–9]. Чем большее количество мышечных групп принимает участие в движении, тем сложнее движение и больше энергозатраты и тем большую роль играет межмышечная координация для повышения эффективности движений и снижения затрат энергии. В конечном итоге, более совершенная межмышечная координация приводит к увеличению проявляемой силы, быстроты, выносливости и гибкости, что в итоге отражается на рациональности техники спортивного движения [10–14]. Сущность межмышечной координации

состоит в синхронизации возбуждения оптимального для определённого двигательного действия количества мышц-синергистов, торможении активности мышц-антагонистов, рациональной последовательности вовлечения в работу мышц соответствующего кинематического звена, обеспечения фиксации в суставах, в которых не должно быть движения, выборе оптимальной амплитуды рабочей фазы и той её части, где целесообразно акцентировать усилие, согласовании акцентов усилий в разных кинематических звеньях, использовании упругих свойств мышц.

Разработка методических подходов к оценке межмышечной координации спортсменов в настоящее время является наиболее актуальной и предполагает анализ воспроизводимости электромиографических паттернов сложнокоординационных движений с выделением ряда этапов:

1. Предварительная обработка электромиографических сигналов мышц с целью удаления искажений в спектре полезного сигнала.

2. Анализ пространственно-временной структуры сложнокоординационного движения для выделения фаз двигательного упражнения.

3. Анализ амплитудно-временных характеристик ЭМГ-сигналов мышц в соответствии с пространственно-временной структурой движения.

4. Количественная оценка координационных способностей спортсменов на основе анализа воспроизводимости электромиографических паттернов двигательных тестов.

5. Построение индивидуальных двигательных профилей спортсменов, характеризующих их подготовленность и координационные способности.

Спортивная гимнастика представлена значительным арсеналом упражнений, представляющих собой обширную двигательную базу для исследования и установления общих биомеханических закономерностей техники спортивных движений, которые успешно могут быть экстраполированы на компоненты технической подготовки в различных видах спорта. Вращательные движения спортсменов в условиях опоры составляют многочисленную группу упражнений из классификационных программ в видах спорта, связанных с изменением пространственно-временных характеристик движения. Значительный интерес специалистов к механизмам построения и управления вращательными движениями в условиях опоры связан со знанием основных закономерностей биомеханики, физиологии, спортивной педагогики и кинезиологии [15–18].

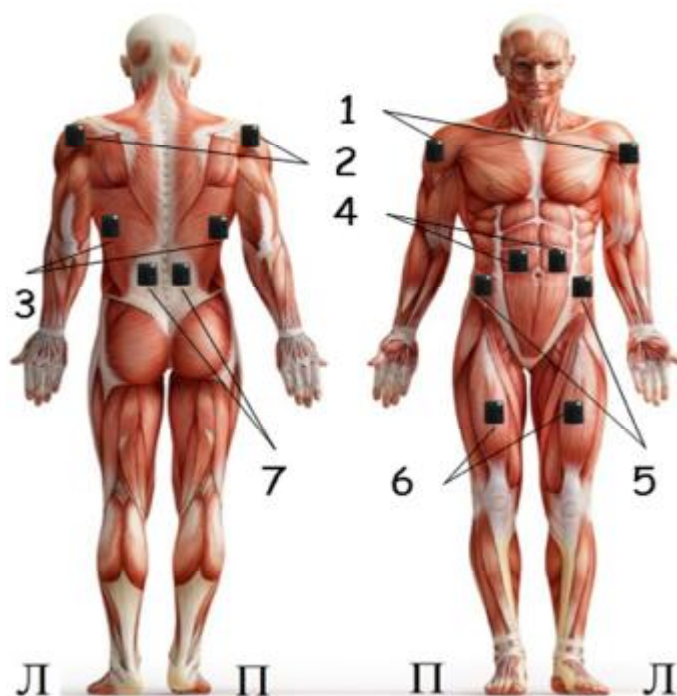
Цель исследования – изучение механизмов межмышечной координации в движениях со сложной двигательной структурой, основанных на оценке интегральных критериев биоэлектрической активности ведущих мышечных групп у представителей спортивной гимнастики при выполнении тестовых заданий в структуре элементов соревновательного упражнения.

Методы и организация исследования

В исследованиях приняли участие спортсменки национальной команды Республики Беларусь по спортивной гимнастике ($n=3$), имеющие квалификацию КМС и МС.

Для регистрации параметров биоэлектрической активности мышц использовался мобильный аппаратно-программный комплекс **Delsys Trigno Lab**.

Регистрация биоэлектрической активности мышц, а также величин ускорений в трех плоскостях осуществлялась посредством биполярных накожных электродов. Схема двигательных точек исследуемых мышечных групп, на которые крепились электроды, представлена на рисунке 1.



Мышцы: 1 – дельтовидная (латеральный пучок); 2 – дельтовидная (задний пучок); 3 – широчайшая спины; 4 – прямая живота; 5 – косая живота; 6 – четырехглавая бедра (прямая); 7 – выпрямляющая позвоночник

Рисунок 1 – Схема крепления электродов на двигательные точки исследуемых мышечных групп

Крепление электродов осуществлялось двусторонним скотчем на поверхность мышц строго по линии мышечных волокон. Некоторые электроды дополнительно фиксировались посредством эластичных бинтов для улучшения качества контакта с поверхностью кожи.

Спортсменки выполняли два тестовых задания на брусьях разной высоты (рисунок 2):

- 1) тестовое задание № 1 – сальто назад прогнувшись (5 подходов);
- 2) тестовое задание № 2 – двойное сальто назад согнувшись (5 подходов).

Обработка полученных данных осуществлялась в среде для программирования **Mat Lab R2015b**. С помощью разработанных программ **Cycle_analyzer** и **EMG_analyzer** была проведена автоматизация анализа данных ЭМГ-сигналов исследуемых групп мышц.

С целью выделения фрагментов биоэлектрической активности при выполнении тестовых заданий спортсменками-гимнастками осуществлялась синхронная видеозапись. Для анализа выделялись фрагменты электромиограмм от начала активного действия (горизонтальное положение тела) до момента отрыва рук от перекладины (в тестовом задании № 1) и до группировки (в тестовом задании № 2).



Рисунок 2 – Фрагмент выполнения тестового задания на брусьях разной высоты

На втором этапе обработки данных для устранения помех производилась фильтрация данных и строились огибающие ЭМГ-сигналы исследуемых групп мышц.

Для расчета параметров ЭМГ-сигналов выделялись участки локализации в строго определенных фрагментах при выполнении упражнений.

В результате автоматизированного анализа ЭМГ данных исследуемых мышц спортсменок были рассчитаны следующие параметры:

- средняя амплитуда ЭМГ в фазах упражнения, мВ;
- средняя амплитуда ЭМГ в локализациях, мВ;
- вклад в работу (отражает степень участия мышцы в выполнении упражнения), %.

Специфичность паттернов биоэлектрической активности проявляется в амплитуде ЭМГ, длительности биоэлектрической активности мышц и последовательности их включения в работу в рамках определенной закономерности, связанной со спецификой тестовых заданий. Паттерны средней амплитуды ЭМГ в локализациях отражают силовой потенциал мышечных групп, параметр «вклад в работу» отражает степень участия мышцы в выполнении упражнения, а последовательность их включения позволяет сделать заключение о рациональности техники.

Результаты исследования и их обсуждение

Для наглядного представления результатов исследования нами были построены лепестковые диаграммы распределения биоэлектрической активности между исследуемыми группами мышц, что отражено на рисунках 3 и 4 (на примере спортсменки Л.Т.). Полученный материал позволяет анализировать индивидуальный характер и степень активизации и расслабления исследуемых мышц, с помощью которых преимущественно осуществляется поддержание работоспособности при выполнении упражнений различной координационной сложности.

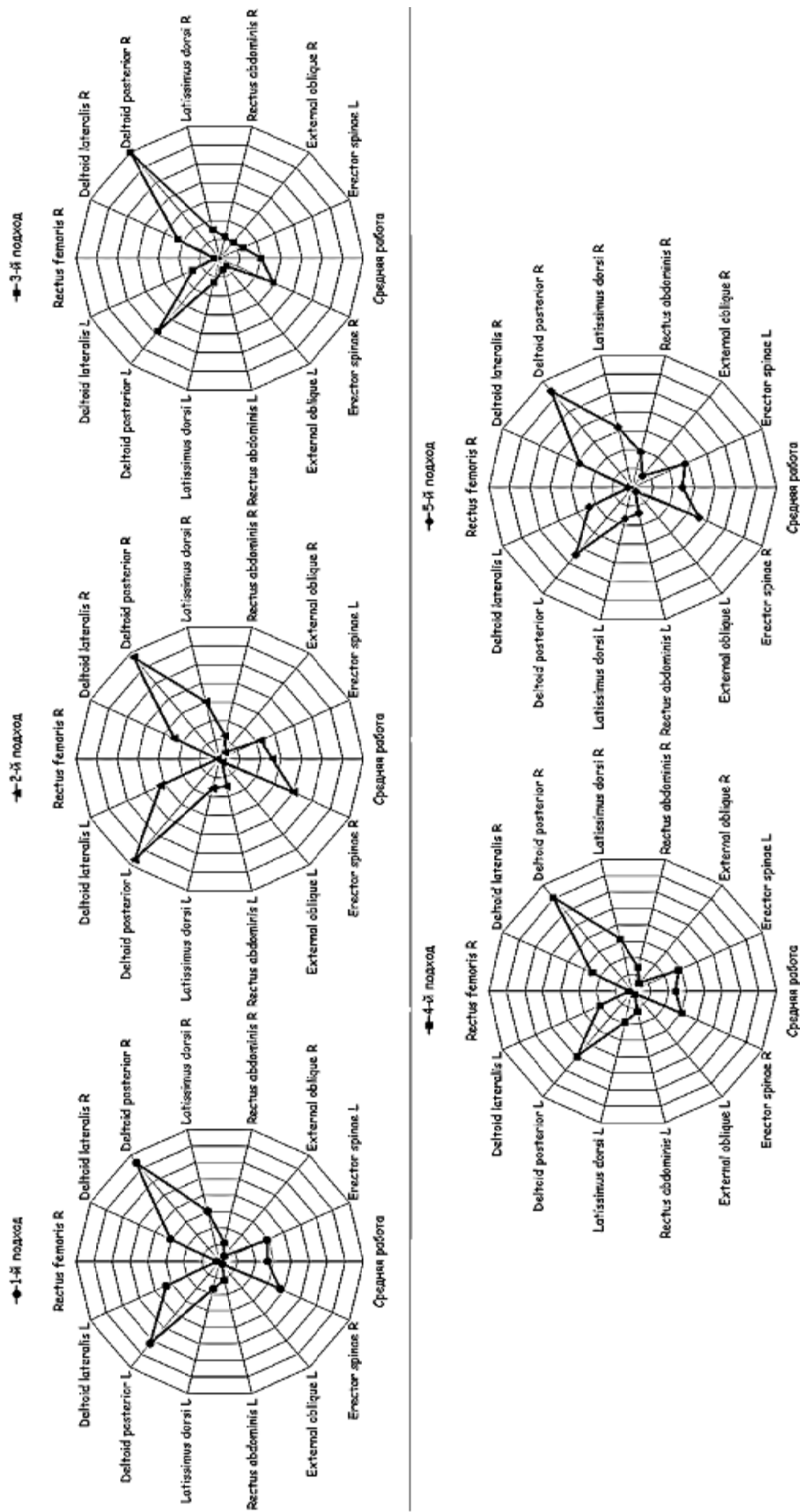


Рисунок 3 – Распределение активности между исследуемыми группами мышц спортсменки А.Т. при выполнении сальто назад прогнувшись на разновысоких брусьях

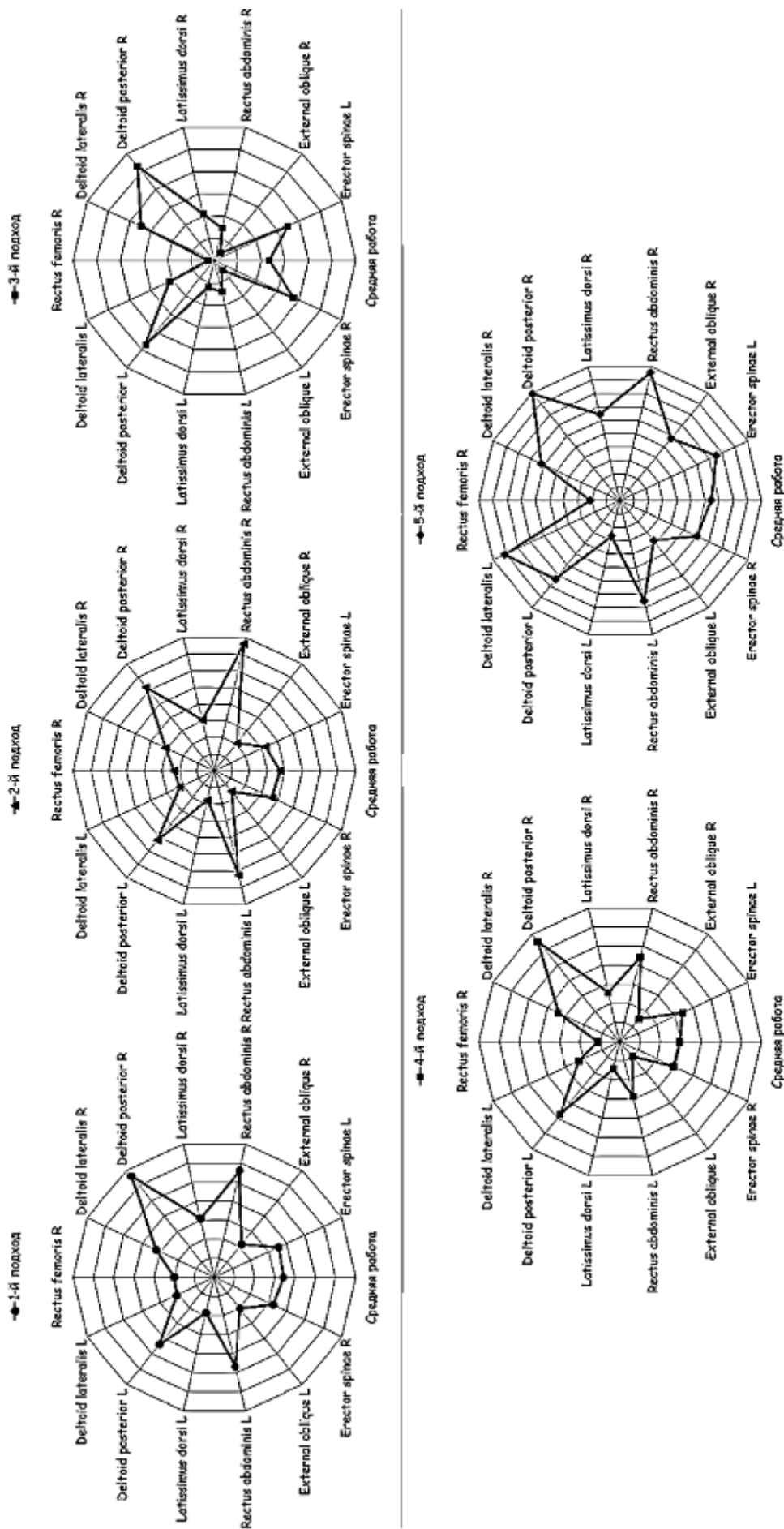


Рисунок 4 – Распределение активности между исследуемыми группами мышц спортсменки А.Т. при выполнении двойного сальто назад согнувшись на разновысоких брусьях

Анализ биоэлектрической активности ведущих групп мышц при выполнении сложнокоординационных упражнений на разновысоких брусьях позволяет выявить не видимые глазу двигательные действия, оказывающие существенное влияние на эффективность выполнения соревновательного упражнения. Так, например, анализируя определенные фрагменты электромиограммы, удалось установить, что спортсменки не всегда своевременно включают в работу прямые мышцы живота, выполняя соскок не за счет активного махового движения, а за счет сил инерции, возникающих во время оборотов. Подобное исполнение существенно влияет на эффективность выполнения упражнений, что, прежде всего, сказывается на высоте выброса, траектории перемещения общего центра тяжести спортсменки в пространстве, а также скорости вращения вокруг поперечной оси тела.

Важным при анализе электромиограмм в видах спорта, предъявляющих требования к симметричной работе мышц левой и правой сторон, является расчет коэффициента латеральности – отношения среднего значения амплитуды биоэлектрической активности мышцы слева к такому же показателю одноименной мышцы справа (1):

$$\alpha = \frac{\bar{A}_{\Delta\Delta} - \bar{A}_{\Delta\Pi}}{\bar{A}_{\Delta\Pi}} \times 100 \%, \quad (1)$$

где $\bar{A}_{\Delta\Delta}$ и $\bar{A}_{\Delta\Pi}$ – средние значения амплитуды в локализациях ЭМГ-сигнала мышцы слева и справа соответственно.

Коэффициент латеральности показывает, насколько мышцы правой и левой сторон симметрично проявляют активность друг относительно друга. Значение коэффициента, стремящееся к нулю, свидетельствует о равномерном распределении нагрузки между правой и левой сторонами туловища и сбалансированном развитии мышечных групп спортсмена.

Результаты расчета коэффициента латеральности по данным биоэлектрической активности мышц гимнасток представлены в таблицах 1–3.

Для определения уровня технической подготовленности и оценки двигательного стереотипа были рассчитаны коэффициенты вариативности (2) и стабильности (3) по средним значениям амплитуды в локализациях исследуемых групп мышц:

$$KB = \left(1 - \frac{\sigma}{\bar{x}}\right) \times 100 \%, \quad (2)$$

где σ – стандартное среднеквадратическое отклонение по параметру \bar{A}_Δ ,
 \bar{x} – усредненное значение средней величины амплитуды на локализованном отрезке электромиограммы за несколько циклов/подходов.

$$KS = 1 - KB \quad (3)$$

Результаты расчета коэффициентов вариативности и стабильности по данным биоэлектрической активности мышц гимнасток представлены в таблице 4.

Таблица 1 – Значения коэффициента латеральности (α , %) гимнастки С.А. по итогам выполнения тестовых заданий на разновысоких брусьях

Тестовое задание	Сальто назад прогнувшись				Двойное сальто назад согнувшись					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Мышцы										
Deltoid lateralis	24,4	14,9	11,3	76,1	21,9	42,7	13,6	2,7	6,2	
Deltoid posterior	47,0	8,4	9,7	13,5	0,3	9,6	6,1	5,6	4,3	
Latissimus dorsi	39,1	84,7	86,1	6,8	60,3	62,1	62,1	48,8	31,1	
Rectus abdominis	21,2	20,8	66,0	31,1	48,3	39,6	36,8	5,7	12,4	
External oblique	21,8	34,2	43,3	67,3	3,4	5,2	50,7	10,7	13,0	
Erector spinae	44,9	22,9	22,9	50,2	31,1	39,1	55,2	53,0	30,8	

Таблица 2 – Значения коэффициента латеральности (α , %) гимнастки Л.Т. по итогам выполнения тестовых заданий на разновысоких брусьях

Тестовое задание	Сальто назад прогнувшись					Двойное сальто назад согнувшись				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мышцы										
Deltoid lateralis	7,9	22,4	36,7	19,6	18,5	34,4	28,5	38,9	33,8	31,8
Deltoid posterior	16,9	0,9	30,5	30,0	30,2	34,0	17,0	10,6	27,4	26,0
Latissimus dorsi	45,4	48,5	14,3	40,7	47,9	39,8	44,8	42,7	54,0	58,7
Rectus abdominis	1,8	17,7	45,5	10,6	27,8	16,4	17,5	2,8	35,3	21,4
External oblique	53,0	51,5	52,0	62,7	63,8	6,6	24,7	20,8	35,6	35,3
Erector spinae	22,8	44,7	56,0	5,8	21,3	8,3	11,3	7,8	14,6	20,2

Таблица 3 – Значения коэффициента латеральности (α , %) гимнастки В.А. по итогам выполнения тестовых заданий на разновысоких брусьях

Тестовое задание	Сальто назад прогнувшись					Двойное сальто назад согнувшись				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мышцы										
Deltoid lateralis	31,5	36,0	16,8	55,0	52,6	12,3	9,7	17,5	42,8	22,3
Deltoid posterior	26,4	36,8	16,3	23,7	30,7	29,9	31,9	2,1	43,9	21,0
Latissimus dorsi	15,5	49,7	46,1	20,8	21,8	49,3	45,1	18,8	56,4	56,6
Rectus abdominis	38,2	5,4	33,0	9,3	18,7	33,2	17,7	6,8	5,4	26,2
External oblique	25,3	38,1	46,9	64,4	84,9	38,4	55,2	23,7	63,6	59,5
Erector spinae	13,1	16,6	23,2	10,7	18,2	46,7	17,4	37,3	28,6	40,1

Таблица 4 – Значения коэффициентов КВ и КС гимнасток по итогам выполнения тестовых заданий на разновысоких брусьях

Спортсмен	С.А.				Л.Т.				В.А.			
	КВ 1	КС 1	КВ 2	КС 2	КВ 1	КС 1	КВ 2	КС 2	КВ 1	КС 1	КВ 2	КС 2
Мышцы												
Deltoid lateralis R	92,9	7,1	16,8	83,2	12,1	87,9	5,7	94,3	5,7	94,3	30,4	69,6
Deltoid lateralis L	59,0	41,0	26,9	73,1	32,3	67,7	40,0	60,0	40,0	60,0	15,2	84,8
Deltoid posterior R	60,0	40,0	24,6	75,4	5,9	94,1	12,8	87,2	12,8	87,2	12,5	87,5
Deltoid posterior L	51,6	48,4	-	-	17,6	82,4	12,4	87,6	12,4	87,6	17,4	82,6
Latissimus dorsi R	58,1	41,9	43,1	56,9	25,9	74,1	16,8	83,2	16,8	83,2	24,8	75,2
Latissimus dorsi L	71,0	29,0	48,3	51,7	13,2	86,8	18,7	81,3	18,7	81,3	59,8	40,2
Rectus abdominis R	71,4	28,6	30,6	69,4	23,6	76,4	46,7	53,3	46,7	53,3	17,8	82,2
Rectus abdominis L	81,9	18,1	55,9	44,1	28,3	71,7	48,4	51,6	48,4	51,6	29,7	70,3
External oblique R	99,9	0,1	26,9	73,1	43,4	56,6	51,2	48,8	51,2	48,8	81,7	18,3
External oblique L	98,4	1,6	18,1	81,9	48,3	51,7	45,8	54,2	45,8	54,2	48,1	51,9
Erector spinae R	71,8	28,2	16,6	83,4	29,0	71,0	5,7	94,3	5,7	94,3	34,4	65,6
Erector spinae L	79,0	21,0	11,7	88,3	13,8	86,2	11,2	88,8	11,2	88,8	17,2	82,8

Примечание: КВ 1 – коэффициент вариативности выполнения тестового задания № 1; КВ 2 – коэффициент вариативности выполнения тестового задания № 2; КС 1 – коэффициент стабильности выполнения тестового задания № 1; КС 2 – коэффициент стабильности выполнения тестового задания № 2.

Высокие значения коэффициентов латеральности у представительниц спортивной гимнастики отражают степень асимметричности работы мышц левой и правой сторон, что указывает на возможность компенсаторных включений мышц посредством вспомогательных и корректирующих управляющих движений, связанных с высокой координационной сложностью данных упражнений. Также отмечен низкий уровень стабильности работы мышечных групп при выполнении упражнений. Двигательный стереотип может быть охарактеризован как стабильный при $КС \geq 70$. Выявлено, что спортсменка С.А. по показателям коэффициента стабильности в упражнении «сальто назад прогнувшись» значительно уступает двум другим гимнасткам. На наш взгляд, это связано с более низким уровнем квалификации данной спортсменки и, соответственно, несформированным двигательным навыком выполнения тестового задания.

Заключение

Способность выполнять двигательные действия в гимнастике – это, во-первых, способность достаточно хорошо запрограммировать его кинематику (рисунок движения) и реализовывать динамику (оптимальное приложение сил и их моментов) и, во-вторых, на их основе обеспечивать соответствующую активность мышц тела как основных эффекторов, исполнителей той модели движения, которая сформирована в мозговых, корковых структурах.

Использование регистрации и анализа биоэлектрической активности мышц в практике подготовки гимнастов позволяет количественно оценить

правильность выполнения соревновательных упражнений и их элементов, степень участия мышечных групп в движении, симметричность и стабильность их работы. Получаемая объективная информация поможет тренеру вносить коррективы в технику движений на этапе обучения двигательному действию, пока не сформировался неэффективный двигательный навык.

Список использованных источников

1. Бернштейн, Н.А. Физиология движений и активность / Н.А. Бернштейн. – М.: Изд. Моск. ун-та, 1992. – 193 с.
2. Бернштейн, Н.А. Современные искания физиологии нервного процесса / Н.А. Бернштейн; под ред. И.М. Фейгенберга, И.Е. Сироткиной. – М.: Смысл, 2003. – 330 с.
3. Соколова, Е.Е. Уровни построения движений по Н.А. Бернштейну / Е.Е. Соколова // Общая психология: в 7 т. / под ред. Б.С. Братуся. – Т. 1: Введение в психологию / Е.Е. Соколова. – М., 2007. – С. 292–295.
4. Прянишникова, О.А. Спортивная электронейромиография: Физиология спорта / О.А. Прянишникова [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 9. – С. 6–11.
5. Команцев, В.Н. Методические основы клинической электромиографии / В.Н. Команцев, В.А. Заболотных. – СПб., 2001. – 229 с.
6. Николаев, С.Г. Компьютерная электромиография в диагностике нервных болезней / С.Г. Николаев // Владимирский медицинский вестник. – 1996. – Т. 3, 4. – С. 392–398.
7. Давыдова, Н.С. Программная модель электромиографического сигнала мышцы с заданным композиционным составом / Н.С. Давыдова, А.Н. Осипов, Е.А. Остроух, М.М. Меженная // Медэлектроника – 2010: сб. науч. статей VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 8–9 дек. 2010 г. / БГУИР; редкол.: В.С. Улащик [и др.]. – Минск, 2010. – С. 130–137.
8. Давыдова, Н.С. Экспресс-диагностика функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсмена на основе построения и анализа электромиографического портрета прыжка / Н.С. Давыдова, М.М. Меженная, М.В. Давыдов, А.Н. Осипов // Инженерный вестник. – 2010. – № 2 (30). – С. 86–91.
9. Давыдова, Н.С. Методика оценки взрывной силы мышц нижних конечностей на основе анализа электромиографических профилей двигательных групп / Н.С. Давыдова, М.М. Меженная, М.В. Давыдов // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2010: материалы 6-й Междунар. молодеж. науч.-техн. конф., Севастополь, 19–24 апр. 2010 г. / СевНТУ; редкол.: Е.В. Пашков [и др.]. – Севастополь, 2010. – С. 465.
10. Городничев, Р.М. Физиология нервно-мышечного аппарата: учеб. пособие / Р.М. Городничев, В.И. Тхоревский. – Великие Луки, 1993. – 40 с.
11. Городничев, Р.М. Спортивная электронейромиография: монография / Р.М. Городничев. – Великие Луки: ВАГАФК, 2005. – 229 с.
12. Городничева, Л.Р. Особенности биоэлектрической активности мышц у лиц, адаптированных к сложнокоординированной двигательной деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л.Р. Городничева. – СПб., 2005. – 18 с.

13.Трембач, А.Б. Влияние возрастающей нагрузки на электрическую активность двуглавой мышцы плеча у квалифицированных спортсменов силовых видов спорта / А.Б. Трембач, В.В. Марченко // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 9. – С. 39–41.

14.Городничев, Р.М. Физиология силы / Р.М. Городничев, В.Н. Шляхтов. – М.: Спорт, 2016 – 232 с.

15.Гавердовский, Ю.К. Совершенствование техники движений и специальной технической подготовки как основа высших достижений в современной спортивной гимнастике / Ю.К. Гавердовский // Наука в олимпийском спорте, 2012. – № 1. – С. 7–26.

16.Крупеня, С.В. Совершенствование спортивной техники квалифицированных гимнасток в опорных прыжках на измененной конструкции снаряда / С.В. Крупеня, И.В. Хмельницкая // Наука в олимпийском спорте, 2012. – № 1. – С. 58–67.

17.Нижниковски, Т. Кинематическая структура показателей узловых элементов спортивной техники акробатических упражнений «двойного сальто назад в группировке и двойного сальто назад прогнувшись» / Т. Нижниковски, Е. Садовски, В. Болобан, А. Масталеж, В. Вишниовски, М. Бегайло // Теория и практика физической культуры, 2013. – № 3. – С. 41–47.

18.Садовски, Е. Кинематическая структура узловых элементов спортивной техники акробатических упражнений / Е. Садовски, В. Болобан, Т. Нижниковски, А. Масталеж, В. Вишниовски // Наука в олимпийском спорте, 2007. – № 1. – С. 39–47.

11.05.2020

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

УДК 796.1: 612

АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ АЛЛЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ОТДЕЛЬНЫХ ГЕНОВ У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА В ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА

И. А. Гилеп, канд. хим. наук, доцент,

Белорусский государственный университет физической культуры,
Республиканский научно-практический центр спорта;

И. В. Гайдукевич, канд. хим. наук,

Институт биоорганической химии НАН Беларуси,

Н. В. Шераш,

Республиканский научно-практический центр спорта;

А. А. Гилеп, канд. хим. наук,

Институт биоорганической химии НАН Беларуси

Аннотация

В исследовании была оценена степень предрасположенности к выполнению физической нагрузки различной направленности у спортсменов национальных команд Республики Беларусь и спортивного резерва, специализирующихся в легкой атлетике, плавании, гребле академической, лыжных гонках и скоростном беге на коньках. Определяли аллельные варианты ACE I/D, ACTN3 C/T (rs1815739), BDKRB2 +9/-9, NOS G/T (rs1799983) NOS 4a/5b, PPARA G/C (rs4253778), PPARG C/G (rs1801282) генов. Предрасположенность к выполнению длинных дистанций наблюдается у обладателей II ACE, ID ACE, -9/-9 BDKRB2, bb NOS, GG NOS3, pro/pro PPAR; к выполнению коротких дистанций – RR ACTN3, DD ACE, ID ACE, bb NOS, GG NOS3, ala/ala PPARG. Генотипы aa NOS3 и TT NOS3 следует относить к ограничивающим адаптивные способности организма к физическим нагрузкам

FREQUENCY OF ALLELIC INDIVIDUAL GENES OCCURRENCE OF HIGH-CLASS CYCLIC SPORTS ATHLETES

Abstract

The predisposition degree of performing various physical activities in the Republic of Belarus athletes' national team and sports reserves specializing in athletics, swimming, rowing, cross-country skiing, and speed skating is assessed. Allelic variants of ACE I/D, ACTN3 S/T (rs1815739), BDKRV2 +9/-9, NOS G/T (rs1799983) NOS 4a/5b, PPARA G/S (rs4253778), PPARG S/G (rs1801282) genes were determined. Predisposition to perform long distances is observed in owners of II ACE, ID ACE, -9/-9 BDKRB2, bb NOS, GG NOS3, pro/pro PPAR; predisposition to perform short distances-RR ACTN3, DD ACE, ID ACE, bb NOS, GG NOS3, ala/ala PPARG. Genotypes aa NOS3 and TT NOS3 should be attributed to the adaptive limiting body capacity to physical activity.

Введение

Спортсмены высокого класса, участвующие в соревнованиях мирового уровня, прошедшие долгий путь отбора, представляют собой наиболее одаренных в спортивном отношении людей. Их генотип может быть ориентиром для научно обоснованного выбора правильной спортивной специализации юных спортсменов.

Известно, что подавляющее большинство генов в разной степени могут отвечать за спортивную деятельность [1, 2]. Важно выделить гены, вклад которых в развитие физической работоспособности фенотипически наиболее значителен. Это гены, участвующие в метаболизме жирных кислот и углеводов; гены мышечных белков; гены сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Основываясь на ретроспективном анализе литературных данных [1-8], мы акцентировали внимание на некоторых наиболее значимых генах и их полиморфных вариантах: *PPARA G/C (rs4253778)*, *PPARG C/G (rs1801282)* – регулируют метаболизм углеводов и липидов; *ACTN3 C/T (rs1815739 или R577X)* – кодирует мышечный белок α -актинин-3 быстросокращающихся волокон; *ACE I/D*, *BDKRB2 +9/-9*, *NOS G/T (rs1799983)*, *NOS 4a/5b* – отвечают за работу сердечно-сосудистой системы.

Цель исследования

Провести анализ частоты встречаемости аллельных вариантов генов *ACE*, *ACTN3*, *BDKRB2*, *NOS*, *PPARA*, *PPARG* у спортсменов высокого класса циклических видов спорта.

Методы и организация исследования

В исследовании были использованы образцы геномной ДНК спортсменов национальных команд Республики Беларусь и спортивного резерва, специализирующихся в легкой атлетике, плавании, гребле академической, лыжных гонках и скоростном беге на коньках. В тестировании принимали участие спортсмены высокого класса – 269 человек, мужчины и женщины в возрасте от 15 до 33 лет, заслуженные мастера спорта (ЗМС) – 15 человек, мастера спорта международного класса (МСМК) – 75, мастера спорта (МС) – 139, кандидаты в мастера спорта (КМС) – 40. Группу сравнения, сформированную по принципу «случай-контроль», составили образцы геномной ДНК людей, жителей Республики Беларусь, не имеющих спортивных разрядов, в возрасте от 17 до 40 лет. Определяли аллельные варианты *ACE I/D*, *ACTN3 C/T (rs1815739)*, *BDKRB2 +9/-9*, *NOS G/T (rs1799983)*, *NOS 4a/5b*, *PPARA G/C (rs4253778)*, *PPARG C/G (rs1801282)* генов. Выделение ДНК из слюны и определение аллельных вариантов исследуемых генов проводили в лаборатории молекулярной диагностики и биотехнологии государственного научного учреждения «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси».

Для выявления статистически значимых различий между выборками использовали многомерный критерий углового преобразования Фишера (ϕ) для сравнения двух выборок малого объема. Достоверность различий частот генотипов и аллелей в сравниваемых группах определяли с помощью χ^2 с учетом поправки Йетса для сравнения двух и более выборок малого объема. Статистически значимыми считали различия при величине $P < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из информативных маркеров для определения предрасположенности к выносливости и скоростно-силовым качествам является ID полиморфизм гена *ACE* [2]. Так, у спринтеров и спортсменов, специализирующихся в метании молота и толкании ядра, отмечается

значимое снижение частоты встречаемости генотипа **II** (13,1 и 10,3 % соответственно) и увеличение встречаемости генотипа **DD ACE** (31,6 и 51,1 % соответственно) (таблица 1). В группе спортсменов, специализирующихся в видах спорта, связанных с выносливостью, наблюдается увеличение частоты встречаемости аллеля **I** гена **ACE** до 54,2 % и уменьшение количества представителей аллельного варианта **DD ACE** до 19,7 %. Используя многомерный критерий углового преобразования Фишера, установили статистически значимое увеличение частоты встречаемости генотипа **ID** гена **ACE**, по сравнению с контрольной группой (58,7 %, 47,7 % соответственно, $P < 0,05$) (таблица 1) у спортсменов, специализирующихся в выполнении длинных дистанций. Среди спортсменов, специализирующихся в выполнении средних дистанций в легкоатлетическом беге и плавании, чаще встречаются носители генотипа **II** гена **ACE** по сравнению с контрольной группой (35,5 %, 29,1 % соответственно). Сравнение частот встречаемости аллельных вариантов гена **ACE** между спортсменами разных специализаций выявило значимые различия по многомерному критерию углового преобразования Фишера. Так, частота встречаемости **II ACE** у спринтеров значимо ниже ($P < 0,05$), чем у спортсменов-средневики, а частота встречаемости **DD ACE** у спринтеров значимо выше, чем у стайеров, что согласуется с данными литературы [1-5, 8].

Таблица 1 – Частота встречаемости генотипов и аллелей генов **ACE**, **ACTN3**, **BDKRB2**, **NOS**, **PPARA**, **PPARG** среди спортсменов и группы сравнения

Специализация	n	Генотип			Аллели, %	
1	2	3			4	
ACE, %						
		II	ID	DD	I	D
Л/а, спринт	40	17,5(7)	55,0(22)	27,5(11)	45,0	55,0
Плавание, спринт	14	0	64,3(9)	35,7(5)	32,1	67,9
Конькобежный спринт	22	13,6(3)	50,0(11)	36,4(8)	38,6	61,4
Все спринт	76	13,1(10)*	55,3(42)	31,6(24)	40,8*	59,2*
Л/а, средние	19	42,1(8)	42,1(8)	15,8(3)	63,2	36,8
Плавание, средние	12	25,0(3)	50,0(6)	25,0(3)	50,0	50,0
Все средние дистанции	31	35,5(11)	45,2(14)	19,4(6)	58,1	41,9
Л/а, длинные	23	34,8(8)	52,2(12)	13,0(3)	60,9	39,1
Плавание, длинные	2	50,0(1)	50,0(1)	0	75,0	25,0
Конькобежный длинные	15	40,0(6)	53,3(8)	6,7(1)	66,7	33,3
Лыжные гонки	10	0	60,0(6)	40,0(4)	30,0	70,0
Биатлон	21	23,8(5)	47,6(10)	28,6(6)	47,6	52,4
Гребля академическая	33	9,1(3)	72,7(24)	18,2(6)	45,5	55,5
Все длинные	104	22,1(23)	58,7(61)*	19,2(20)	51,5	48,5
Л/а, метание, толкание	28	10,7(3)*	32,1(9)	57,1(16)*	26,8*	73,2*
Л/а, метание копья	7	57,1(4)	42,9(3)	0	78,6	21,4
Конькобежный, многоборье	23	21,7(5)	56,6(13)	21,7(5)	50,0	50,0
Группа сравнения	241	29,1(70)	47,7(115)	23,2(56)	52,9	47,1
ACTN3, %						
		RR	RX	XX	R	X
Л/а, спринт	39	41,0(16)	53,9(21)	5,1(2)	67,9	32,1
Плавание, спринт	12	50,0(6)	41,7(5)	8,3(1)	70,8	29,2
Конькобежный спринт	22	40,9(9)	59,1(13)	0	70,5	29,5
Все спринт	73	42,5(31)	53,4(39)	4,1(3)*	69,2*	30,8*
Л/а, средние	18	61,1(11)	33,3(6)	5,6(1)	55,6	44,4
Плавание, средние	6	33,3(2)	66,7(4)	0	66,7	33,3
Все средние дистанции	24	54,2(13)*	41,7(10)	4,1(1)	75,0*	25,0*
Л/а, длинные	21	42,9(9)	47,6(10)	9,5(2)*	66,7	33,3

Продолжение таблицы 1

1	2	3			4	
Конькобежный длинные	15	26,7(4)	60,0(9)	13,3(2)	56,7	43,3
Лыжные гонки	10	30,0(3)	50,0(5)	20,0(2)	55,0	45,0
Биатлон	21	23,8(5)	52,4(11)	23,8(5)	50,0	50,0
Гребля академическая	33	33,3(11)	36,4(12)	30,3(10)*	51,5	48,5
Все длинные	100	32,0(32)	47,0(47)	21,0(21)	55,5	44,5
Л/а, метание, толкание	27	51,9(14)	25,9(7)*	22,2(6)	64,8	35,2
Л/а, метание копья	3	33,3(1)	66,7(2)	0	66,7	33,3
Конькобежный, многоборье	23	26,1(6)*	73,9(17)*	0*	63,0	37,0
Группа сравнения	209	35,4(74)	50,7(106)	13,9(29)	60,8	39,2
<i>BDKRB2, %</i>						
		-9/-9	-9/+9	+9/+9	-9	+9
Л/а, спринт	24	16,7(4)	37,5(9)	45,8(11)	35,4	64,6
Плавание, спринт	12	25,0(3)	33,3(4)	41,7(5)	41,7	58,3
Конькобежный спринт	22	22,7(5)	50,0(11)	27,3(6)	47,7	52,3
Все спринт	58	20,7(12)	41,4(24)	37,9(22)	41,4	58,6
Л/а, средние	11	0*	63,6(7)	36,4(4)	31,8	68,2
Плавание, средние	6	33,3(2)	33,3(2)	33,3(2)	50,0	50,0
Все средние дистанции	17	11,8(2)	52,9(9)	35,3(6)	38,2	61,8
Л/а, длинные	11	63,6(7)*	27,3(3)	9,1(1)	77,3	22,7
Конькобежный длинные	15	53,3 (8)*	20,0(3)	26,7(4)	63,3	36,7
Лыжные гонки	10	30,0(3)	40,0(4)	30,0(3)	50,0	50,0
Биатлон	20	10,0(2)	60,0(12)	30,0(6)	40,0	60,0
Гребля академическая	30	20,0(6)	43,3 (13)	36,7 (11)	41,7	58,3
Все длинные	86	30,2(26)	40,7(35)	29,1(25)	50,6	49,4
Л/а, метание, толкание	15	26,7(4)	40,0(6)	33,3(5)	46,7	53,3
Л/а, метание копья	3	0	100,0(3)	0	50,0	50,0
Конькобежный, многоборье	21	28,6(6)	52,4(11)	19,0(4)	54,8	45,2
Группа сравнения	72	26,4(19)	40,3(29)	33,3(24)	46,5	53,5
<i>NOS 3(a,b), %</i>						
		bb	ab	aa	b	a
Л/а, спринт	24	79,2(19)	20,8(5)	0*	89,6	10,4
Плавание, спринт	12	91,7(11)*	8,3(1)*	0*	95,8	4,2*
Конькобежный спринт	22	68,2(15)	31,8(7)	0*	84,1	15,9
Все спринт	58	77,6(45)*	22,4(13)	0*	88,8*	11,2*
Л/а, средние	11	45,5(5)	54,5(6)	0	72,7	27,3
Плавание, средние	6	50,0(3)	50,0(3)	0	75,0	25,0
Все средние дистанции	17	47,1(8)	52,9(9)	0*	74,5	25,5
Л/а, длинные	11	81,8(9)	18,2(2)	0	90,9	9,1
Конькобежный длинные	15	80,0(12)	20,0(3)	0*	90,0	10,0
Лыжные гонки	10	50,0(5)	50,0(5)	0	75,0	25,0
Биатлон	20	70,0(14)	30,0(6)	0*	85,0	15,0
Гребля академическая	30	53,3(16)	46,7(14)	0*	76,7	23,3
Все длинные	86	65,1(56)	34,9(30)	0*	82,6	17,4
Л/а, метание, толкание	15	86,7(13)*	13,3(2)	0*	93,3	6,7*
Л/а, метание копья	3	33,3(1)	66,7(2)	0	66,7	33,3
Конькобежный, многоборье	21	76,2(16)	23,8(5)	0*	81,0	19,0
Все спортсмены	200	69,5(139)	30,5(61)	0*	84,7	15,3
Группа сравнения	164	64,0 (105)	29,9 (49)	6,1 (10)	79,0	21,0
<i>NOS 3 (G894T), %</i>						
		GG	GT	TT	G	T
Л/а, спринт	24	58,3(14)	41,7(10)	0*	79,2	20,8
Плавание, спринт	10	60,0(6)	40,0(4)	0	80,0	20,0
Конькобежный спринт	22	77,3(17)	22,7(5)	0*	88,6	11,4
Все спринт	56	66,1(37)	33,9(19)	0*	83,0	17,0
Л/а, средние	8	87,5(7)	12,5(1)	0	93,7	6,3
Плавание, средние	6	83,3(5)	16,7(1)	0	91,7	8,3
Все средние дистанции	14	85,7(12)*	14,3(2)	0*	92,9*	7,1*
Л/а, длинные	10	90,0(9)	10,0(1)	0	95,0*	5,0*

1	2	3			4	
Конькобежный длинные	15	86,7(13)	13,3(2)	0*	93,3*	6,7*
Лыжные гонки	10	80,0(8)	20,0(2)	0	90,0	10,0
Биатлон	19	94,7(18)*	5,3(1)*	0*	97,4*	2,6*
Гребля академическая	27	85,2(23)	14,8(4)	0*	92,6*	7,4*
Все длинные	81	87,7(71)*	12,3(10)*	0*	93,8*	6,2*
Λ/а, метание, толкание	15	60,0(9)	40,0(6)	0*	80,0	20,0
Λ/а, метание копья	3	66,7(2)	33,3(1)	0	83,3	16,7
Конькобежный, многоборье	21	76,2(16)	23,8(5)	0*	88,0	12,0
Все спортсмены	190	77,4(147)	22,6(43)	0*	88,7	11,3
Группа сравнения	164	70,1 (115)	25 (41)	4,9 (8)	82,6	17,4
<i>PPARA,%</i>						
		GG	GC	CC	G	C
Λ/а, спринт	24	75,0(18)	25,0(6)	0*	87,5	12,5
Плавание, спринт	12	75,0(9)	25,0(3)	0	87,5	12,5
Все спринт	36	75,0(27)	25,0(9)	0*	87,5	12,5
Λ/а, средние	11	81,8(9)	18,2(2)	0	90,9	9,1
Плавание, средние	6	50,0(3)	50,0(3)	0	75,0	25,0
Все средние дистанции	17	70,6(12)	29,4(5)	0	85,3	14,7
Λ/а, длинные	11	45,5(5)	54,5(6)*	0	72,7	27,3
Лыжные гонки	10	90,0(9)*	10,0(1)	0	95,0*	5,0*
Биатлон	21	66,7(14)	28,5(6)	4,8(1)	81,0	19,0
Гребля академическая	32	68,8(22)	28,1(9)	3,1(1)	82,8	17,2
Все длинные	74	67,6(50)	29,7(22)	2,7(2)	82,1	17,9
Λ/а, метание, толкание	15	53,3(8)	40,0(6)	6,7(1)	73,3	26,7
Λ/а, метание копья	3	33,3(1)	66,7(2)	0	66,7	33,3
Группа сравнения	218	67,9(148)	28,9(63)	3,2(7)	82,3	17,7
<i>PPARG,%</i>						
		pro/pro	pro/ala	ala/ala	pro	ala
Λ/а, спринт	24	66,7(16)	25,0(6)	8,3(2)	79,2	20,8
Плавание, спринт	12	66,7(8)	33,3(4)	0	83,3	16,7
Конькобежный спринт	22	68,2(15)	22,7(5)	9,1(2)	79,5	20,5
Все спринт	58	67,2(39)	25,9(15)	6,9(4)	80,2	19,8
Λ/а, средние	11	90,9(10)	9,1(1)	0	95,5	4,5
Плавание, средние	6	66,6(4)	33,3(2)	0	83,3	16,7
Все средние дистанции	17	82,3(14)	27,7(3)	0*	81,2	8,8
Λ/а, длинные	11	81,8(9)	18,2(2)	0	90,9	9,1
Конькобежный длинные	14	85,7(12)	14,3(2)	0	92,9	7,1
Лыжные гонки	10	80,0(8)	20,0(2)	0	90,0	10,0
Биатлон	21	85,7(18)	14,3(3)	0	92,9	7,1
Гребля академическая	32	71,9(23)	28,1(9)	0	85,9	14,1
Все длинные	88	79,5(70)*	20,5(18)*	0*	89,8*	10,2*
Λ/а, метание, толкание	15	80,0(12)	13,3(2)	6,7(1)	86,7	13,3
Λ/а, метание копья	3	33,3(1)	66,7(2)	0	66,7	33,3
Конькобежный, многоборье	23	32,6(15)	26,1(6)	8,7(2)	78,3	21,7
Группа сравнения	223	71,3(159)	26,0(58)	2,7(6)	84,3	15,7

Примечание: * – статистически значимые различия между спортсменами и группой сравнения по многомерному критерию углового преобразования Фишера F , $P < 0,05$. Жирным шрифтом выделены значимые различия между спортсменами и группой сравнения по критерию χ^2 с учетом поправки Йетса, $P < 0,05$.

Анализ частоты встречаемости аллельных вариантов гена *ACTN3* выявил значимое снижение встречаемости X аллеля и генотипа XX *ACTN3* среди спринтеров по сравнению с контрольной группой ($P < 0,05$, таблица 1). Аналогичные закономерности наблюдаются среди спортсменов, специализирующихся в выполнении средних дистанций в беге и плавании. Необходимо отметить, что среди пловцов отсутствовали носители XX *ACTN3*, а среди бегунов на средние дистанции был один представитель данного

генотипа (таблица 1). Среди стайеров чаще встречаются носители **XX ACTN3**. Так, среди гребцов академической гребли частота встречаемости **XX ACTN3** составляла **30,3 %**, что являлось значимо выше **13,9 %** – частоты встречаемости в группе сравнения ($P < 0,05$, таблица 1). Однако среди бегунов на длинные дистанции частота встречаемости **XX ACTN3** значимо ниже, чем в группе сравнения и составляет соответственно **9,5 %** и **13,9 %**, $P < 0,05$ (таблица 1). Необходимо отметить, что среди многоборцев, специализирующихся в беге на коньках, отсутствовали представители **XX ACTN3** (таблица 1). Частота встречаемости генотипа **RR ACTN3** и **R** аллеля выше у бегунов на средние дистанции и спринтеров **61,1 %** и **41,0 %** против **35,4 %** в группе сравнения, выше у пловцов и конькобежцев, специализирующихся в выполнении коротких дистанций, **50,0 %** и **40,9 %** соответственно против **35,4 %** в группе сравнения (таблица 1). Таким образом, генотип **RR ACTN3** является благоприятным маркером для развития быстроты и специализации в выполнении работы на короткие и средние дистанции в беге, плавании, конькобежном спорте, согласуется с данными литературы [1-5, 8]. Важно отметить, что генотип **XX ACTN3** не является благоприятным маркером для развития быстроты и специализации в выполнении работы на короткие и средние дистанции в беге, плавании, конькобежном спорте, однако он не является лимитирующим фактором, свидетельствующим о невозможности проявления выдающихся результатов в спринте.

Анализ частоты встречаемости полиморфных вариантов гена рецептора брадикинина **BDKRB2** выявил значимое увеличение **-9/-9** аллельного варианта данного гена среди легкоатлетов, бегунов на длинные дистанции и конькобежцев, специализирующихся в беге на коньках на длинные дистанции, где встречаемость **-9/-9 BDKRB2** составляет **63,6 %** и **53,3 %** соответственно, против **26,4 %** в группе сравнения (таблица 1). Среди же спортсменов, специализирующихся в спринтерских дистанциях, частота встречаемости **-9/-9 BDKRB2** ниже значений группы сравнения и составляет **16,7 %** у легкоатлетов, **25,0 %** у пловцов и **22,7 %** у конькобежцев (таблица 1). В беге на средние дистанции наблюдается увеличение частоты встречаемости гетерозиготного генотипа **+9/-9 BDKRB2** (**63,6 %**, таблица 1), при отсутствии носителей **-9/-9 BDKRB2**. Таким образом, **-9** аллель гена **BDKRB2** ассоциирован с развитием аэробной выносливости и способствует достижению высоких результатов в выполнении длительной соревновательной нагрузки аэробного характера.

Нами были исследованы два наиболее значимых полиморфизма гена эндотелиальной **NO** синтазы: однонуклеотидная замена (**rs1799983, G894T** полиморфизм) и переменное число tandemных повторов в 4-м интроне [1, 2, 5, 6]. Было показано, что наличие **G** аллеля и **b** аллеля в генотипе дает преимущество в развитии выносливости [1, 2, 5]. Следует отметить отсутствие среди обследованных спортсменов аллельного варианта **aa** и **TT** гена **NOS3**. Данные варианты ассоциированы со снижением выработки оксида азота (**NO**), что ведет к ограничению адаптивной способности организма к физическим нагрузкам [7].

У большинства спортсменов исследованных видов спорта частота встречаемости **bb** генотипа гена **NOS3** выше, чем в контрольной группе (таблица 1). Статистически значимые отличия ($P < 0,05$) по сравнению с контрольной группой зафиксированы у пловцов на короткие дистанции и спортсменов, специализирующихся в метании молота и толкании ядра (таблица 1). Таким образом, генотип **bb NOS3** является благоприятным для

занятия спортом и роста спортивного мастерства. Вместе с тем наличие **30,5%** обследованных спортсменов высокого класса с гетерозиготным генотипом свидетельствует о том, что наличие одного аллеля **b** гена *NOS3* достаточно для обеспечения выработки оксида азота в концентрации, необходимой для поддержания должного тонуса кровеносных сосудов и регуляции тонуса гладкомышечной мускулатуры, а, как следствие, для достижения высоких спортивных результатов.

Анализ полиморфизма *NOS3 (G894T)* выявил отсутствие спортсменов с аллельным вариантом **TT** данного гена, что значимо отличалось от **6,1%** в группе сравнения (таблица 1). Частота встречаемости **G** аллеля и **GG** генотипа гена *NOS3* значимо выше среди спортсменов, специализирующихся в выполнении длинных и средних дистанций в легкоатлетическом беге, плавании, конькобежном спорте, биатлоне, по сравнению с контрольной группой (таблица 1). Известно, что **G** аллель ассоциирована с лучшим транспортом кислорода к работающим мышцам [7]. Таким образом, генотип **GG NOS3** является благоприятным фактором для развития выносливости и ассоциирован с ростом спортивного мастерства, особенно в выполнении длинных и средних дистанций.

Несмотря на то, что носители аллели **C** гена *PPARA* имеют сниженную утилизацию жирных кислот и предрасположенность к скоростно-силовым упражнениям [2], в наших исследованиях не отмечено четких ассоциаций с направленностью физических нагрузок. Так, среди спринтеров не встречаются спортсмены с **CC** генотипом гена *PPARA*, что значимо отличалось от **3,2%** в группе сравнения (таблица 1). Однако в группе спортсменов, специализирующихся в метании молота и толкании ядра, частота встречаемости **C** аллеля составила **26,7%**, а **CC** генотипа – **6,7%**. Среди спортсменов, специализирующихся в лыжных гонках, значимо выше частота встречаемости **GG PPARA**, при этом отсутствуют спортсмены с **CC PPARA** (таблица 1). Среди бегунов на длинные дистанции **54,5%** составляли спортсмены с гетерозиготным генотипом данного гена, что значимо выше встречаемости в контрольной группе (**P<0,05**, таблица 1). В группе биатлонистов отличий от группы сравнения не наблюдалось.

Анализ частоты встречаемости аллельных вариантов гена *PPARG* выявил отсутствие носителей **ala/ala** генотипа в группе спортсменов, специализирующихся в выполнении длинных и средних дистанций, что значимо отличалось от **2,7%** в группе сравнения (таблица 1). Однако в группе спринтеров частота встречаемости аллельного варианта **ala/ala** составляла **6,9%** (таблица 1). В группе стайеров наблюдалось достоверное увеличение частоты встречаемости **pro** аллеля и **pro/pro** генотипа данного гена. Полученные результаты позволяют сделать предположение, что **ala/ala PPARG** ассоциирован с развитием скоростно-силовых качеств, а **pro/pro PPARG** предрасполагает к развитию выносливости и выполнению аэробной работы.

Основываясь на анализе полученных данных, нами выявлена взаимосвязь аллельных вариантов генов *ACE*, *ACTN3*, *BDKRB2*, *NOS 3*, *PPARG* с предрасположенностью к развитию двигательных навыков при выполнении коротких, средних, длинных дистанций, метания молота и толкания ядра, характерных для белорусской популяции высококвалифицированных спортсменов. Предрасположенность можно оценить как положительную, нейтральную и отрицательную, данные по изучаемым аллельным вариантам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Предрасположенность аллельных вариантов генов *ACE*, *ACTN3*, *BDKRB2*, *NOS 3*, *PPARG* к развитию двигательных навыков при выполнении коротких, средних и длинных дистанций, а также к метанию

Варианты	Длинные	Средние	Короткие	Метание
<i>ACE</i> , II	Положительная	Положительная	Нейтральная	Нейтральная
<i>ACE</i> , ID	Положительная	Нейтральная	Положительная	Нейтральная
<i>ACE</i> , DD	Нейтральная	Нейтральная	Положительная	Положительная
<i>ACTN3</i> , RR	Нейтральная	Положительная	Положительная	Положительная
<i>ACTN3</i> , RX	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная
<i>ACTN3</i> , XX	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная
<i>BDKRB2</i> , -9/-9	Положительная	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная
<i>BDKRB2</i> , -9/+9	Нейтральная	Положительная	Нейтральная	Нейтральная
<i>BDKRB2</i> , +9/+9	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная
<i>NOS 3</i> , bb	Положительная	Положительная	Положительная	Положительная
<i>NOS 3</i> , ab	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная	Нейтральная
<i>NOS 3</i> , aa	Отрицательная	Отрицательная	Отрицательная	Отрицательная
<i>NOS 3</i> , GG	Положительная	Положительная	Нейтральная	Нейтральная
<i>NOS 3</i> , GT	Нейтральная	Нейтральная	Положительная	Положительная
<i>NOS 3</i> , TT	Отрицательная	Отрицательная	Отрицательная	Отрицательная
<i>PPARG</i> , pro/pro	Положительная	Положительная	Нейтральная	Нейтральная
<i>PPARG</i> , pro/ala	Нейтральная	Нейтральная	Положительная	Нейтральная
<i>PPARG</i> , ala/ala	Отрицательная	Нейтральная	Положительная	Положительная

Заключение

В результате проведенного анализа выявлены закономерности взаимосвязи аллельных вариантов генов *ACE*, *ACTN3*, *BDKRB2*, *NOS 3*, *PPARG* с предрасположенностью к развитию двигательных навыков при выполнении коротких, средних, длинных дистанций, метания молота и толкания ядра, характерных для белорусской популяции высококвалифицированных спортсменов. Составлена карта (таблица 2), позволяющая оценить степень предрасположенности к выполнению физической нагрузки различной направленности, скорректировать тренировочный процесс с учетом генетических особенностей организма спортсмена и дать первичную информацию тренерам для более рационального выбора спортивной специализации в соответствии с генетическими особенностями спортсмена.

Список использованных источников

1. Athlome Project Consortium: a concerted effort to discover genomic and other "omic" markers of athletic performance / Y.P. Pitsiladis [et al.] // *Physiol Genomics*. – 2016. – Vol.48(3). – 183-90.
2. Ахметов, И. И. Молекулярная генетика спорта / И. И. Ахметов. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.
3. The Human Gene Map for Performance and Health-Related Fitness: the 2006–2007 update / M. S. Bray [et al.] // *Medicine and science in sports and exercise*. – 2009. – Vol. 41, № 1. – P. 35–73.
4. Sports genetics moving forward: lessons learned from medical research / Mattson C.M., Wheeler M. T., Waggott D., et al. // *Physiological Genomics*. – 2016. – Vol. 48, №3. – P. 175-182.
5. Гилеп, И.Л. Использование данных молекулярной диагностики для специализации и индивидуализации тренировочного процесса конькобежцев: методические рекомендации / И. Л. Гилеп, А. В. Ильютик, И. Н. Рубченя – Минск: БГУФК, 2014. – 68 с.
6. Астратенкова, И. В. Полиморфизм гена эндотелиальной NO-синтазы и физическая активность / И. В. Астратенкова // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов: сб. науч. тр. / СПбНИИФК; ред. В. А. Рогозкин. – СПб., 2006. – С.45–58.
7. Взаимосвязь полиморфизма генов определяющих показатели гемодинамики с профилизацией пловцов в юношеском возрасте / В. А. Синелев [и др.] // Плавание V: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., С-Петербург, 10-12 окт.2009 г. / НГУ им. Лесгафта; ред. А. В. Петряев. – СПб., 2009. – С. 71–76.
8. Гилеп, И. Л. Взаимосвязь двигательных навыков юных легкоатлетов на этапе начальной подготовки с наследственными особенностями организма / И. Л. Гилеп, И. В. Гайдукевич, И. М. Калинина // Прикладная спортивная наука. – 2019. – №2 (10). – С. 72-78.

15.04.2020

УДК 796.83+612

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ БОКСЕРОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТРЕНИРОВОЧНОЙ НАГРУЗКИ

Д. С. Пфейфер, Е. М. Титова, Е. А. Дубовик,
Республиканский научно-практический центр спорта

Аннотация

В статье представлен результат комплексного подхода к индивидуальной оценке функционального состояния высококвалифицированных боксеров на основе морфологических и физиологических показателей. Приведены данные обследования 4 боксеров высокой квалификации. Сопоставлены результаты исследования вариабельности сердечного ритма и биоимпедансного анализа состава тела боксеров в динамике с результативностью соревнований.

INDIVIDUAL CHANGES ASSESSMENT OF HIGHLY QUALIFIED BOXERS' FUNCTIONAL STATE BASED ON MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL INDICATORS UNDER THE TRAINING LOADS INFLUENCE

Abstract

The article presents the result of a complex approach to individual functional state assessment of highly qualified boxers based on morphological and physiological indicators. Survey results of 5 highly qualified boxers are presented. The results of HRV research and bioimpedance analysis of the boxers' body composition in dynamics with the competition performance are compared.

Введение

Для спортивной тренировки свойственны высокие физические и эмоциональные нагрузки, что увеличивает опасность физического перенапряжения, развития предпатологических и патологических состояний [1].

Спортивно-соревновательная деятельность боксеров направлена на достижение победы, которая зависит от индивидуальных особенностей физического состояния спортсмена [2].

Такой вид спорта, как бокс требует от спортсменов совокупности высокой физической подготовленности, стабильной техники, гибкой и разнообразной тактики и большой силы воли спортсмена. Современный бокс предъявляет высокие требования к функциональному состоянию спортсменов, которое является основой оценки результативности подготовки боксеров [3].

В связи с этим на современном этапе планирование физических нагрузок необходимо производить с учетом комплекса данных медико-биологического контроля с использованием различных методов функциональной диагностики [4, 5].

Значимой информативной составляющей системы подготовки спортсменов является мониторинг компонентного состава массы тела.

В спортивной практике для морфологического обследования используется как метод антропометрии, так и биоимпедансного анализа (БИА) [6, 7]. В процессе длительной специфической спортивной деятельности определяются взаимосвязи соматотипа и особенностей адаптации функциональных систем организма спортсменов. Изучение морфометрических характеристик спортсменов позволяет более полно охарактеризовать и оценить режим их деятельности, динамику восстановительных процессов и степень физической работоспособности, особенно в видах спорта с градацией по весовым категориям [8].

Метод оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР) не предназначен для диагностики клинических патологий. Преимущество данного метода состоит в возможности обнаружить тончайшие отклонения в регуляции сердечной деятельности, что особенно эффективно для оценки общих функциональных возможностей. Вариабельность – один из важных механизмов приспособления. Снижение ВСР у спортсмена указывает на ухудшение адаптационно-резервных возможностей организма. Для спортивной практики важно вовремя оценить индивидуальные границы регуляторно-резервных возможностей, за пределами которых происходят дизрегуляторные проявления, ведущие к перетренированности [9].

Цель исследования – провести анализ индивидуальной динамики показателей морфофункционального состояния боксеров в начале и в конце учебно-тренировочного сбора.

Методы и организация исследования

Все обследования проводились в начале и конце учебно-тренировочного сбора. В исследованиях приняли участие 4 спортсмена боксера (2 женщины, 2 мужчины), в подготовительный период подготовки, квалификация от МС до МСМК

Оценка изменений морфофункционального состояния высококвалифицированных боксеров под влиянием тренировочной нагрузки проводилась с помощью методов ВСП и биоимпедансного анализа.

Биоимпедансометрия выполнялась посредством измерительного прибора ABC-1 «Медасс». Оценивались следующие показатели: ЖМ (кг) – жировая масса, СММ (кг) – скелетно-мышечная масса, ФУ (°) – фазовый угол, АКМ (кг) – активная клеточная масса.

Анализ variability сердечного ритма в покое выполняли с использованием 12-канального электрокардиографа «Полиспектр-8». Изучались пространственно-спектральные компоненты ВСП: TP (мс²) – общая мощность спектра ВСП; VLF (мс²) – мощность спектра очень низких частот; LF (мс²) – мощность низкочастотного домена спектра ВСП; HF (мс²) – мощность высокочастотного домена спектра ВСП; LF/HF – индекс симпатико-парасимпатического баланса. HF, LF и VLF (%) – процентный вклад каждой колебательной составляющей в общую мощность спектра. Состояние вегетативного тонуса оценивалось по величине индекса напряжения ИН (у.е.).

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ показателей спектрального анализа у спортсмена А выявил, что в начале УТС показатель адаптации и экономичности деятельности основных функциональных систем организма находился на достаточном уровне. Структура спектра соответствовала HF>LF>VLF, мощность спектра была на высоком уровне, регуляция ритма сердца отражала хорошее физическое состояние (рисунок 1А).

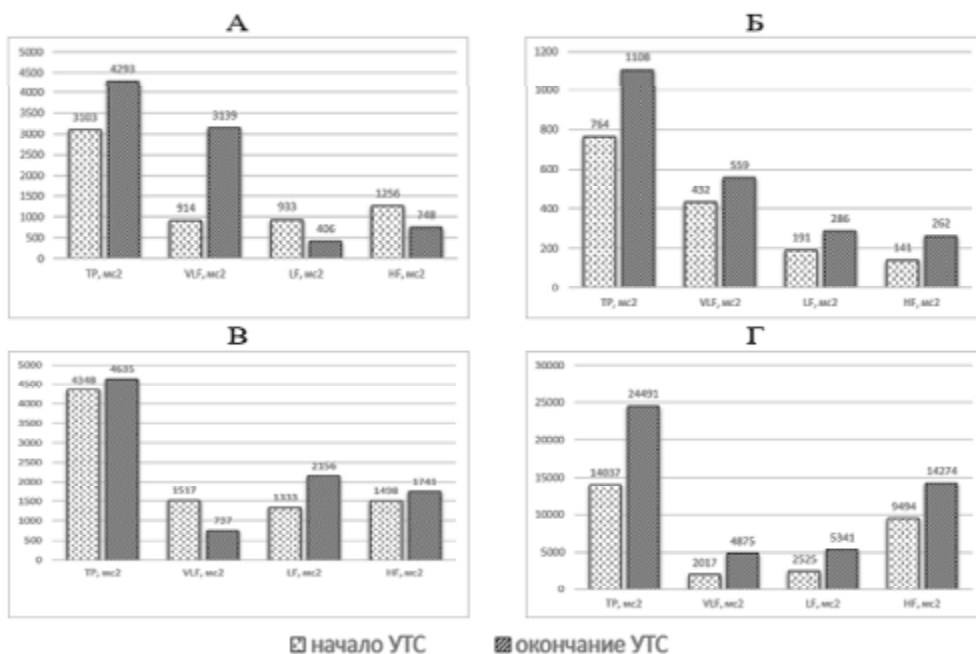


Рисунок 1 – Динамика показателей ВСП у спортсменов А, Б, В и Г

После недели интенсивных тренировок у спортсмена отмечалось увеличение мощности спектра за счет увеличения доли **VLF** почти в **3,5** раза, а также снижение доли **HF** и **LF**, что свидетельствовало о снижении уровня активности вазомоторного центра и смещении вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического отдела, резком преобладании центральной регуляции. Резкое увеличение **VLF** отмечается при перетренированности, физическом и психоэмоциональном перенапряжении у спортсменов [9]. Данная тенденция свидетельствовала о недостаточной переносимости тренировочной нагрузки спортсменом А. Отрицательная динамика в показателях ВСР до и после УТС указывала, что большая часть сбора для спортсмена была чрезвычайно напряженной, что привело к появлению выраженной дизрегуляции и снижению резервных возможностей в результате перетренированности.

По результатам динамики биоимпедансного анализа у спортсмена А за период УТС отмечено снижение значения с **8,59°** до **7,96°** фазового угла, характеризующего физическую работоспособность. Стоит отметить, что несмотря на снижение фазового угла, значение данного показателя осталось на высоком уровне (рисунок 2А).

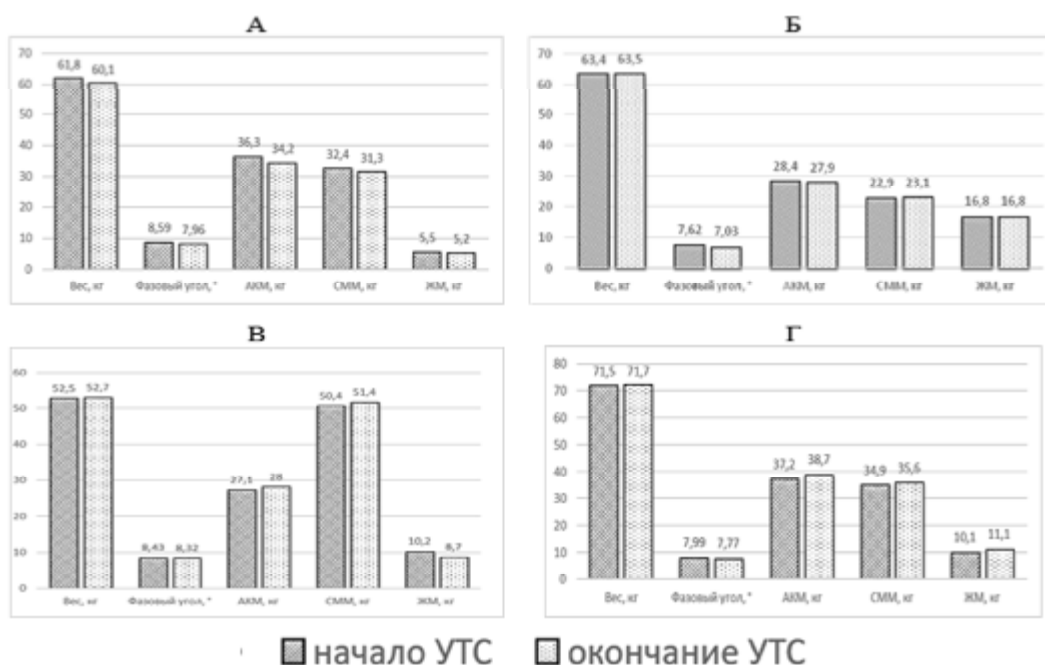


Рисунок 2 – Динамика показателей БИА у спортсменов А, Б, В и Г

У спортсмена А данная динамика фазового угла может быть связана со снижением веса с **61,8** кг до **60,1** кг, однако стоит отметить, что данное снижение веса произошло за счет потери массы мышечной ткани с **32,4** кг в начале УТС до **31,3** кг в конце тренировочного сбора и активной клеточной массы с **36,3** кг до **34,2** кг, что недопустимо при сгонке веса, т.к. снижается физическая работоспособность и уровень двигательной активности спортсмена. Необходимо обратить внимание на невысокий жировой компонент массы тела спортсмена **5,2** кг (**8,6%**), который практически не изменился в наблюдаемый период. Снижение жирового компонента ниже **6%** не рекомендуется [7], т.к. нарушаются процессы терморегуляции, однако спортсмен А на предстоящее соревнование заявлен в весе **57** кг. Спортсмен с такой неблагоприятной динамикой физического состояния не одержал победу на квалификационном турнире.

Анализ спектральных показателей ВСР у спортсмена Б в начале УТС выявил, что его функциональное состояние значительно снижено (ИН=295 у.е.). Отмечено значительное снижение общего уровня спектра TP, HF и LF. При этом волновая структура ВСР соответствует – VLF>LF>HF. Данный вариант ритма сердца указывает на патологическую стабилизацию модуляции ритма сердца с переходом его с рефлекторного, вегетативного уровня руководства на более низкий – гуморально-метаболический, не способный быстро обеспечивать гомеостаз (рисунок 1Б). В конце УТС отмечено увеличение TP преимущественно за счет увеличения мощности VLF, HF и LF. При этом волновая структура ВРС не изменяется – VLF>LF>HF. Высокие показатели VLF при сниженном значении HF могут свидетельствовать о снижении влияния автономной регуляции на сердечную деятельность и переходе на церебральное эрготропное обеспечение, проявляющееся мобилизацией защитных механизмов. Низкий уровень вагальных и симпатических влияний на ритм сердца указывает на ухудшение адаптационно-резервных возможностей организма в течение УТС.

У спортсмена Б не наблюдалось существенной динамики показателей биоимпедансного анализа в период УТС, за исключением снижения значения фазового угла (значение показателя в пределах интервала нормальных значений) с 7,62° до 7,03° и уменьшения активной клеточной массы с 28,4 кг до 27,9 кг, что могло быть связано с недостаточностью тренировочной нагрузки и не позволило развернуться адаптационным сдвигам (рисунок 2Б). Спортсмен с такой неблагоприятной динамикой физического состояния не одержал победу на квалификационном турнире.

Текущее функциональное состояние спортсмена В в начале УТС характеризовалось как хорошее. Отмечался высокий уровень общей мощности спектра, развитая нейро-гуморальная регуляция при высоком и сбалансированном уровне вагальных и симпатических влияний на модуляцию сердечного ритма (рисунок 1В). У спортсмена В в динамике прослеживалось устойчивое усиление симпатического влияния на модуляцию сердечного ритма от начала к концу недельного цикла тренировочных занятий. В конце УТС у спортсмена наблюдалось увеличение общей мощности спектра за счет существенного преобладания волн медленного периода (LF), снижение ИН с 31,5 у.е. до 23 у.е., увеличение спектральной мощности HF. При выраженном преобладании центральных механизмов регуляции мощность VLF волн резко снизилась, что говорит о постнагрузочном энергодефиците. Это тот пример, когда сдвиг в преобладании центральной регуляции является показателем способности тренированного организма длительное время (без поломок) выдерживать высокое напряжение регуляторных систем. Это состояние соответствует «пику» спортивной формы [10]. Поэтому преобладание центральной регуляции в короткий предсоревновательный период у спортсменов высокого класса может быть «нормой», без которой невозможно достижение высоких результатов.

У спортсмена В в период проведения УТС отмечено: стабилизация веса и неизменность значения фазового угла (значение данного показателя на высоком уровне), снижение жировой массы с 10,2 кг до 8,7 кг и увеличение скелетно-мышечной массы с 21,3 кг до 22,6 кг, а также увеличение активной клеточной массы с 27,1 кг до 28 кг, что соответствует повышению специальной работоспособности и устойчивому результату спортсмена (рисунок 2В). Спортсмен с такой положительной динамикой физического состояния одержал победу на квалификационном турнире.

Анализ variability сердечного ритма в начале УТС у спортсмена Г показал хорошее текущее функциональное состояние и выраженное преобладание активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Доля HF в общей мощности спектра составила 67,6 % (рисунок 1Г). В конце УТС ритмограмма ВСР характеризовалась увеличением общей мощности спектра на 74,5% за счет существенного увеличения как низкочастотных, так и высокочастотных мощностей. При этом волновая структура ВСР не изменилась – HF>LF>VLF. Высокий уровень вагальных и симпатических влияний на ритм сердца указывает на улучшение адаптационно-резервных возможностей организма в течение УТС. Выраженное преобладание автономной регуляции сердечного ритма для спортсменов высокого класса является показателем высокой тренированности.

В период проведения УТС у спортсмена Г, при стабилизации веса и неизменности значения фазового угла (значение данного показателя на высоком уровне), отмечено увеличение жировой массы с 10,1 кг до 11,1 кг, скелетно-мышечной массы с 34,9 кг до 35,6 кг, а также активной клеточной массы с 37,2 кг до 38,7 кг, что является положительным сдвигом компонентного состава тела в подготовительном периоде при выполнении нагрузок на развитие силовых способностей спортсмена (рисунок 2Г). Спортсмен с такой положительной динамикой физического состояния одержал победу на квалификационном турнире.

Заключение

В ходе проведенного динамического исследования variability сердечного ритма и биоимпедансного анализа состава тела определен исходный вегетативный тонус боксеров, уровень функционального состояния и реакция на тренировочную нагрузку до начала и в конце тренировочного сбора.

У всех спортсменов значение фазового угла находилось на высоком уровне и в пределах интервала нормальных значений. Высокие цифры фазового угла свидетельствуют о готовности спортсменов к выполнению тренировочных нагрузок.

После тренировочной нагрузки у всех спортсменов отмечено увеличение общей мощности спектра (TP, мс²). Однако волновая структура ВСР после нагрузки изменяется разнонаправлено, что обусловлено исходным вегетативным тонусом.

Снижение показателя фазового угла, снижение веса (за счет потери массы мышечной ткани), снижение значения активной клеточной массы, смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического отдела ВНС и низкий уровень вагальных и симпатических влияний на ритм сердца свидетельствовали об ухудшении функционального состояния и адаптационных возможностей организма к концу УТС. При этом данные спортсмены потерпели поражение на квалификационном турнире.

Стабилизация веса и неизменность значения фазового угла, увеличение скелетно-мышечной ткани и активной клеточной массы, преобладание автономной регуляции сердечного ритма и высокий уровень вагальных и симпатических влияний на ритм сердца указывали на улучшение функционального состояния и адаптационных возможностей организма к концу УТС. При этом данные спортсмены смогли одержать победу на квалификационном турнире.

Таким образом, методы биоимпеданса и ВСР являются объективными для динамического контроля компонентного состава тела и текущего функционального состояния спортсменов. Доступность и информативность делают эти методы незаменимыми для оперативного контроля переносимости тренировочных нагрузок.

Список использованных источников

1. Внезапная сердечная смерть молодых людей / М.В. Гордеева [и др.] // Вестник аритмологии. – 2012. – № 68. – С. 27–37.
2. Оценка эффективности комбинированного подхода в тренировочном процессе боксеров / А. З. Зиннатнуров [и др.] // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2019. – № 4(3). – С. 76–79.
3. Реутова, О. В. Влияние физической подготовки на технико-тактические действия в боксе / О. В. Реутова // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2018. – №2 (23). – С. 229–232.
4. Захаревич, А. Л. Оценка функционального состояния высококвалифицированных и юных велосипедистов на основе морфологических и физиологических показателей / А.Л. Захаревич, Д.С. Пфейфер, А.С. Кузикевич // Прикладная спортивная наука. – 2018. – № 1 (7). – С. 43–57.
5. Кузикевич, А. С. Оценка функционального состояния юных биатлонистов на основе морфологических и физиологических показателей / А. С. Кузикевич, Р. В. Малуха // II Европейские игры – 2019: психолого-педагогические и медико-биологические аспекты подготовки спортсменов: материалы Междунар. науч. практ. конф., Минск, 4–5 апр. 2019 г.: в 4 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: С. Б. Репкин (гл. ред.), Т. А. Морозевич-Шильюк (зам. гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУФК, 2019. – Ч. 2. – С.169–172.
6. Мартиросов, Э. Г. Технологии и методы определения состава тела человека / Э. Г. Мартиросов, Д. В. Николаев, С. Г. Руднев – М.: Наука, 2006. – 248 с.
7. Лабильные компоненты массы тела – критерии общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. Методические рекомендации / Абрамова Т. Ф. [и др.] – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 132 с.
8. Антропометрические и функциональные качества спортсменов, занимающихся боксом и баскетболом / Е. В. Архангельская [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – № 1(71). – С. 3–12.
9. Шлык, Н. И. Оценка качества тренировочного процесса у спортсменов на основе экспресс-анализа вариабельности сердечного ритма с учетом индивидуально типа регуляции / Н. И. Шлык, Е. С. Лебедев, О. С. Вершинина // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 2. – С. 18–20.
10. Шлык, Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. – 259 с.

14.05.2020

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЙ УТОМЛЕНИЯ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ НАЦИОНАЛЬНОЙ КОМАНДЫ ПО ЛЫЖНЫМ ГОНКАМ В ХОДЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ

Н.В. Шераш, А.Н. Будко

Республиканский научно-практический центр спорта

Аннотация

В статье представлены результаты исследований биохимических показателей, отражающих состояние утомления и перенапряжения у спортсменов национальной команды по лыжным гонкам. С биохимических позиций спортивный результат в значительной мере зависит от способности спортсмена противостоять утомлению. Своевременное выявление чрезмерности тренировочных нагрузок и, как следствие, состояния переутомления будет способствовать ускорению адаптации организма спортсменов к повышенным объемам работы в ходе годичной и многолетней подготовки.

EXHAUSTION AND OVERSTRAIN STATE ANALYSIS IN THE NATIONAL SKI TEAM ATHLETES DURING LONG-TERM TRAINING

Abstract

The article presents the biochemical studies results that reflect the fatigue and overstrain state in the national team cross-country skiing athletes. From a biochemical point of view, the sporting result largely depends on the athlete's ability to resist exhaustion. Early excessive training loads detection, as well as the fatigue state result, will help to accelerate the athletes' body adaptation to increased work amount in an annual and long-term cycle.

Введение

Первичной основой использования функциональных возможностей в лыжных гонках является энергетический аспект адаптации спортсменов к тренировочной и соревновательной деятельности.

Способность к быстрому восстановлению лыжников в значительной мере зависит от аэробных возможностей их организма, что отражается развитием мощности аэробного процесса. Источником энергии при выполнении физической нагрузки служат углеводы, утилизируемые как с участием, так и без участия кислорода. Важнейшим условием успешного выступления в соревнованиях для видов спорта, связанных с проявлением выносливости, является экономизация деятельности организма.

Различают два вида экономизации: функциональную, связанную с увеличением доли аэробных источников энергообеспечения в общей энергопродукции организма, и биомеханическую, определяющую расход энергии или кислорода на единицу пройденной дистанции. В лыжном спорте участие в соревнованиях предполагает применение в процессе подготовки нагрузок высокой интенсивности в условиях среднегорья, не освоенных еще в привычных условиях равнины, отсутствие учета перестроек в период «острой» (аварийной) акклиматизации в первые дни пребывания в горах, отсутствие взаимосвязи между равнинной и горной подготовкой в различных циклах тренировки. Эти важные факторы являются причиной снижения

спортивных достижений в период реакклиматизации. Данные методические подходы свидетельствуют о том, что не только контроль за развитием адаптационных возможностей на отдельных этапах подготовки спортсменов, а и контроль за способностью к их реализации в сложных условиях соревнований является одним из важных инструментов рационального построения тренировочного процесса [1–5].

Целью исследований являлось изучение биохимических показателей, отражающих состояние утомления и перенапряжения у спортсменов национальной команды по лыжным гонкам в течение годового цикла в условиях равнинной подготовки и в условиях среднегорья.

Организация и методы исследований

Под наблюдением находилось **24** спортсмена (**14** мужчин и **10** женщин) в течение общеподготовительного, специально-подготовительного, предсоревновательного и соревновательного периодов годовых циклов подготовки, имеющих высокую квалификацию – МС, МСМК, ЗМС.

Забор капиллярной крови проводился в каждом микроцикле утром натощак после дня отдыха. Биохимические исследования осуществляли с использованием фотометра РМ 2111 «Солар» (Республика Беларусь), содержание гормонов – с помощью иммуноферментного анализатора «i-CHROMA» (Boditech, Южная Корея), гематологических показателей с использованием гематологического анализатора QBC Autoread (США).

Полученные данные подвергались математико-статистической обработке с использованием методов описательной статистики.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования проводили в течение годового макроцикла в условиях равнинной подготовки и в условиях среднегорья. Критериями адаптации организма к соревновательным нагрузкам служили изменения биохимических показателей, так как они достаточно полно отражают функциональное состояние спортсменов и позволяют сделать объективный вывод о направленности метаболических процессов, связанных с напряженностью тренировочного и соревновательного процесса.

В таблицах 1 и 2 представлены биохимические данные, полученные в ходе подготовки национальной команды по лыжным гонкам в общеподготовительном, специально-подготовительном, предсоревновательном и соревновательном периодах. Как видно из таблицы 1, общеподготовительный период у мужчин характеризовался значительным накоплением уровня мочевины в организме, чрезмерным повышением активности КФК и, как следствие, активности АСТ и АЛТ в крови.

В общеподготовительном – средние значения содержания мочевины составляли **6,55** ммоль/л, максимальные – **11,0** ммоль/л, минимальные – **2,72** ммоль/л. Активность КФК в средних значениях составляла **615,5** Е/л, максимальные – **4213,0** Е/л, а минимальные – **107,4** Е/л. Максимальные значения активности АСТ составили **141** Е/л, минимальные – **14,0** Е/л.

Чрезмерно повышенные биохимические показатели свидетельствовали о глубоком переутомлении или хроническом утомлении организма, которое сопровождается истощением адаптационного резерва и, как следствие, длительным, глубоким снижением работоспособности.

Минимальные значения изучаемых показателей также свидетельствовали о незавершенности восстановительных процессов после выполнения тренировочных заданий.

Таблица 1 – Среднестатистические данные биохимических показателей у спортсменов в лыжных гонках в годичном макроцикле (мужчины, n=14)

Показатель	Urea, mM/l	KFK, Ед/l	АСТ, Ед/l	АЛТ, Ед/l	Glu, mM/l	Tg, mM/l	Cortisol, нМ/l	Testosteron, нМ/l	HGB, g/l	HCT, %
Границы нормы	3,5–8,0	25–200	5–40	5–40	3,5–6,0	0,4–1,7	200–700	8,5–30	130–170	39–48
Общеподготовительный период подготовки										
X	6,55	615,7	43,6	28,4	4,35	0,98	525,14	23,67	150,0	46,4
Sx	1,63	572,5	18,5	8,53	0,44	0,37	105,74	8,05	8,46	2,23
σ	0,11	39,04	1,26	0,58	0,03	0,04	17,15	2,08	0,99	0,26
n	217	215,0	216	216	189	71	38	15	73	74
MAX	11,00	4213	141	68,1	5,90	1,67	760,00	34,72	169,0	51,0
MIN	2,72	107,4	14,0	14,0	3,18	0,42	389,61	3,78	130,0	40,0
Специально-подготовительный период подготовки										
X	6,65	383,1	37,8	25,4	4,40	1,05	494,34	26,06	153,3	47,1
Sx	1,60	261,6	11,6	8,70	0,60	0,30	93,86	7,55	9,12	2,63
σ	0,08	13,64	0,61	0,46	0,03	0,02	8,75	1,03	0,58	0,17
n	376	368	363	363	334	244	115	54	244	244
MAX	12,37	1498	83,6	62,9	7,38	1,86	730,39	34,72	178,0	58,0
MIN	3,10	84,60	15,7	6,98	2,67	0,42	285,36	6,77	130,0	31,5
Предсоревновательный период подготовки										
X	6,38	195,4	39,2	24,7	4,56	1,13	512,78	31,39	161,2	49,3
Sx	1,83	90,21	5,28	4,16	0,49	0,22	119,04	2,31	8,24	2,46
σ	0,30	14,63	0,86	0,68	0,08	0,04	26,62	1,63	1,50	0,45
n	38	38	38	38	38	37	20	2	30,0	30,0
MAX	10,46	508,9	52,4	34,9	5,91	1,73	739,67	33,02	179,0	58,0
MIN	3,79	84,60	27,9	19,2	3,78	0,75	365,10	29,76	147,0	45,0
Соревновательный период подготовки										
X	6,59	336,4	38,5	26,4	4,38	1,04	524,37	32,41	152,2	47,5
Sx	1,71	212,0	9,38	8,05	0,55	0,30	103,61	2,78	10,02	2,84
σ	0,16	20,40	0,90	0,77	0,05	0,03	26,75	1,61	1,28	0,36
n	110	108	108	108	102	93	15	3	61	61
MAX	13,30	1329	76,8	66,4	7,32	1,94	723,03	34,44	171,0	53,5
MIN	3,79	52,10	17,5	15,7	3,20	0,47	384,00	29,24	131,0	41,6

Специально-подготовительный период характеризовался высоким напряжением белково-азотистого обмена, активность ферментов КФК, АСТ и АЛТ снизилась в четыре раза, хотя и сохранялась на уровне, превышающем границы физиологической нормы.

Предсоревновательный период подготовки сопровождался далее некоторым снижением изучаемых показателей, что, очевидно, было связано со снижением объёмов (интенсивности) тренировочной программы перед ответственными стартами. Так средние значения мочевины составили **6,38** ммоль/л, максимальные – **10,46** ммоль/л, минимальные – **3,79** ммоль/л. При этом активность КФК составляла **195,4** Е/л, что соответствовало границам физиологической нормы, максимальная активность была **508,9** Е/л, минимальная – **84,0** Е/л. Активность АСТ в средних значениях соответствовала верхним границам клинической нормы, а минимальные и максимальные значения составили **27,9** Е/л и **52,4** Е/л соответственно.

Соревновательный период годичного макроцикла характеризовался сдвигами биохимических показателей, условно приближающихся к сдвигам,

соответствующим специально-подготовительному периоду. Средние значения мочевины составили **6,59** ммоль/л, максимальные – **13,3** ммоль/л, а минимальные – **3,79** ммоль/л. При этом активность КФК составляла **336,4** Е/л, что соответствовало допустимому превышению границ физиологической нормы, максимальная активность была **1329** Е/л, а минимальная **52,1** Е/л. Активность АСТ в средних значениях соответствовала верхним границам клинической нормы, а минимальные и максимальные значения составили **76,8** Е/л и **17,5** Е/л соответственно.

Все вышеизложенное является следствием интенсивной, напряженной тренировочной программы, выполняемой спортсменами, в результате чего процессы, свойственные «фазе нагрузки», приобрели затяжной характер, что во многом обусловило низкую результативность команды в целом.

В таблице 2 представлены данные, отражающие переносимость тренировочных нагрузок в женской национальной команде по лыжным гонкам.

Таблица 2 – Среднестатистические данные биохимических показателей у спортсменов в лыжных гонках в годичном макроцикле (женщины, n=10)

Показатель	Urea, mM/l	KFK, Ед/л	АСТ, Ед/л	АЛТ, Ед/л	Glu, mM/l	Tg, mM/l	Cortisol, нМ/л	Testosteron, нМ/л	HGB, g/l
Границы нормы	3,5–8,0	25–172	5–40	5–40	3,5–6,0	0,4–1,7	200–700	120–160	34–44
Общеподготовительный период подготовки									
X	6,06	271,31	34,45	23,53	4,20	1,15	538,86	136,3	42,21
Sx	1,61	290,33	10,59	7,75	0,51	0,53	123,83	8,15	2,33
σ	0,15	27,43	1,00	0,73	0,05	0,07	21,89	1,07	0,31
n	113	112	112	112	92	53	32	58	58
MAX	10,99	2219	69,84	64,60	6,31	4,23	800,00	156,0	46,00
MIN	2,43	65,08	13,97	10,48	3,10	0,49	320,00	118,0	36,00
Специально-подготовительный период подготовки									
X	6,06	228,59	35,47	25,35	4,29	1,11	516,51	138,5	42,97
Sx	1,41	154,76	9,75	9,42	0,53	0,34	101,45	8,35	2,35
σ	0,10	11,32	0,73	0,70	0,04	0,03	11,27	0,75	0,21
n	198	187	180	180	172	139	81	124	124
MAX	9,40	1158	69,84	76,82	6,50	2,45	714,23	162,0	53,30
MIN	2,70	58,57	17,46	6,96	3,03	0,44	317,39	119,0	38,00
Предсоревновательный период подготовки									
X	5,88	279,39	41,49	24,83	4,25	1,13	530,95	145,6	45,3
Sx	1,50	259,12	10,18	3,70	0,41	0,30	92,58	8,33	2,51
σ	0,28	48,97	1,96	0,71	0,08	0,06	27,91	1,78	0,53
n	28	28	27	27	27	26	11	22	22
MAX	8,99	1414	78,57	33,17	4,93	1,89	673,78	162,0	50,30
MIN	3,04	78,10	27,46	17,46	3,54	0,75	353,15	129,0	40,30
Соревновательный период подготовки									
X	6,61	191,91	32,16	22,04	4,34	1,06	574,85	138,2	43,53
Sx	1,45	76,85	7,47	5,00	0,53	0,30	116,88	6,81	2,17
σ	0,20	10,76	1,05	0,70	0,08	0,05	25,51	1,12	0,36
n	51	51	51	51	45	42	21	37	37
MAX	9,83	390,50	60,30	34,92	5,83	1,83	746,91	147,0	46,80
MIN	4,32	51,83	14,11	10,97	3,05	0,58	298,19	122,0	38,90

Следует отметить, что несмотря на сохранение общей тенденции в изменении биохимических показателей, у женщин не выявлено таких значительных сдвигов, как у мужчин, отражающих реакцию на выполняемую тренировочную программу. Самый высокий уровень мочевины в крови составлял в течение года **10,99** ммоль/л, а самый низкий – **2,43** ммоль/л. Самая высокая активность КФК выявлена в общеподготовительном периоде (**2219** Е/л), а самая высокая активность АСТ соответствовала предсоревновательному периоду подготовки (**78,57** Е/л).

В целом можно отметить, что как у мужчин, так и у женщин величина нагрузки вызывала специфические изменения обменных процессов, однако они носили реакцию «неадекватного» стресса или систематического недовосстановления.

Современная система подготовки характеризуется исключительно большими тренировочными и соревновательными нагрузками, часто требующими предельной мобилизации возможностей функциональных систем организма. Эти нагрузки характерны для этапа специализированной базовой подготовки, так как на этапах последующей многолетней подготовки это является эффективным средством формирования долговременной адаптации и прироста функциональных возможностей спортсмена. Поэтому при подготовке квалифицированных спортсменов тренировочные нагрузки на фоне недовосстановления являются важным фактором мобилизации функциональных резервов и развития адаптационных реакций при решении задач, связанных с развитием выносливости, повышением возможностей аэробной и анаэробной систем энергообеспечения, а также способности к реализации физического и технико-тактического потенциала в условиях утомления (эффект суперкомпенсации) [6, 7, 9] (таблица 2).

На рисунках 1 и 2 представлена динамика среднегрупповых значений биохимических показателей на различных этапах годичной подготовки лыжников-гонщиков. Реакцию организма спортсменов на тренировочную программу оценивали по динамике уровня мочевины, активности КФК, АСТ, АЛТ, гемоглобина и гематокрита. На представленных диаграммах видно, что содержание (активность) изучаемых показателей возрастало от общеподготовительного периода подготовки к специальному и снижалось к предсоревновательному.

Уровень мочевины в крови является основным биохимическим показателем, отражающим метаболический ответ организма на нагрузку. При усиленном распаде тканевых белков и избыточном поступлении в организм аминокислот в печени в процессе связывания токсичного для организма человека аммиака (NH_3) синтезируется нетоксичная мочевина. Из печени мочевина поступает в кровь и выводится с мочой. Содержание мочевины может увеличиваться при значительном поступлении белков с пищей, нарушении выделительной функции почек, а также после выполнения длительной физической работы за счет усиления катаболизма белков. В случае выполнения физической нагрузки адекватной функциональным возможностям организма, происходит относительно быстрое восстановление нормального метаболизма, и содержание мочевины в крови утром натошак возвращается к норме. Это связано с уравниванием скорости синтеза и распада белков в тканях организма. Если содержание мочевины на следующее утро остается выше нормы, это свидетельствует о недовосстановлении организма либо развитии его утомления [8].

Средние значения содержания мочевины в крови лыжников-гонщиков на протяжении всего годового цикла подготовки находились в пределах границ физиологической нормы, а максимальные и минимальные значения отражали чрезмерную загруженность организма в условиях «базовой» и специальной подготовки. Об этом свидетельствовало то, что увеличение нагрузок приводило к парадоксальному уменьшению уровня мочевины, которое следует расценивать как незавершенность восстановительных процессов. Неадекватное, чрезмерное увеличение уровня мочевины в крови свидетельствовало о применении высокоинтенсивных нагрузок стрессового характера. После таких «ударных» воздействий высокий уровень мочевины имеет тенденцию к дальнейшему повышению независимо от величины последующих нагрузок. Это является следствием несоответствия между функциональными возможностями организма и используемыми тренировочными заданиями.

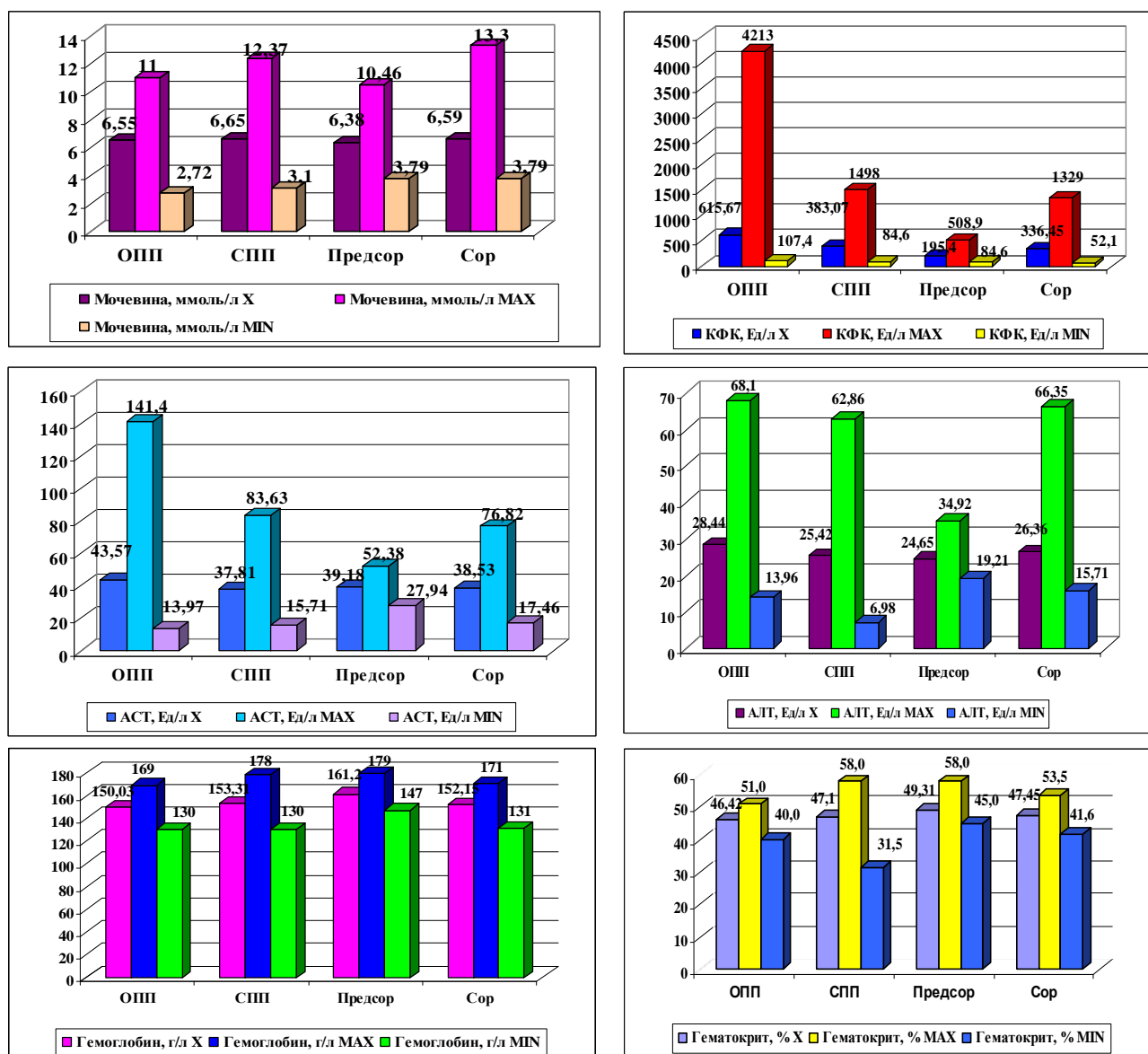


Рисунок 1 – Динамика среднегрупповых значений мочевины, активности ферментов КФК, АСТ и АЛТ, гемоглобина и гематокрита на различных этапах годичной подготовки у спортсменов национальной команды по лыжным гонкам (мужчины)

Предсоревновательный период сопровождался некоторым снижением значений мочевины в крови, что обусловлено постепенным снижением планируемых объемов или интенсивности, характерным для данного периода подготовки, так как он проходит с учетом ближайшей соревновательной деятельности. Соревновательный период вызвал самые значительные сдвиги содержания метаболита, что обусловлено исключительно высокими соревновательными нагрузками, крайне напряженным психическим состоянием и обостренной ответственностью за результаты участия в соревнованиях.

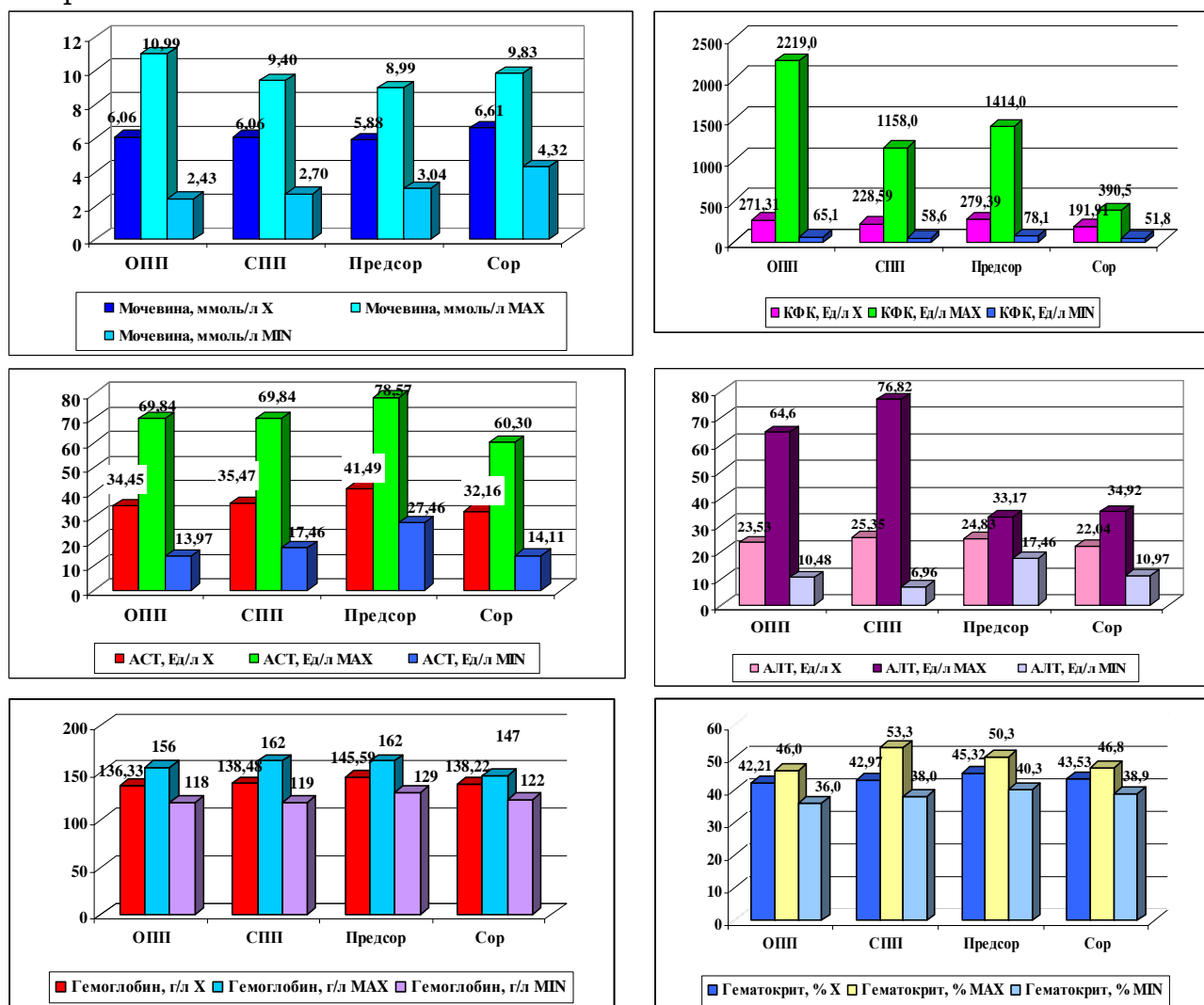


Рисунок 2 – Динамика среднегрупповых значений мочевины, активности ферментов КФК, АСТ и АЛТ, гемоглобина и гематокрита на различных этапах годичной подготовки у спортсменов национальной команды по лыжным гонкам (женщины)

Уровень активности ферментов, напротив, был запредельно высоким в общеподготовительном периоде и постепенно снижался к соревновательному. Это свидетельствует о росте функциональных возможностей спортсменов, адаптации мышечной системы к выполняемым нагрузкам в процессе подготовки. Учитывая, что общая КФК при интенсивных занятиях, как правило, повышается, это повышение должно носить умеренный характер. При этом увеличение КФК может быть обусловлено не только состоянием скелетной мускулатуры, но и началом повреждения сердечной мышцы. Этот факт

подтверждает анализ динамики активности АСТ, которая ответственна за синтез аминокислот, входящих в состав клеточных мембран и тканей. Больше всего АСТ находится в миокарде (сердечной мышце), гепатоцитах (печеночной ткани), нейронах головного мозга и мышечной ткани скелетной мускулатуры. Это объясняется достаточно высоким уровнем обменных процессов в них и необходимостью максимальной приспособленности клеток поддерживать свою структуру.

Динамика уровня гемоглобина свидетельствовала о совершенствовании кислородтранспортной и дыхательной способности крови от общеподготовительного периода к соревновательному, что, очевидно, было связано с воздействием большого объема тренировок аэробной направленности, а также влиянием значительного объема тренировок в условиях горной подготовки, то есть в условиях среднегорья и высокогорья, которые, как известно, обеспечивают способность спортсменов к высокому и длительному потреблению кислорода, а также экономному его использованию.

Важным является анализ уровня гематокрита, то есть соотношения эритроцитов к количеству плазмы крови. Из диаграмм видно, что от общеподготовительного к соревновательному периоду подготовки отмечалось повышение показателей гемоглобина и гематокрита, т.е. кислородной емкости крови и ее вязкости. Общеизвестно, что основной причиной повышения гематокрита является повышение количества красных кровяных клеток или увеличение их размера, что создает дополнительный объем, так как организм всегда стремится сохранить равновесие внутренних процессов. Поэтому при отклонениях от физиологических норм включаются компенсирующие механизмы и, следовательно, повышение гематокрита в крови является одной из количественных характеристик физиологической «подстройки» организма к новым условиям жизни, в частности к условиям горной подготовки [10]. Учитывая высокую взаимосвязь данных показателей, можно сделать вывод о том, что повышение кислородтранспортной функции крови во многом было обусловлено увеличением ее вязкости, так как при хронической гипоксии, присутствующей в организме, он старается устранить проблему дефицита кислорода путем усиленного синтеза красных кровяных клеток.

Заключение

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что динамика биохимической картины крови может служить информативным критерием функциональной подготовки спортсменов, тренирующихся в видах спорта, направленных на преимущественное развитие выносливости. Объективность проводимых исследований значимо повышается при анализе основных биохимических параметров. Частое возникновение и длительное удержание состояний переутомления и недостаточного восстановления организма могут служить одним из дополнительных критериев перспективности атлетов для участия в главных стартах и достижения высоких спортивных результатов.

Динамика рассмотренных биохимических показателей в состоянии покоя и после выполненных тренировочных или соревновательных нагрузок позволяет давать достаточно объективное заключение о переносимости тренировочных нагрузок, скорости и качества восстановительных процессов. Биохимическая оценка отставленного тренировочного эффекта на основе определения сравнительно небольшого комплекса показателей даёт также информацию о состоянии метаболических процессов в организме, раскрывает индивидуальные особенности обмена веществ у спортсменов.

Поэтому биохимические методы находят широкое применение в практике обследования спортсменов, так как полученные сведения используются для внесения коррекции в ход подготовки спортсменов, управление тренировочным процессом. Комплексная биохимическая оценка процессов восстановления является наиболее целесообразной, так как позволяет дифференцированно подходить к использованию восстановительных мероприятий.

Список использованных источников

- 1 Макарова, Г.А. Медицинский справочник тренера / Г.А. Макарова, С.А. Локтев. – М.: Советский спорт, **2005**. – **586** с.
- 2 Фролова, О. В. Метаболический статус спортсменов-биатлонистов в подготовительном периоде / О. В. Фролова, Ю. А. Кондакова, О. Л. Ковязина // Спорт: медицина, генетика, физиология, биохимия, педагогика, психология и социология. – **2014**. – С. **107–111**.
- 3 Курашвили, В. А. Биохимические корреляты перетренированности / В. А. Курашвили // Вестник спортивных инноваций. – **2014**. – № **47**. – С. **30–36**.
- 4 Платонов, В. Н. Перетренированность в спорте / В. Н. Платонов // Наука в олимпийском спорте. – **2015**. – № **1**. – С. **19–34**.
- 5 Земцова, И. И. Биохимические и функциональные аспекты состояния организма спортсменов-гребцов высокой квалификации в практике этапного комплексного контроля / И. И. Земцова, Л. Г. Станкевич, Е. М. Лысенко, Е. В. Мишнев, Л. А. Гордиенко // Наука в олимпийском спорте. – **2007**. – № **3**. – С. **83–86**.
- 6 Инновационный подход в системе подготовки спортсменов высокого класса в молодежном спорте / Н.Г. Кручинский [и др.] // Материалы VIII конгресса «Спорт, человек, здоровье», Санкт-Петербург, 12–14 окт. 2017 г. / Нац. Гос. универ. физич. культуры, спорта и здоровья им. П. Ф. Лесгафта; редкол.: В. А. Таймазов (гл. ред.) [и др.]. – СПб., **2017**. – С. **76–78**.
- 7 Феномен хронического утомления у спортсменов / В. Н. Ильин [и др.] // Ульяновский медико-биологический журнал. – **2015**. – № **3**. – С. **108–116**.
- 8 Рыбина, И. Л. Мониторинг активности ферментов в спорте высших достижений / И. Л. Рыбина, А. И. Нехвядович, А. Н. Будко, Е. А. Мороз // Прикладная спортивная наука. – **2017**. – № **2(6)**. – С. **62– 1**.
- 9 Рыбина, И. Л. Лабораторные маркеры адаптации организма биатлонистов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам / И. Л. Рыбина, Е. А. Ширковец, А. И. Нехвядович // Наука в олимпийском спорте. – **2017**. – № **2**. – Р. **28–33**.
- 10 Потапова Т. В. Гематологические и метаболические маркеры состояния напряжения спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса / Т.В. Потапова // Вестник ЮУрГУ. – **2008**. – Вып. **14**, №**4**. – С. **35–37**.

05.05.2020

УДК

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ, БАД И ГИДРАТАЦИЯ В ХОККЕЕ С ШАЙБОЙ

Е. А. Гаврилова, д-р мед. наук, профессор,

Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова Минздрава России;

Г. М. Загородный, канд. мед. наук, доцент,

Республиканский научно-практический центр спорта;

О. А. Чурганов,

Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова Минздрава России;

М. Д. Белодедова,

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

Аннотация

Сегодня доказано, что уровень знаний тренеров о питании в хоккее коррелирует с результатами команды, а мониторинг питания с целью своевременного добавления в пищу субстратов, поступающих с БАД, может улучшить физиологические показатели и предотвратить потери производительности хоккеиста.

NUTRITIONAL SUPPORT ISSUES AND HYDRATION IN ICE HOCKEY

Abstract

It is proven nowadays that the coaches' knowledge level about nutrition in hockey correlates with the team results, so monitoring nutrition for substrates adding via dietary supplements can improve physiological parameters and prevent hockey players' inefficiency.

Введение

Особенностью игры в хоккее с шайбой является работа переменной мощности. В процессе игры в связи с постоянно изменяющейся ее интенсивностью, временем отдыха на скамье «запасных» изменяется и характер энергообеспечения работы – от креатинфосфатного до гликолитического с присутствием в той или иной степени аэробного процесса [1].

Эргогенными веществами для хоккеиста в основном являются АТФ, креатинфосфат мышц, глюкоза крови, гликоген печени и мышц. Однако во время игры одновременно возникает также и ряд лимитирующих энергообеспечение процессов. В крови и моче обнаруживаются: молочная кислота, продукты миолиза скелетных мышц, белкового катаболизма (мочевина, мочевая кислота, аммиак) [2]. Потеря воды приводит иногда к снижению веса тела спортсмена до 2 кг [3]. Своевременное удаление этих метаболитов, а также грамотный питьевой режим будет способствовать повышению производительности и конкурентоспособности хоккеистов.

Сегодня доказано, что уровень знаний тренеров о питании в хоккее коррелирует с результатами команды, а мониторинг питания с целью своевременного добавления в пищу субстратов, поступающих с БАД, может улучшить физиологические показатели и предотвратить потери производительности хоккеиста [4,5].

В связи с вышесказанным питание, своевременное добавление БАД к пище, а также рациональный режим гидратации становятся важным компонентом спортивного успеха в хоккее. Недооценка этого аспекта спортивной подготовки может свести на нет весь правильно спланированный тренировочный процесс, что обуславливает *актуальность* настоящего исследования.

Сегодня отношение к БАД в спорте носит противоречивый характер. Часть тренеров и врачей явно переоценивает роль БАД в подготовке спортсменов, а их оппоненты порой отрицают эффективность даже тех нутриентов, чья эффективность продемонстрирована с позиций доказательной медицины.

Поэтому *целью* данного обзора явился анализ современных представлений об участии субстратов, поступающих с биологически активными добавками к пище, в биохимических процессах энергообеспечения спортсменов в хоккее с шайбой.

Материалы и методы исследования

Проведен системный обзор научных исследований по ключевым словам: хоккей, питание, спортивное питание, нутрицевтики, биологически активные добавки в двух электронных базах **Elibrary.ru** и **Pubmed**.

Результаты

Прежде чем рассматривать особенности питания и применения БАД в хоккее, рассмотрим биохимические особенности энергообеспечения игроков в хоккее с шайбой.

В хоккее до **30-й** сек нагрузки АТФ образуется исключительно анаэробным путем (**запасы АТФ мышц, алактатный и гликолитический**). После **30-й** секунды отмечается смешанный тип образования энергии (анаэробно-аэробный), а после **50-й** сек происходит резкий подъем мощности аэробного гликолиза [6].

Соответственно, основными источниками энергии в этом виде спорта являются: АТФ и креатинфосфат мышц, глюкоза крови, гликоген мышц и печени. От своевременного поступления и синтеза организмом этих веществ, имеющих определенную эргогенную ценность, во многом будет зависеть успешность как отдельного игрока, так и команды в целом.

Энергообеспечение игры за счет АТФ мышц обычно осуществляется в течение первых секунд. Однако при серьезном подходе к занятиям, питанию и выбору необходимых БАД можно значительно увеличить время работы за счет этого источника энергии.

Молекула АТФ состоит из аденина, рибозы и трех фосфатов. Однако качественный и быстрый синтез АТФ возможен только при поддержании высокого уровня анаболических гормонов (тестостерона и инсулина) и низкого – катаболических гормонов (катехоламинов и кортизола). Согласно модельным характеристикам уровень тестостерона у спортсменов – мужчин в хоккее должен быть равен **24,1±1,3** нмоль/л [7]. В линейках спортивных нутрицевтиков *рибоза* выпускается как в моноформе, так и вместе с *креатином*. Их однократный совместный прием может обеспечить значительное удлинение энергообеспечения организма за счет АТФ мышц.

В 2014 году R. Jager с соавт. [8] доказали универсальное эргогенное действие высоких доз АТФ (400 мг/день) при курсовом 12-недельном назначении. Авторы отмечали повышение силы и мощности скелетных мышц на 30% и выше. В 2012–2016 г.г. была проведена серия рандомизированных двойных-слепых плацебо- и дието-контролируемых исследований эргогенного действия добавок АТФ (кишечно-растворимых препаратов *Peak ATP* и *АТФ-лонг*). Было доказано, что эти пищевые добавки АТФ в дозе 400 мг в день в течение 15 дней способствовали повышению показателей силы мышц за счет нейро-гуморальной активизации через клетки кишечника эндогенного синтеза АТФ в мышечных волокнах [9]. Такие свойства пероральной формы АТФ могут иметь наибольшее практическое значение в хоккее. Однако наибольшей эффективностью повышения уровня АТФ в мышцах с высокой степенью доказательности [10] обладает комбинация АТФ с *гидроксиметилбутиратом (НМВ)* – органической кислотой, которая образуется в организме человека вследствие расщепления аминокислоты лейцина. Данная комбинация НМВ (3 г/день) и АТФ (400 мг/день) синергично увеличивает мощность скелетных мышц за счет эндогенного синтеза АТФ даже в условиях предельных физических нагрузок.

Таким образом, в стимуляции энергообеспечения мышц за счет пула АТФ на сегодняшний день наиболее доказанной является комбинация НМВ (3 г/день) и АТФ (400 мг/день).

За счет **алактатного** механизма энергообеспечения хоккеист выполняет игровые действия с высокой интенсивностью (максимальной мощностью): пробегаемые на коньках короткие отрезки (5–30 м), ведение и обводку, силовые единоборства и другие технико-тактические задачи. Алактатное энергообеспечение проявляется в зоне максимальной мощности, которую можно сохранить не более 20 сек. Этот период энергообеспечения обеспечивается преимущественно креатинфосфатным способом образования АТФ и его эффективность зависит от содержания в мышцах креатинфосфата [11].

Показано, что *креатин* обладает эргогенным эффектом у элитных хоккеистов [12]. Креатин – один из самых популярных фармаконутриентов даже среди юных хоккеистов [13].

Это связано со способностью креатина ослаблять признаки мышечного утомления в условиях множественных повторяющихся циклов высокоинтенсивных упражнений короткой продолжительности. Влияние креатина на выполнение преимущественно анаэробных упражнений, преобладающих в хоккее, связано с положительным его влиянием на нервно-мышечную функцию путем усиления обратного захвата ионов кальция в саркоплазматическом ретикулуме мышечных клеток, ускоряя все этапы образования и разъединения актомиозиновых мостиков [14]. Еще одним механизмом действия креатина может быть повышение запасов гликогена в мышцах за счет экспрессии белка-переносчика глюкозы **GLUT4** [15]. Однако для включения этого механизма следует комбинировать прием креатина с высокоуглеводной диетой. Кроме того, креатин обладает защитным действием в отношении мышечных повреждений за счет увеличения буферной кальциевой емкости мышц и торможения кальций-активирующих протеаз. Кроме того, прием креатина в посттренировочный период усиливает регенерационный ответ организма (анаболическое действие), ускоряя восстановление [16,17].

Достигнуть большего эффекта алактатного периода энергообеспечения можно, если принимать креатин в утренние часы и в период белково-углеводного окна в течение 30 минут после тренировки. Глюкоза является

проводником креатина в клетку, что делает более эффективным его прием в растворе углеводных напитков. При этом перед и во время тренировок употреблять креатин не следует во избежание дегидратации.

Экзогенный креатин не только значительно повышает внутримышечный уровень креатина и фосфокреатина, но и сдерживает уровень молочной кислоты, которая является лимитирующим фактором на следующем этапе энергообеспечения в хоккее. Принимать креатин лучше на ответственных соревнованиях, а также при перенапряжении.

Анаэробный гликолитический механизм энергообеспечения более медленный по скорости развертывания и менее мощный (9 кал/с на 1 кг веса тела), но более емкий, чем алактатный механизм. Анаэробный гликолиз – главный путь энергообеспечения в хоккее, поскольку за короткий промежуток времени нахождения на льду кровь не может доставить к мышцам необходимое количество кислорода. Гликолитические возможности спортсмена целиком зависят от запасов углеводов, находящихся в виде гликогена в мышцах, печени и в виде свободной глюкозы в крови. За счет гликолитического механизма хоккеист выполняет различные игровые действия с субмаксимальной мощностью, поддерживая высокий темп в течение всего игрового отрезка (30–60 с). В связи с этим встает вопрос о создании запасов углеводов в виде гликогена мышц и печени у спортсмена. Дефицит гликогена приводит к утомляемости, потере скорости, силы, специальной работоспособности во время игры или соревнований [5].

Один из важных моментов в увеличении накопления мышечного гликогена – правильно построенный тренировочный процесс с обязательным включением в него аэробных тренировочных нагрузок [18]. Соответственно, аэробные тренировки должны стать частью тренировочного процесса для стимуляции главного пути энергообеспечения в хоккее.

Второй важный момент для создания запаса гликогена – коррекция рациона питания. 70% получаемых хоккеистами калорий должны быть компенсированы углеводами. Это диктует необходимость высокоуглеводных рационов до 8–13 граммов углеводов на килограмм массы тела [19,20]. Однако практика показывает, что обычный рацион хоккеиста характеризуется избытком жиров. Оптимальным соотношением белков, жиров и углеводов для хоккеиста является 1:0,9:5 соответственно [21]. Углеводы предпочтительны преимущественно сложные для поддержания на должном уровне гликемического индекса: овощи, зерновые, хлеб, макароны, крупы, рис, бобовые. Простые углеводы (хлебобулочные и кондитерские изделия) вызывают быстрое увеличение в крови уровня инсулина, что способствует развитию гипогликемии в процессе игры.

В день соревнования последний прием пищи должен быть за 2–3 часа до матча. В случае утреннего выступления необходимо адекватное потребление углеводов в предыдущий день. За 1 час до соревнования следует дополнительно употребить продукты с высоким содержанием углеводов (банан, печенье), но не сладости. Употребление простых углеводов в течение часа до тренировки или игры способствует за счет выброса инсулина последующему падению уровня сахара в крови до еще более низкого уровня, чем исходный.

После тренировки и соревнований необходимо восстановить депо гликогена [19, 20]. В течение 30 минут после окончания игры (в так называемое «углеводное окно») необходимо принять не менее 1 грамма углеводов на 1 килограмм веса тела (банан, печеный картофель, сухофрукты,

смузи и т.п.). Компот (кисель) из сухофруктов – очень полезный напиток для хоккеиста не только для восполнения углеводов и жидкости, но и макро-, микроэлементов и витаминов, влияющих на силу мышц (натрий, калий, магний, железо, витамины группы В). В случае применения этих продуктов в период «углеводного окна» восполнение гликогена на **60%** происходит уже в течение первых двух часов после тренировки и игры, а не затягивается на целый день, снижая тем самым процессы восстановления и функциональной готовности спортсмена.

Прием средств экстренной компенсации углеводов на тренировке и соревнованиях (углеводно-минеральных напитков) дает возможность восполнить энерготраты уже по ходу игры, улучшить ряд показателей работоспособности, сердечно-сосудистой системы, водно-солевого обмена и термогенеза [22, 23], а также восстановить гликогеновые депо [24]. Американский колледж спортивной медицины рекомендует употребление **0,7** грамма углеводов на килограмм веса тела в час во время занятий в составе глюкозо-электролитных напитков (**6-8%** раствор) с целью поддержания уровня глюкозы в крови, предотвращения обезвоживания и иммуносупрессивного эффекта тренировок [22].

Затем не менее, чем через **2** часа после тренировки и соревнования следует принять еще **150** г углеводов, особенно в случае запланированной в тот же день второй тренировки во избежание истощения депо гликогена.

Для суперкомпенсации гликогена мышц и печени уместно рассмотреть такой диетический прием, как тайпер-диета [25]. За неделю до ответственного старта из рациона спортсмена удаляют продукты, содержащие углеводы (хлеб, макароны, крупы, кондитерские изделия и сахар). Рацион в этот период должен быть белково-жировым, на фоне которого в течение трех дней проводятся достаточно интенсивные тренировки. Затем в оставшиеся три дня спортсмена переводят на богатый углеводами рацион, снижая интенсивность тренировочных нагрузок. Этот рацион должен включать крупяные, макаронные и хлебные изделия, фрукты, овощи, кисели. Интенсивность тренировок в этот период снижают. Схематично тайпер-диета выглядит так:

- **1-3-й** день – истощающая физическая нагрузка на фоне белково-жировой диеты;

- **4-5-й** день – спортсмена переводят на богатый углеводами рацион, интенсивность нагрузки резко снижают;

- **6-7** день – происходит процесс суперкомпенсации гликогена.

Впервые такую схему питания рекомендуется проводить в менее ответственной ситуации, чем соревнования. Кроме того, наблюдения за спортсменами показывают, что не всегда и не во всех случаях достигается положительный эффект (как правило, лишь в **50-60%** случаев). Вероятно, это связано с индивидуальными особенностями обмена веществ и энергообеспечения организма спортсменов [26]. Так, у спортсмена при белково-жировом рационе могут появиться расстройство желудка, тошнота, рост уровня мочевины в сыворотке крови. Азотемию, часто возникающую на фоне белково-жировой диеты, можно предотвратить приемом клетчатки и цитрулина.

Среди хоккеистов широко распространена тенденция использования стимуляторов [27]. Стимуляторами в спорте принято считать вещества, оказывающие стимулирующее воздействие на центральную нервную систему и способствующие интенсивному использованию эндогенных энергетических ресурсов организма. **R.T. Bents** и **E. Marsh** [28] сообщили, что **51,8%**

опрошенных ими хоккеистов подтвердили использование стимуляторов перед игрой. **J. Coso** с соавт. [29] показали, что использование кофеина в дозе **3 мг** на кг массы тела хоккеиста способствует достоверному увеличению скорости и интенсивности бега на коньках, что в свою очередь дает значимое преимущество в хоккее.

На гликолитический механизм энергообеспечения влияет способность организма противостоять неблагоприятным изменениям в связи с **накоплением молочной кислоты**. Ее нейтрализация осуществляется буферными системами и зависит от буферной емкости крови.

В процессе анаэробного гликолиза глюкоза превращается в пировиноградную кислоту (пируват), давая при этом энергию для синтеза всего лишь двух молекул АТФ. Если в тканях недостаточно кислорода для окисления пирувата, он превращается в молочную кислоту (лактат) и накапливается в крови до тех пор, пока нагрузка на организм не снизится и в ткани не поступит достаточное количество кислорода. Лактат является лимитирующим фактором в энергообеспечении хоккеиста. С его ростом наступает мышечное утомление и отказ от работы в заданном темпе. Для профилактики данного состояния встает вопрос о способах предотвращения перехода пирувата в лактат.

Существуют альтернативные пути превращения пирувата в вещества, которые не обладают лимитирующим действием на производительность хоккеиста (аланин, щавелевоуксусная кислота и ацетил-КоА) [30].

Так, при присоединении к пирувату аминогруппы происходит переаминирование пирувата в аминокислоту аланин. Даже значительное накопление аланина в организме при интенсивной физической нагрузке не снижает работоспособность спортсмена. Чем выше класс спортсмена, тем выше в крови коэффициент аланин/лактат, то есть лучше идет реакция перевода пирувата в аланин. Прием спортсменом до нагрузки (за **30–60 мин.**) *аминокислоты лейцин 5–10 г, глутамин (4 г) или разветвленных аминокислот (ВСАА 4–6 г – лейцин, валин и изолейцин)* ускоряет процесс перевода пирувата в аланин. Тем самым улучшается физическая работоспособность и удлиняется время работы спортсмена до отказа на велоэргометре. Позиция Международного общества спортивного питания (**ISSN position stand**) состоит в том, что ВСАА даже при однократном приеме стимулирует ресинтез гликогена и снижает признаки утомления [31]. Превентивный прием ВСАА до нагрузки улучшает также психомоторное состояние спортсмена [31]. Предполагается, что механизм такого действия ВСАА связан с торможением метаболизма триптофана и снижением уровня серотонина в мозге. Кроме того, препараты ВСАА эффективны в снижении болезненности мышц и микроразрывов, возникающих при интенсивных силовых нагрузках вне связи с процессами воспаления. Этот феномен ускоряет восстановление и готовность к следующему тренировочному циклу, и в спортивной нутрициологии носит название «влияние на повторный цикл нагрузки» ("**repeated bout effect**"). Курсовой профилактический прием ВСАА в течение **1–3 недель** в средней дозе не менее **5–6 г/день** (при классическом соотношении лейцина, изолейцина и валина и разделении на **4 приема** с равными промежутками времени в течение дня) является частью многокомпонентной стратегии предупреждения повреждения и болезненности мышц, вызываемых физическими нагрузками.

По заключению **ISSN** потребление **ВСАА** (в дополнение к углеводам) перед, в процессе и после тренировочных нагрузок рекомендуется как безопасное и эффективное средство с наивысшим уровнем доказательности

«А» [32]. Сегодня ВСАА как вещества, обладающие эргогенным действием, включены во все современные классификации средств нутритивно-метаболической поддержки спортсменов.

Под действием пируваткарбоксилазы пируват превращается в щавелевоуксусную кислоту. Кофактором этой реакции являются ионы магния, биотин и тиамин (витамин В₁), содержащиеся в таких продуктах, как бобовые, крупы, хлеб из муки грубого помола, печень. Их прием будет способствовать улучшению реакции карбоксилирования пирувата и уменьшению образования лактата в процессе нагрузки [30].

Липоевая кислота в дозе 100-300 мг/сут способствует переводу пирувата в ацетил-КоА. Это не только альтернативный путь превращения пирувата, но и активация накопления гликогена [30]. Липоевая кислота содержится в говядине, субпродуктах, молоке, бобовых, рисе и шпинате.

Таким образом, потребление хоккеистами БАД, содержащих лейцин, глютамин, ВСАА, магний, тиамин, биотин и липоевую кислоту, препятствует накоплению в организме молочной кислоты при анаэробном гликолизе путем превращения пирувата в вещества, которые не обладают лимитирующим действием на энергообеспечение (аланин, щавелевоуксусная кислота, ацетил-КоА).

Кроме снижения скорости образования лактата в организме хоккеиста отдельного рассмотрения заслуживает борьба с уже образовавшимся лактатом, **лактоацидозом** на тренировках и соревнованиях.

Нейтрализацию лактата с помощью бикарбонатных систем (*Лактат Пуффер*) на тренировках применять не рекомендуется. Тренировки в этих условиях можно назвать метаболическими с целью адаптации организма к работе в условиях лактоцидоза. По этой же причине для адаптации организма к работе в условиях закисления лактатом полезно в рацион хоккеистов в подготовительный период добавлять кисломолочные продукты для активации процесса рециклизации лактата в цикле Кори. Этим приемом пользуются чабаны высокогорных пастбищ. За месяц до перегона скота они увеличивают употребление в пищу кисломолочных продуктов для повышения их работоспособности за счет адаптации к ацидозу [30]. Такие тренировки метаболических путей по быстрой утилизации лактата вызывают предотвращение накопления молочной кислоты с сохранением физической работоспособности спортсмена.

Пользоваться бикарбонатными системами (*Лактат Пуффер*) допустимо в условиях соревнований для преодоления максимальных анаэробных и интервальных нагрузок. Начинать прием *Лактат Пуффера* следует за 90 минут до матча.

Снижению лактоацидоза может способствовать также прием таких БАД, как *бета-аланин* (1,6–3,2 г) и *карнозин* (бета-аланин-L-гистидин) – 4–6,5 г. Потенциальная физиологическая роль этих веществ не ограничивается функцией протонного буфера. Они не только снижают уровень ацидоза, но и улучшают сократимость и эластичность мышечных волокон за счет стимуляции образования в них коллагена, а также отодвигают момент наступления мышечного утомления. Описан так называемый феномен Северина. Добавление карнозина в среду, куда помещен препарат утомленной мышцы лягушки быстро и эффективно увеличивало силу сокращений данной мышцы [34]. В процессе повышенных физических нагрузок образуется большое количество реактивных кислородных радикалов, которые вносят существенный вклад в развитие

утомляемости и мышечных повреждений. Карнозин препятствует действию этих субстанций [15]. Аланин и карнозин в наибольших количествах содержатся в мясе.

Аспарагиновая аминокислота (аспартат) не только снижает уровень ацидоза, но и способствует синтезу АТФ, тестостерона, соматотропина, инсулиноподобного фактора роста. Этот БАД можно начинать принимать уже в предсоревновательном периоде, поскольку он повышает анаболический потенциал организма хоккеиста, тем самым способствуя синтезу АТФ. С анаболической целью аспартат следует принимать 2–3 недели в суточной дозе 3 г, разделив на три равных части: сразу после пробуждения, перед обедом и ужином). Для снижения лактата рекомендована доза аспартата 3 г за 30–60 минут до соревнований. Аспартат содержится в цитрусовых, орехах, спарже.

Работа хоккеиста обеспечивается не только анаэробным, но и аэробным гликолизом с использованием в качестве катализатора кислорода. Аэробные способности – это общая выносливость игрока. Аэробные возможности организма особенно важны на ранних этапах спортивной подготовки, а также после болезни или травмы спортсмена. Меньше эти способности используются в соревновательном периоде и на переходном этапе. Для тренировки аэробного пути образования энергии в хоккее используются сухие тренировки – бег на стадионе или в парке, езда на велосипеде, плавание, зимой – бег на лыжах и коньках. Включение в тренировочный процесс хоккеистов тренировок на выносливость активизирует цикл Кребса за счет возрастания количества митохондрий в мышечных волокнах, в которых протекает данный биохимический процесс.

Аэробный гликолиз начинает включаться только после 30-й секунды, а превалирует только после 50-й секунды. В этот период пируват превращается в Ацетил-КоА, который в результате серии реакций в цикле Кребса дает 38 молекул АТФ.

При приеме спортсменом *янтарной кислоты (сукцината)* в виде БАД в дозе 0,03 грамма на килограмм веса тела происходит усиление клеточного дыхания и стимуляция аэробного гликолиза. Янтарную кислоту принимают единожды в день сразу после завтрака. Профилактически можно принимать 1–2 месяца до 300 мг в сутки. Янтарную кислоту содержат крыжовник, виноград, свекла, молочнокислые продукты.

Подобным действием на аэробный гликолиз обладает также *коэнзим Q10 (60–100 мг)*. Он необходим для эффективного синтеза АТФ. 95% всей клеточной энергии вырабатывается с участием коэнзима Q10.

Что касается **липидов как источника энергии**, то с учетом энергообеспечения этого вида спорта в большей степени спортсмены нуждаются в ненасыщенных жирах, играющих структурную роль для построения клеточных мембран. От жирнокислотного состава билипидного слоя мембран клеток зависит их микровязкость, подвижность и проницаемость для гормонов, ферментов и других метаболитов. Жирнокислотный состав клеточных мембран организма – одна из самых важных характеристик адаптивных возможностей организма, в том числе, к условиям спортивной деятельности. Оптимальная пропорция омега-3 и омега-6 жирных кислот клеточных мембран способствует также блокированию входа в цитозоль кальция и, тем самым, предупреждает разрушение клеточных структур, прежде всего митохондрий.

Включение омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в виде БАД в программы спортивной подготовки профессиональных спортсменов носит

направленный научно обоснованный характер и преследует цель снизить соотношение омега-6:омега-3 жирных кислот до величин 3,5–4:1 [33]. Нарушение этого соотношения – распространенное явление в жизни и спорте, которое способствует усилению хронических воспалительных процессов, снижению физической готовности и спортивных результатов атлетов. P.R. Clayton с соавт. [33] установили, что при снижении значения омега-6:омега-3 кислот с 12,5:1 до 3,5:1 процент пропуска тренировок и выступлений у спортсменов из-за инфекций и травм снизился с 85% до 57%, повысились показатели физической готовности, улучшились самочувствие и место, занимаемое командой в турнирной таблице.

Сегодня прием омега-3 полиненасыщенных жирных кислот входит в обязательную программу научно-методической подготовки ведущих сборных команд мира, а также университетского спорта.

В то же время пропорция омега-3 и омега-6 полиненасыщенных жирных кислот в пищевом рационе россиян приближается к 1:20. И хоккеисты не являются исключением по своим пищевым пристрастиям. В этих условиях особого внимания заслуживает дополнительное потребление спортсменами рыбы, льняного масла, содержащего в своем составе много омега-3 жирных кислот, а также прием спортсменами БАД на их основе.

Поскольку ненасыщенные жирные кислоты являются субстратом для перекисного окисления, то при их потреблении необходимо одновременно назначать витамин Е как антиоксидант, который предохраняет ненасыщенные липиды плазматической мембраны от разрушения радикалами кислорода. По этой же причине в соревновательный период дополнительное поступление омега-3 следует отменять.

В свете темы энергообеспечения в хоккее следует упомянуть благотворное влияние на спортивные достижения приема витамина Д₃ [35,36]. В последние годы исследования подтвердили, что дополнительный прием витамина Д₃ способствует увеличению максимального потребления кислорода, повышению силы мышц, уменьшению мышечного воспаления и стимуляции производства тестостерона, что усиливает энергообеспечение хоккеистов. При этом 23 исследования с участием 2313 спортсменов показали, что 56% (от 44 до 67%) имели недостаток витамина Д₃. У хоккеистов недостаточность витамина Д₃ была отмечена в 40% случаев [36].

Отмечено, что в 2007 году профессиональный американский хоккейный клуб Чикаго **Blackhawks** начал давать всем своим игрокам 5000 МЕ в день витамина Д₃ [37]. За два года клуб с последнего места поднялся до победы в Кубке Стэнли. Ни одна другая хоккейная команда в это время не принимала витамина Д₃ вплоть до 2008 года. Сегодня оптимальный ежедневный режим приема витамина Д₃ спортсменами составляет 1000 МЕ [35,36].

При подборе режима питания для хоккеистов нельзя забывать о **питьевом режиме**, нарушение которого может также негативно сказаться на энергообеспечении. Следует начинать принимать жидкость за 30 минут до тренировки и выпивать 1–3 стакана, вплоть до разминки. Во время тренировки принимать 200–250 мл жидкости каждые 15–20 минут интенсивных занятий. Наилучший выбор для возмещения жидкости – это спортивные напитки (*изотоники*) с низким содержанием сахара (6–8% раствор) и натрия, что способствует ускоренному поглощению глюкозы, витаминов и минералов [3, 38, 39].

В исследовании Logan-Sprenger 2011 изучалось состояние водно-солевого баланса у 24 элитных хоккеистов-юниоров [23]. Предметом изучения

явились: потребление жидкости, снижение массы тела за счет пота, уровень натрия в крови. Углеводно-минеральные напитки игроки пили перед игрой и во время перерывов, в то время как во время игры хоккеистами употреблялась только вода. Исследование показало, что к концу игры такой способ гидратации привел к значительному дефициту натрия у игроков. Это исследование также показало, что, несмотря на неограниченные возможности приема жидкости у игроков во время хоккейной игры, треть игроков, участвующих в эксперименте, не потребляли достаточно жидкости, чтобы предотвратить потери массы тела, составившие у них 2% и более.

В то же время показано, что потеря 2% массы тела за счет воды влечет за собой не только обезвоживание организма игрока, но и снижение его спортивных результатов. В противоположность этому употребление углеводно-электролитных напитков существенно влияет на мобилизацию гликогена скелетных мышц и производительность у хоккеистов [39].

Для контроля за восполнением жидкости во время тренировок D.M. Emerson [40] рекомендует использовать такой лабораторный показатель, как удельный вес мочи.

Заключение

Энергообеспечение и работоспособность спортсменов в хоккее с шайбой во многом зависит от питания, приема специализированных продуктов, стимуляции биохимических реакций с помощью БАД, рационального питьевого режима.

Особенностью игры в хоккей с шайбой является изменяющийся характер энергообеспечения работы – от креатинфосфатного до гликолитического с определенной долей аэробного процесса. Источниками энергии для хоккеиста являются, прежде всего, АТФ и креатинфосфат мышц, глюкоза крови, гликоген печени и мышц. Успешность отдельного игрока и команды в целом зависит от своевременного поступления и синтеза организмом этих веществ, а также нейтрализации ряда лимитирующих энергообеспечение реакций, в первую очередь, лактоацидоза. Около 70% получаемых хоккеистами калорий должны быть компенсированы углеводами – до 8–13 г/кг массы тела с соотношением белков, жиров и углеводов – 1:0,9:5. Углеводы в основном должны быть сложными.

В таблице 1 сведены все вышеописанные продукты и БАД для повышения энергообеспечения хоккеистов по периодам тренировочного цикла.

Таблица 1 – Выбор БАД для повышения энергообеспечения хоккеистов по периодам тренировочного цикла

Подготовительный период	Предсоревновательный период	Соревновательный период
ВСАА	Peak АТР (АТФ-лонг)	бета-аланин
магний	Peak АТР (АТФ-лонг) в комбинации с гидроксиметилбутиратом (НМВ)	карнозин
тиамин, биотин	ВСАА	аспарагиновая аминокислота (аспартат)
липоевая кислота	янтарная кислота (сукцинат)	лактат Пуффер
омега-3	коэнзим Q10	креатин

Использование данных БАД, а также рациональный питьевой режим будут способствовать повышению конкурентноспособности хоккеистов, что доказано многими экспериментальными исследованиями и практикой их

применения в хоккее с шайбой, приведенными в данной статье. В то же время даже хорошо спланированный тренировочный процесс в хоккее может стать неэффективным при отсутствии должного медико-биологического обеспечения в части применения БАД, что регламентировано приказом Министерства здравоохранения РФ от 30 мая 2018 г. N 288н "Об утверждении Порядка организации медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации".

Список литературных источников

1. Green H.J., Batada A., Cole B. Muscle cellular properties in the ice hockey player: a model for investigating overtraining? // Can J PhysiolPharmacol. 2012. V.90. №5. P. 567-578.
2. Venter R.E. Perceptions of team athletes on the importance of recovery modalities // Eur J Sport Sci. 2014. V.14. P.169-176.
3. Linseman M.E., Palmer M.S., Sprenger H.M., Spriet L.L. Maintaining hydration with a carbohydrate-electrolyte solution improves performance, thermoregulation, and fatigue during an ice hockey scrimmage // ApplPhysiolNutrMetab . 2014. V. 11. №39. P. 1214-1221.
4. Гаврилова Е.А. Биологические активные добавки в системе подготовки сборных команд в хоккее с шайбой // Спортивная медицина: наука и практика. 2015. №1. С.52-60.
5. Rosa-Lima F.L., L. Lannes, D. Viana-Gomes. Protein carbonyl levels correlate with performance in elite field hockey players // ApplPhysiolNutrMetab. 2015. V.7. №40. P. 683-688.
6. Волков Н.И., Олейников В.И. Эргогенные эффекты спортивного питания. М.: Спорт, 2016. 100с.
7. Методические рекомендации по комплексной методике отбора спортсменов в сборную команду города Москвы по хоккею на основе использования физиологических и биохимических показателей работоспособности, а также результатов специализированных ледовых тестов.- Москва., 2012. 38 с.
8. Jager R., Roberts M.D., Lowery R.P. Oral adenosine-50-triphosphate (ATP) administration improves blood flow following exercise in animals and humans // J.Int.Soc.SportsNutr. 2014. P.11-28.
9. Arts I.C., Coolen J.C., Bours M.J. Adenosine 5'-triphosphate (ATP) supplements are not orally bioavailable: a randomized, placebo-controlled cross-over trial in healthy humans // J.Intern.Soc.SportsNutr. 2012. №9. P.16-25.
10. Albert F.J., Morente-Sánchez J., Ortega F.B. et al. Usefulness of β -hydroxy- β -methylbutyrate (hmb) supplementation in different sports: an update and practical implications // Nutr Hosp. 2015. V.32. №1. P.20-33.
11. Михайлов С.С. Спортивная биохимия. М.:Советский спорт. 2010. 348с.
12. Jones A.M., Atter T., Georg K.P. Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice-hockey players // J. Sports Med Phys Fitness. V.3. №39. P.189-196.
13. Metzl J.D., Small E., Lenive S.R. Creatine use among young athletes // Pediatrics.2001. V.2. №108. P.421-425.
14. Bazzucchi I., Felici F., Sacchetti M. Effect of short - term creatine supplementation on neuromuscular function // Med Sci Sports Exerc. 2009. V.41. №10. P.1934-1941.

- 15.Дмитриев А.В., А.А. Калинин. Фармаконутриенты в спортивной медицине. М.: Изд. дом БИНОМ. 2017. 280с.
- 16.Kim, C.H. Role of creatine supplementation in exercise-induced muscle damage: A mini review /C.H. Kim, J. Lee, S.Kim et al. // J. Exerc. Rehabil. – 2015. – V.5. – №11. -P.244-255.
- 17.Rawson, E.S. Dietary Supplements for Health, Adaptation, and Recovery in Athletes/ E.S. Rawson, M.P. Miles, D.E. Larson-Meyer //J. Sport Nutr. Exerc. Metb. – 2018.- V.2.-№28. – P. 188-199.
- 18.Колеман Э. «Питание для выносливости» Мурманск. Издательство «Туллома». 2005. 192 с.
- 19.Рылова Н.В., Самойлов А.С. Современные тенденции в организации питания спортсменов // Лечение и профилактика. 2013. Т.7. №3. С. 85-92.
- 20.Гаврилова Е.А., Загородный Г.М. Медикаментозная коррекция и профилактика иммунодефицитов у спортсменов. Рецепт. 2011. № 4 (78). С. 107-131.
- 21.Токаев Э.С., Мироедов Р.Ю., Некрасов Е.А. и др. Технология продуктов спортивного питанияю. -М.: МГУПБ, 2010. 108 с.
- 22.Kreider R.B., Wilborn C.D., Taylor L. ISSN exercise & sport nutrition review: research and recommendations // J. Intern. Soc. Sports Nutr. 2010. №7. P. 7-50.
- 23.Logan-Sprenger H.M., Palmer M.S. Estimated fluid and sodium balance and drink preferences in elite male junior players during an ice hockey game // Spriet Appl Physiol Nutr Metab. 2011. V.36. №1. P.145-152.
- 24.Palmer M.S., Logan H.M., Spriet L.L. et al. On-ice sweat rate, voluntary fluid intake, and sodium balance during practice in male junior ice hockey players drinking water or a carbohydrate-electrolyte solution // Appl Physiol Nutr Metab. 2010. V.35. №3. P. 328-335.
- 25.Пшендин А.И. Рациональное питание спортсменов. Для любителей и профессионалов // Олимп. СПб. 2003. 158 с.
- 26.Гольберг Н.Д., Дондуковская Р.Р. Питание юных спортсменов. – М.: Советский спорт, 2009. 240с.
- 27.Bents R.T. , Powell E.T., Tokish J.M. Ephedrine and pseudoephedrine use in college hockey players // Sports Med Rep.2004.V.35. №3. P.243-245.
- 28.Bents R.T., Marsh E. Patterns of ephedra and other stimulant use in collegiate hockey athletes // Int J. Sport Nutr Exerc Metab. 2006. V.6. №16. P. 636-643.
- 29.Del Coso J., Portillo J., Lara B. Caffeinated Energy Drinks Improve High-Speed Running in Elite Field Hockey Players // Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2016. V.1. №26. P. 26-32.
- 30.Мухамеджанов Э.К., Есырев О.В., Кульназаров А.К. Питание спортсменов в тренировочный и соревновательный периоды // Безопасный спорт: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: Изд-во СЗГМУ И. И. Мечникова. 2014. С.76-78.
- 31.Matsumoto K. , Koba T., Hamada K. Branched-chain amino acid supplementation attenuates muscle soreness, muscle damage and infammation during an intensive training program // j. Sports Med. Phys. Fitness. 2009. №49. P.424-431.
- 32.Kreider R.B., Wilborn C.D., Taylor L. ISSN exercise & sport nutrition review: research and recommendations // J. Intern. Soc. Sports Nutr. 2010. №7. P. 7-50.

33. Clayton P.R., Saga L., Eide O. Fish oil, polyphenols, and physical performance. *Sporto mokslas // Sport science*. 2015. V.82. №4. P.2-7.
34. Stout J.R., Cramer J.T., Zoeller R.F. Effects of Beta-alanine Supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilator threshold in woman // *AminoAcids*. 2007. V.3. №32. P.381-386.
35. Farrokhyar F., Tabasinejad R., Dao D. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis // *Sports Medicine*. 2015. V.3. №45. P. 365-378.
36. Orysiak J., Mazur-Rozycka J., Fitzgerald J. Vitamin D status and its relation to exercise performance and iron status in young ice hockey players // *PLoS One*. 2018. V.4. – №13.
37. <https://www.vitamindcouncil>
38. <http://www.sportpitguru>.
39. Palmer M.S., Heigenhauser G., Duong Ingesting M. A Sports Drink Enhances Simulated Ice Hockey Performance While Reducing Perceived Effort // *Int J Sports Med*. 2017. V.14. №38. P. 1061-1069.
40. Emerson D.M., Torres-McGehee T.M., Emerson C.C. Individual fluid plans versus ad libitum on hydration status in minor professional ice hockey players // *J Int Soc Sports Nutr*. – 2017. – P. 14-25.

25.05.2020

УДК 615.8:616.718.49-001-089.8

НОВЫЕ МЕТОДЫ В РЕАБИЛИТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕНИСКОВ

М. В. Шпехт,

ГУ «Областной диспансер спортивной медицины»;

Л. А. Пирогова, д-р мед. наук, профессор,

УО «Гродненский государственный медицинский университет»

Аннотация

В статье предложено использование нового подхода с применением кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии в комплексе мероприятий по реабилитации спортсменов после оперативного лечения повреждений менисков коленного сустава. Для оценки влияния нового метода были взяты две группы спортсменов: контрольная и экспериментальная. В качестве исследуемых параметров выделены следующие: угол сгибания, окружность бедра, болевой синдром, отёк, силовой тест. Оценка осуществлялась на основании применения статистических критериев: Вилкоксона-Манна-Уитни, Фишера, описательной статистики, критерия Бошлу и поправки Бонферрони – Холма.

NEW METHODS IN THE REHABILITATION OF ATHLETES AFTER SURGICAL TREATMENT OF MENISCUS INJURIES

Abstract

The article proposes the new approach application with the use of kinesio taping and interval vacuum therapy for the complex measures or athletes' rehabilitation after surgical treatment of knee meniscus injuries. The control and experimental groups were taken to assess the impact of the new method. The following parameters were selected as the studied parameters: flexion angle, hip circumference, pain syndrome, edema, strength test. The evaluation was based on the application of statistical criteria: Wilcoxon-Mann-Whitney, Fisher, descriptive statistics, the Boschlu criterion, and the Bonferroni-Holm amendment.

Введение

Одной из основных проблем, с которой сталкиваются спортсмены, являются травмы коленных суставов. При резких движениях, сгибаниях и разгибаниях коленный сустав постоянно испытывает колоссальную нагрузку. Мениски, которые расположены между суставными поверхностями большеберцовой и бедренной кости, равномерно распределяют данную нагрузку, являясь своего рода амортизаторами коленного сустава. Повреждаются мениски чаще всего при резком некоординированном сгибании или разгибании ноги в коленном суставе с одновременной ротацией ее кнутри и кнаружи. Мениск оказывается раздавленным суставными поверхностями или, при резком перемещении суставных поверхностей, отрывается от капсулы сустава, иногда смещаясь в межмышечковое пространство. Возникает резкая боль в коленном суставе, ограничение движений в нем, вплоть до заклинивания сустава. Спортсмен не способен разогнуть ногу, голень фиксирована в положении сгибания. В связи со снижением нагрузки на больную ногу возникает атрофия мышц бедра, что вызывает неустойчивость в колене. Блокада колена является абсолютным показанием для хирургического вмешательства [1]. Если не прооперировать поврежденный мениск, то прежний уровень физических нагрузок для спортсмена будет невозможен.

Реабилитация спортсменов после оперативного лечения поврежденных менисков – важная составляющая скорейшего выздоровления и приобретения хорошей спортивной формы. В последнее десятилетие активно используются новые методики в реабилитации, которые описаны, например [2-5]. Так, применение кинезиотейпирования показано в работе [6]. В ряде работ, например [7, 8], структурированы этапы физической реабилитации и описаны методы профилактики контрактуры оперированного сустава.

Сегодня современная система реабилитационных мероприятий для спортсменов после оперативного лечения должна обеспечивать сокращение сроков восстановления благодаря применению новых современных установок, разработанных на основе инновационных технологий в сочетании с нетрадиционными методиками воздействия на саногенетические процессы. На наш взгляд, к таким установкам можно отнести установку вакуумной интервальной терапии – в нашем случае VACUSPORT, а в качестве нетрадиционных методик воздействия – методику кинезиотейпирования, которые должны применяться комплексно.

Цель исследования – экспериментальное обоснование эффективности комплексного применения интервальной вакуумной терапии и кинезиотейпирования для сокращения сроков реабилитации спортсменов после оперативного лечения поврежденных менисков.

Методы и организация исследования

Исследование организовано на базе ГУ «Областной диспансер спортивной медицины» г.Гродно. Для статистической оценки влияния методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии на процесс реабилитации послеоперационных менисков коленных суставов были выделены две группы: экспериментальная и контрольная. Объемы выборок одинаковы и составили по 21 человеку. В качестве временного параметра был выбран ранний щадящий период реабилитации – первые 6 недель. В процессе исследования нами были использованы следующие методы: гониометрия, динамометрия, линейные измерения. В качестве показателей были выбраны следующие параметры: угол сгибания коленного сустава, окружность бедра, силовой тест, болевой синдром, отёк. Все параметры фиксировались на разных временных отрезках. В экспериментальной группе комплексно осуществлялась терапия на вакуумной установке VACUSPORT и метод кинезиотейпирования. Спортсменам экспериментальной группы было предложено пройти 10 процедур по 30 минут с отрицательным давлением от 40-50 мм ртутного столба ежедневно. Далее использовали методику кинезиотейпирования. Кинезиотейпы – эластичные ленты, изготовленные из высококачественного хлопка на акриловой основе, покрытые гипоаллергенным клеящим гелем, который активизируется при температуре тела, наклеивали на область коленного сустава сроком от 3 до 5 дней. Контрольная группа проходила реабилитацию по стандартной методике. Измерение исследуемых параметров осуществлялось еженедельно. Для статистической обработки результатов исследования применялись непараметрический критерий Вилкоксона-Манна-Уитни, описательные статистики, точный тест Фишера, критерий Бошлу и поправка Бонферрони-Холма.

Результаты исследования и их обсуждение

Для каждого временного отрезка приведены описательные статистики. Так как показатели «угол сгибания» и «окружность бедра» заданы в метрической шкале, и номинативный показатель «группа» имеет только 2 градации, то для выявления различий между группами 1 и 2 по уровням численных показателей использовался статистический непараметрический критерий Вилкоксона-Манна-Уитни [9]. Сравнение показателей производилось на каждом временном срезе. Также дополнительно для признака «угол сгибания» с помощью непараметрического критерия Вилкоксона на каждом временном срезе проверялись гипотезы об отличии уровня признака от нормы (за норму был принят угол 133°) с целью определения скорости восстановления показателя в каждой группе. В качестве примера приведем описательные статистики и результаты применения статистических критериев в таблице 1 по показателю «угол сгибания» на второй послеоперационной неделе.

Таблица 1 – Описательные статистики показателя «угол сгибания» на временном срезе «Неделя 2»

Группа	Объём	Min	Max	M±m	Дов. инт. для среднего	Дов. инт. для медианы	Me (Q1;Q3)	Отличие от нормы (133)	Тест Манна-Уитни
1	21	90	130	112,62±2,33	113±5	110±5	110 (110;120)	W=0 p=0,0001***	W=137, p=0,034*
2	21	70	135	118,1±2,81	118±6	120±4	120 (115;125)	W=1 p=0,0001***	

На второй неделе после применения методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии в экспериментальной группе между группами наблюдаются статистически значимые различия: $p=0,034$. Расчеты позволяют сделать вывод о том, что на начальных стадиях реабилитации (вторая послеоперационная неделя) применение методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии значительно ускоряет восстановление двигательных функций коленного сустава, а именно увеличивает его угол сгибания в более короткие сроки.

Для остальных временных промежутков были проведены аналогичные расчеты.

Приведём для наглядности коробковые диаграммы показателя «угол сгибания» (рисунок 1) на различных временных срезах от 1 до 6 недель.

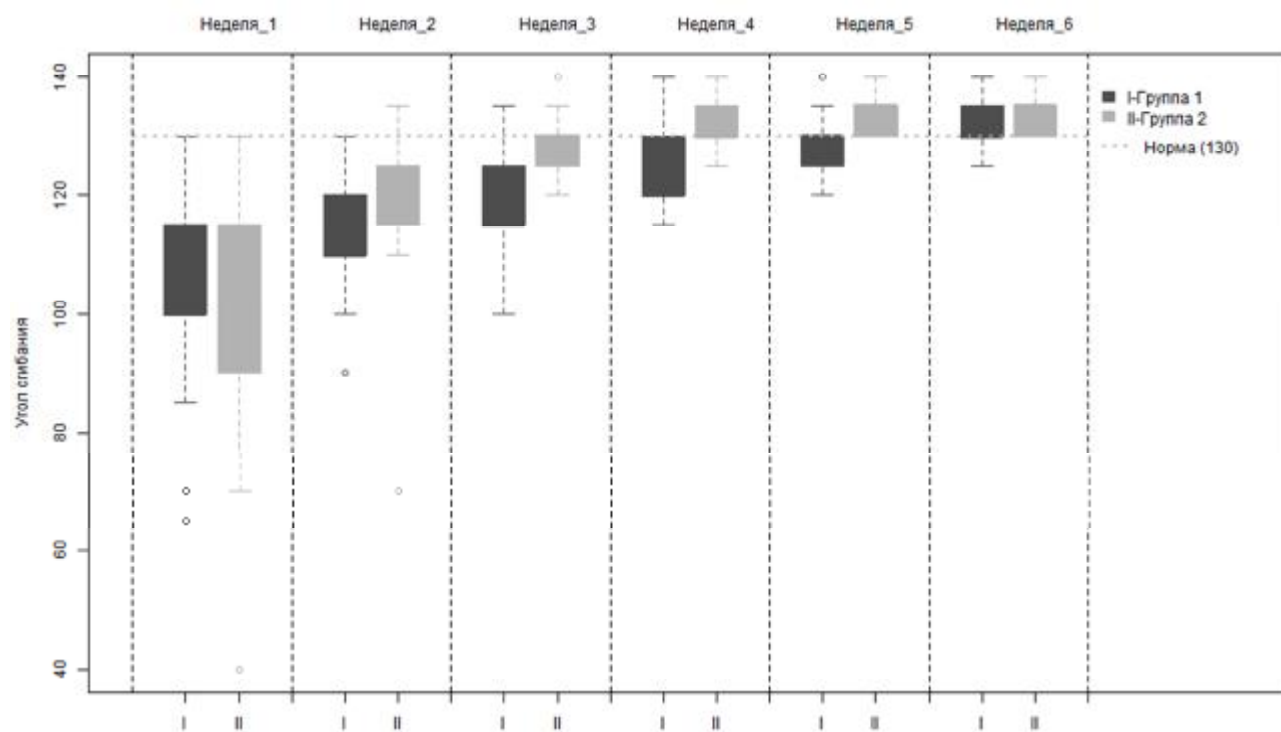


Рисунок 1 – Коробковые диаграммы показателя «угол сгибания» на разных временных срезах

Из коробковых диаграмм видно, что в группе 2 (экспериментальной) с применением методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии угол сгибания увеличивается и достигает нормы (за норму принят средний угол сгибания 133°) к 5-й неделе. Тогда как в контрольной группе угол сгибания достигает нормы только к 6-й неделе.

Рассмотрим поведение показателя «окружность бедра» на различных временных срезах. Тесты Вилкоксона-Манна-Уитни показывают, что на всех временных срезах экспериментальная и контрольная группы не имеют статистически значимых различий по параметру «окружность бедра»: соответственно, $p=0,3765$ на 1-й неделе, $p=0,3128$ на 4-й неделе и $p=0,3707$ на 6-й неделе. Это вполне логично, так как окружность бедра показатель исключительно зависящий только от физических особенностей пациентов.

Показатели «силовой тест», «боль», «отёк» заданы в ранговых (балльных шкалах), и их анализ отличался от анализа метрических переменных. Для сравнения распределений баллов каждого показателя в группах 1 и 2 строились таблицы сопряжённости этих показателей и признака «группа»; сравнение распределений в силу малости объёмов выборок производилось с помощью точного теста Фишера (далее «ТТФ»), адаптированного для таблиц произвольной размерности. Если принималась гипотеза о значимых различиях между распределениями показателя в группах 1 и 2, то проводились попарные сравнения долей встречаемости всех категорий показателя с помощью критерия Бошлу, для решения проблемы попарных сравнений использовалась поправка Холма-Бонферрони [10]. Для примера приведем таблицу сопряжённости признака «группа» и показателя «силовой тест».

Таблица 2 – Таблица сопряжённости группы и показателя «силовой тест» на временном срезе «Неделя 1»

Группа / Баллы	0	1	Всего/ ТТФ
Группа 1	10 (47,62%)	11 (52,38%)	21 (100%)
Группа 2	14 (66,67%)	7 (33,33%)	21 (100%)
Всего	24	18	$p=0,3499$

Таблица 2 показывает, что на временном интервале первой недели послеоперационного периода 10 человек (47,62%) в контрольной группе 1 и 14 человек (66,67%) в экспериментальной группе 2 не могут выполнить силовой тест (0 баллов); 11 человек (52,38) в контрольной группе и 7 человек (33,33%) – в экспериментальной выполняли 1-й уровень силовой нагрузки (1 балл). Статистически значимые различия в распределениях баллов в группах на первой неделе не выявлены: $p=0,3499$. Аналогичные таблицы построены для всех временных промежутков. На второй неделе послеоперационного периода при применении методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии в экспериментальной группе 2 отсутствуют люди, которые не могут выполнить силовой тест, а также растёт число человек, выполняющих 1-й и 2-й уровень силовых нагрузок (1 и 2 балла соответственно). ТТФ показывает наличие статистически значимых различий в балльных распределениях показателя в группах на второй неделе: $p=0,0307$. Дополнительные попарные сравнения долей встречаемости категорий показателя «силовой тест» показывают, что различия распределений обусловлены различными долями категории

«0 баллов» (28,57% в группе 1 против 0% в группе 2): $p=0,0311$. К четвертой неделе послеоперационного периода в экспериментальной группе 2 растет число человек, выполняющих 2-й и 3-й уровни силовых нагрузок (2 и 3 балла соответственно). Так на 2-й уровень силовых нагрузок приходится 57,14%, а на 3-й – 28,57% от общей численности группы. В контрольной группе только 9,52% человек способны выполнить силовой тест 3-го уровня. Большинство людей выполняют нагрузки 1-го и 2-го уровня. Различия в группах на четвертой неделе статистически значимы на уровне значимости $p=0,05$. Парные сравнения долей встречаемости каждой категории в группах 1 и 2 не смогли выявить, для каких баллов есть значимые различия. На шестой неделе все люди экспериментальной группы 2 выполняют 2 и 3 уровни силовых нагрузок. В контрольной группе остаются люди, которые выполняют только 1-й уровень силовых нагрузок (1 балл), что составляет 19,05% от общей численности группы, и 1 человек, способный выполнить 4-й уровень (4 балла), что составляет 4,76% от общей численности группы. На шестой неделе в контрольной группе 1 большинство человек могут выполнять силовой тест 2-го (28,57%) и 3-го (47,62%) уровня, тогда как в экспериментальной группе 2 более 60% человек уже способны выполнить 4-й уровень силовых нагрузок (4 балла). ТТФ показывает наличие статистически значимых различий между распределениями баллов в контрольной и экспериментальной группах: $p=0,0075$. Парные сравнения указывают, что эти различия обусловлены тем, что балл «1» встречается чаще ($p=0,0311$) в группе 1, чем в группе 2 (28,57% против 0%), и тем, что 4 балла встречаются в группе 2 чаще ($p=0,0311$), чем в группе 1 (61,9% против 23,81%).

Аналогичным образом строились таблицы сопряженности и проводился количественный анализ для показателей «боль» и «отёк». Приведем пример одной из таблиц сопряженности по показателю «боль».

Таблица 3 – Таблица сопряженности группы и показателя «боль» на временном срезе «Неделя 2»

Группа / Баллы	0	1	2	3	Всего/ ТТФ
Группа 1	0 (0%)	6 (28,57%)	9 (42,86%)	6 (28,57%)	21 (100%)
Группа 2	3 (14,29%)	7 (33,33%)	11 (52,38%)	0 (0%)	21 (100%)
Всего	3	13	20	6	$p=0,019^*$
Попарные сравнения	0,4924	1	1	0,0415*	

На второй послеоперационной неделе после применения методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии в экспериментальной группе 2 нет людей с болевым синдромом 3-го уровня и 3 человека (14,29 %) не испытывают боль. В контрольной группе 1 нет людей без болевого синдрома, а болевой синдром 1-го (1 балл) и 3-го (3 балла) уровня испытывают по 6 человек (28,57%). Больше всего человек подвержены боли 2-го уровня в обеих группах: в группе 1 контрольной – 9 человек (42,86%), в группе 2 экспериментальной – 11 человек (52,38%). На данном временном срезе различия между группами по показателю становятся статистически значимыми: $p=0,019$. Парные сравнения указывают на то, что категория «3 балла» встречается чаще в группе 1, чем в группе 2 (28,57% против 0%), для других категорий значимые различия не обнаружены.

На диаграммах (рисунок 2) с помощью цвета и процентного соотношения показано, как меняется ощущение боли у людей в группах в зависимости от послеоперационного периода и применения методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии. И если в экспериментальной группе уже на второй неделе появляются люди, у которых пропадают болевые ощущения после применения методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии, а на пятой неделе только у одного человека есть боль, то в контрольной группе болевые ощущения сохранились до пятой послеоперационной недели. Таким образом, рисунок 2 наглядно показывает, что реабилитационный период в экспериментальной группе, где применялись вышеперечисленные методики, короче, чем в контрольной.

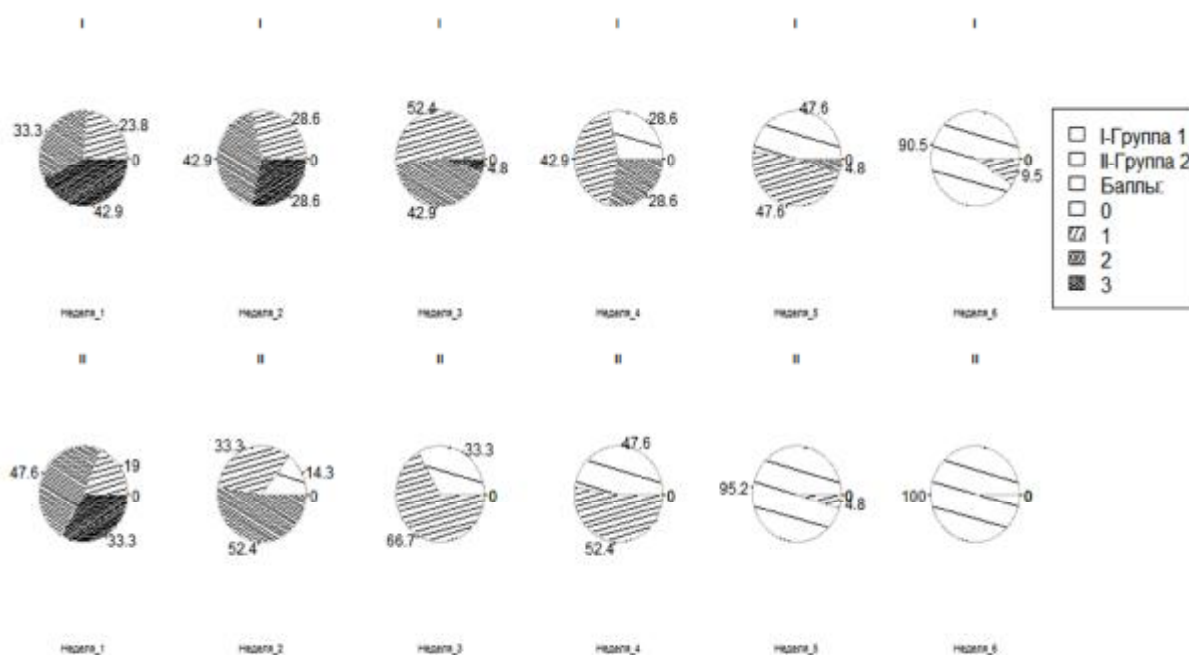


Рисунок 2 – Диаграммы показателя «боль» на различных временных срезах

Аналогичным образом были проанализированы полученные таблицы сопряжённости группы и показателя «отёк». Для примера приведем подобную таблицу на второй послеоперационной неделе (таблица 4).

Таблица 4 - Таблица сопряжённости группы и показателя «отёк» на временном срезе «Неделя 2»

Группа / Баллы	0	1	2	3	Всего/ ТТФ
Группа 1	0 (0%)	6 (28,57%)	9 (42,86%)	6 (28,57%)	21 (100%)
Группа 2	3 (14,29%)	11 (52,38%)	7 (33,33%)	0 (0%)	21 (100%)
Всего	3	17	16	6	p=0,0084**
Попарные сравнения	0,402	0,402	0,5991	0,0415*	

На второй неделе в экспериментальной группе 2 у 3 человек (14,29%) отёк пропадает после применения методики кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии, а отёка 3-го уровня не наблюдается (таблица 4). В контрольной же группе 1 нет людей без отёка и 6 человек

(28,57 %) с отеком 3-го уровня (3 балла). Группы имеют статистически значимые различия по показателю: $p=0,0084$. Согласно попарным сравнениям эти различия обусловлены различной ($p=0,0415$) встречаемостью категории «3 балла»: в группе 1 – 28,57%, в то время как в группе 2 – 0%. На шестой неделе послеоперационного периода в экспериментальной группе 2 все пациенты после применения вышеперечисленных методик избавились от отека, а в контрольной группе 1 отек 1-го уровня сохранился у 5 человек (23,81%). Различия в группах статистически значимы на уровне значимости $p=0,0478$, что подтверждается попарными сравнениями частот встречаемости баллов в каждой группе. Для наглядности приведем диаграммы показателя «отёк» на различных временных срезах в группах (рисунок 3).

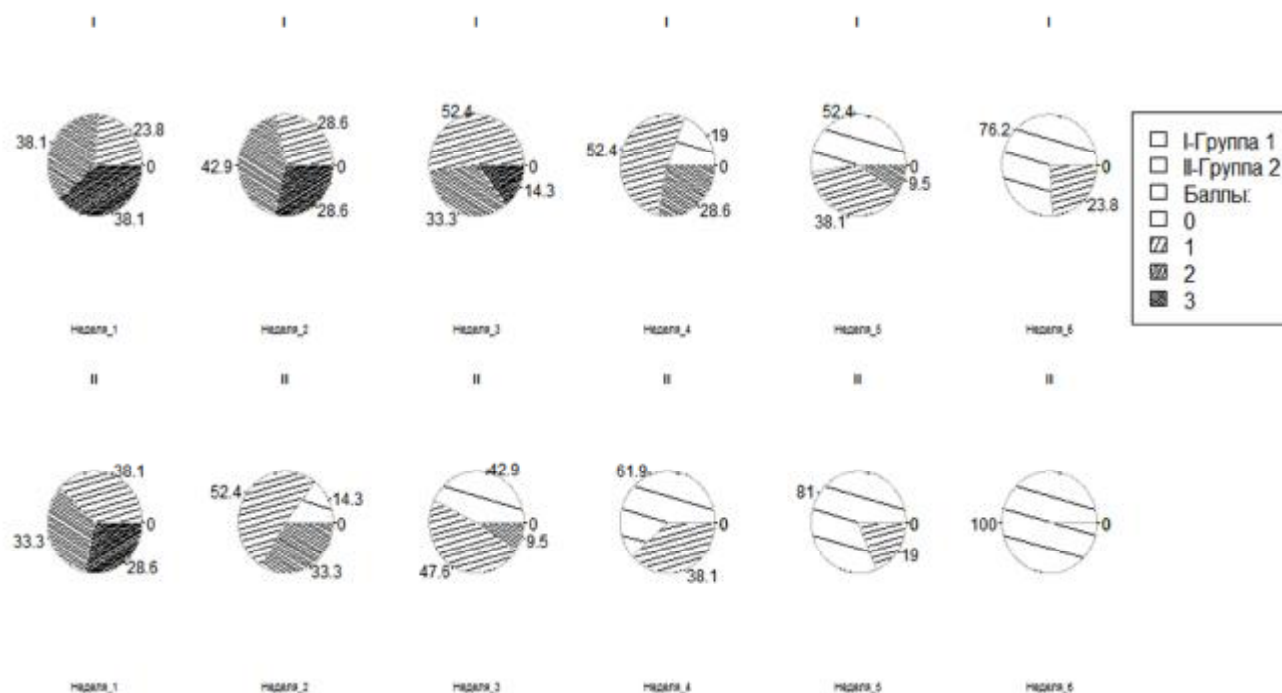


Рисунок 3 - Диаграммы показателя «отёк» на различных временных срезах

На диаграммах видно, что в экспериментальной группе, где применялась методика кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии отёк проходит быстрее. Уже на второй послеоперационной неделе в группе есть пациенты, у которых отек не наблюдается. К шестой неделе все пациенты этой группы избавились от отека. В контрольной группе процесс реабилитации происходит медленнее.

Заключение

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что комплексное применение интервальной вакуумной терапии и кинезиотейпирования в реабилитации спортсменов после оперативного лечения позволяет уменьшить сроки восстановления на начальном (щадящем) этапе. Применение статистических критериев подтверждает достоверность полученных выводов по всем исследуемым параметрам на выделенном временном промежутке.

Список использованных источников

- 1 Ренстрём, П.А.Ф.Х. Спортивные травмы. Клиническая практика предупреждения и лечения. – Киев: Олимпийская литература, 2003. – 431 с.
- 2 Фізична реабілітація при паталогії опорно-рухового апарату: монографія / В.А. Левченко, І.П. Вакалюк, Д.В. Сарабай, В.М. Бондаренко, Д.А. Досин // Прикапат. нац. ун-т ім. В. Стефаника, Плай. – 2008. – 412 с.
- 3 Захарова, Л.С. Физическая реабилитация спортсменов после удаления мениска (менискэктомии) / Л.С. Захарова, С.Н. Попов // Юбилейн. сб. тр. учен. РГАФК, посвящ. 80-летию акад. – М., 1998. – Т. 3. – С. 188–191.
- 4 Hootman, J.M. Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports: Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives / J.M. Hootman, R. Dick, J. Agel // Journal of Athletic Training. – 2007. – Vol. 42(2). – P. 311–319.
- 5 Кочергин, В.В. Особенности реабилитации при травмах коленного сустава у спортсменов / В.В. Кочергин // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2015. – №10. – С. 125–126.
- 6 Применение оригинального кинезиотейпирования при травмах и заболеваниях / В.Г. Крючок [и др.]. – Минск, 2016. – 26 с.
- 7 Лоскутов, А.Е. Медицинская реабилитация больных после артроскопии коленного сустава / А.Е. Лоскутов, М.А. Головаха // Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2008. – №4. – С. 31–35.
- 8 Цыкунов, М.Б. Программа реабилитации при повреждениях хрящевых и капсульно-связочных структур коленного сустава: метод. рекомендации / М.Б. Цыркунов // Вестник восстановительной медицины. – 2014. – №3 – С. 3–7.
- 9 Hollander, M. Nonparametric statistical methods / M. Hollander, D.A. Wolfe. – New York: John Wiley & Sons, 1973. – 503 p.
- 10 Hommel, G. A stagewise rejective multiple test procedure based on a modified Bonferroni test / G. Hommel // Biometrika. – 1988. – Vol. 75. – P. 383–386.

30.01.2020

УДК [57.045:614.87]:7967012.68

ВЛИЯНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ОРГАНИЗМ СПОРТСМЕНА

М. Е. Агафонова, канд. биол. наук,

Белорусский государственный университет физической культуры

Аннотация

Рассмотрен ряд научных публикаций, посвященных изучению влияния геофизических факторов внешней среды (солнечная активность, геомагнитное поле) на организм человека. В статье представлены актуальность и теоретическое обоснование необходимости учета интенсивности геофизических факторов внешней среды при планировании процесса спортивной подготовки для сохранения здоровья и спортивного долголетия спортсменов. Предложены рекомендации, выполнение которых позволит снизить десинхронизирующее влияние геофизических факторов внешней среды на физическое состояние спортсменов.

ATHLETE'S BODY UNDER THE ENVIRONMENT GEOPHYSICAL IMPACT

Abstract

The series of scientific publications devoted to the influence on human body study of geophysical environmental factors (solar activity, geomagnetic field) are considered. The article presents the relevance and theoretical justification of the necessity to consider the intensity of geophysical environmental factors during planning the process of training to maintain athletes' health and longevity. There are recommendations for trainers and athletes which will be useful to minimize the negative impact of geomagnetic activity on the body condition.

Введение

Современный спорт характеризуется не только рекордными результатами и усилением конкуренции на международной арене, но и высокими показателями травматизма и увеличивающимся числом случаев возникновения острых патологических состояний у спортсменов при выполнении тренировочных и соревновательных нагрузок. Анализ научных данных показывает, что на результативность и безопасность профессиональной деятельности в современном спорте высших достижений влияет не только соблюдение обязательных мер профилактики травматизма, но и учет влияния факторов внешней среды, которые могут негативно влиять на работоспособность и здоровье атлетов [5, 6, 14, 19, 26].

В статье в качестве факторов внешней среды будут рассмотрены геомагнитное поле Земли и солнечная активность, которые являются биотропными, т.е. необходимыми для жизни человека. Достоверно известно, что естественный уровень геомагнитного поля и сезонной солнечной активности влияет на синхронизацию биологических процессов и физиологические функции организма человека. Однако при определенных

условиях (например, повышение уровня активности и/ или резкие колебания интенсивности) данные средовые явления трансформируются в десинхронизирующие факторы, которые при высоком уровне стрессовых нагрузок у спортсменов могут представлять потенциальную опасность для здоровья [24].

Согласно результатам исследований, посвященных изучению причин и факторов риска травматизма в спорте, установлена достоверная связь между высоким уровнем геомагнитной активности внешней среды и увеличением количества травм до 70 % от общего числа зарегистрированных случаев [6, 23]. Возмущенное повышенной солнечной активностью геомагнитное поле Земли действует на регуляторные системы организма на молекулярном, клеточном, межклеточном, тканевом, системном и организменном уровнях. Периодически возникающие колебания (флуктуации) геомагнитного поля Земли и параметров солнечной активности не только вызывают изменения функционального состояния организма у всех людей, но и могут приводить к обострению хронических и возникновению новых заболеваний у лиц со сниженным адаптационным потенциалом организма [8, 11, 16, 27]. В этой связи следует отметить, что практическое использование результатов научных исследований о воздействии геофизических факторов внешней среды на человека является чрезвычайно актуальным особенно в настоящее время, когда современные социально обусловленные десинхронизирующие факторы (депривация сна, световое, шумовое и электромагнитное загрязнение внешней среды) оказывают значительное негативное влияние на функциональное состояние организма.

Цель исследования – обосновать необходимость учета десинхронизирующего влияния геофизических факторов внешней среды на физическое состояние спортсменов при планировании тренировочной нагрузки, выборе места проведения учебно-тренировочных сборов и реализации программы предстартовой подготовки.

Основная часть

С позиции хронобиологии проблему резкого ухудшения работоспособности человека рассматривают с точки зрения нарушения физиологических процессов в организме, а здоровье человека определяется как оптимальное соотношение взаимосвязанных биологических ритмов физиологических функций организма и их соответствие ритмическим изменениям окружающей среды. Нарушение упорядоченности биологических ритмов (десинхроз) оказывает негативное влияние на организм человека. Состояние десинхроза характеризуется неустойчивостью настроения, значительным снижением работоспособности, временным повышением артериального давления и частоты пульса, появлением различных расстройств сна. Достоверно известно, что высокая интенсивность и колебания солнечной и геомагнитной активности оказывают значительное десинхронизирующее воздействие на организм человека. Высокий уровень геомагнитной активности (геомагнитная буря) – это сильные колебания магнитного поля Земли, которые возникают в периоды повышенной солнечной активности и продолжаются в течение некоторого времени (от нескольких часов до нескольких суток) [2, 5, 22, 23, 28].

По результатам многочисленных исследований достоверно установлено, что резкие колебания показателей геофизических факторов изменяют функциональное состояние центральной и вегетативной нервной системы, сердечно-сосудистой системы. У лиц, сильно подверженных влиянию геомагнитных возмущений, снижается концентрация внимания, увеличивается

время простой зрительной реакции, увеличивается время принятия решений, в целом снижается профессиональная надежность в ситуациях экстремального риска [2, 5, 8, 13, 16, 25, 27–29]. Углубленное изучение механизмов влияния геофизических факторов на жизнедеятельность человека обусловлено значительным негативным воздействием на здоровье и жизнь человека, нарушением работы технологических систем (связь, система навигации, электрические трансформаторы и трубопроводы) и повышением уровня профессионального риска в некоторых видах профессиональной деятельности: осуществление пассажирских и грузовых перевозок наземным, водным и воздушным транспортом; управление стратегически важными объектами; обеспечение национальной безопасности; спорт высших достижений [1, 4, 7, 9, 12, 23, 27, 30].

На основании результатов многолетних исследований определены механизмы влияния геофизических факторов на организм человека в периоды геомагнитных бурь. Установлено, что возмущенное геомагнитное поле Земли и высокая солнечная активность оказывают специфическое влияние на функциональные системы организма:

- состояние нервной системы. Оказывает угнетающее или возбуждающее (вплоть до эйфории) воздействие. Изменяется чувство восприятия времени, снижается скорость реакции на звуковой и световой сигналы в среднем в 3–4 раза, увеличивается количество ошибочных действий на 50 %, статистически значимо увеличивается количество техногенных аварий, дорожно-транспортных происшествий [6, 12, 13, 15, 23–25];

- биоэлектрическую активность головного мозга. Отмечается нарушение суточной ритмики сна и сокращение общей продолжительности сна [5, 15, 23, 25];

- работу сердечно-сосудистой системы. Бреус Т. К., Чибисов С. М., McCraty R., Alabdulgader A. et al. [3] определили, что в период геомагнитных бурь органом-мишенью становится сердце, которое наиболее часто подвержено влиянию резких колебаний геомагнитного поля. Установлено, что гелио- и геомагнитные возмущения оказывают значительное влияние на вариабельность сердечного ритма и частоту пульса. Резкая стабилизация частоты пульса и определенные изменения спектральных характеристик сердечного ритма могут приводить к серьезным функциональным расстройствам у здоровых людей при значительном увеличении объема и интенсивности физических и психоэмоциональных нагрузок [2, 27–29]. Имеются также результаты исследований Рагульской М. В. и др., направленных на изучение влияния повышенной солнечной активности и резких вариаций геомагнитного поля при одновременном действии дополнительных эндогенных и экзогенных стресс-факторов на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека. Исследователями установлены некоторые закономерности изменения параметров работы сердца здорового человека при высоких показателях геомагнитной активности внешней среды: регистрируется аритмия, 2–3 кратное возрастание коэффициента симметрии Т-зубца после проведения стресс-теста, увеличение времени восстановления после дозируемой физической нагрузки, при этом наиболее подверженными влиянию геомагнитных бурь оказываются мужчины [18];

- состояние системы крови. Повышается свертываемость крови, увеличивается скорость оседания эритроцитов, что вызывает временную гипоксию тканей мозга и миокарда и повышает риск возникновения функциональной недостаточности, развития аритмии, внезапных смертей от инфаркта миокарда, инсультов [2, 15, 17, 21]. Исследование, проведенное

в Научном центре неврологии Российской академии медицинских наук и Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук (Троицк, г. Москва), показало, что за 2 дня до и во время геомагнитной бури происходит статистически значимое увеличение концентрации катехоламинов (норадреналин и адреналин) и повышение агрегационных свойств эритроцитов крови не только у лиц с артериальной гипертензией и начальными признаками хронической цереброваскулярной патологии, но и у здоровых людей. Установлено, что явление обратимой агрегации эритроцитов, возникающее под воздействием возмущенного геомагнитного поля Земли, оказывает существенное влияние макро- и микроциркуляцию и тканевый обмен в головном мозге и миокарде. По мнению авторов, временные изменения реологических показателей крови могут быть как самостоятельным патогенетическим механизмом, так и одной из причин в комплексе механизмов развития функциональной недостаточности и острых патологических состояний сердечно-сосудистой системы (инсульт, инфаркт миокарда) [10]. Группой ученых кафедр нормальной физиологии, общей и клинической фармакологии Российского университета дружбы народов, Москва (Россия), Хронобиологического центра Халберга и Университета Миннесоты, Минеаполис (США) на основании анализа поставленных диагнозов врачами "Скорой помощи" г. Москвы (всего 6 304 032 случая, включая инфаркты миокарда, гипертонические кризы, внезапную смерть, аритмии, автомобильные аварии) была установлена достоверная связь между характеристиками геомагнитного поля и увеличением числа случаев инфаркта миокарда и инсульта. Результаты анализа свидетельствовали, что во время геомагнитных бурь количество случаев инфаркта миокарда возросло на 13%, инсульта – на 7% [5];

- эффективность адаптационных механизмов организма. Это проявляется в виде обострения течения хронических заболеваний [4, 10, 11, 14, 15]. В исследованиях Шапошниковой В. И., Высочина Ю. В. и др. статистически подтверждено увеличение частоты срывов на ответственных стартах у спортсменов, которые в прошлом имели черепно-мозговые травмы [6, 23];

- состояние нервно-мышечного аппарата. На основании результатов трехлетних исследований специалистами Института физики земли РАН достоверно установлено увеличение количества травм опорно-двигательного аппарата у спортсменов во время геомагнитной бури. Определено, что высокий уровень геомагнитной активности негативно влияет на состояние нервно-мышечного аппарата и координацию движений как юных, так и взрослых спортсменов. В дни геомагнитных бурь у взрослых спортсменов получено 70 % от общего числа зарегистрированных травм, у юных спортсменов – 50 %, что свидетельствует о значимом влиянии этого экстремального фактора среды на безопасность спортивной деятельности [6, 23].

Результаты многолетних исследований влияния геомагнитных бурь на организм человека позволили определить некоторые закономерности влияния геофизических факторов на организм человека:

- воздействуют на всех людей без исключения, однако известно, что реакция человека на геомагнитные воздействия индивидуальна, так как определяется различной чувствительностью функциональных систем к магнитным и электрическим полям и зависит от уровня адаптационного потенциала организма. В связи с этим различают магнитоустойчивые и магнитолабильные типы реакций на высокую активность геофизических факторов [2, 5, 10, 16, 21, 28, 29];

- временно формируют состояние искусственной гипоксии и вызывают снижение адаптационного потенциала организма, при этом наиболее чувствительными к геофизическим факторам являются нервная и сердечно-сосудистая системы [16, 18, 25];

- вызывают увеличение числа аварий, несчастных случаев и травматизма в результате сбоев в работе технологических систем, оборудования и/или измененного психоэмоционального состояния человека (угнетение, возбуждение) [1, 2, 5, 12, 13];

- могут вызывать опасные расстройства психоэмоциональной сферы. Имеется ряд исследований, в которых выявлена связь между ростом количества суицидов, агрессивного импульсивного поведения, преступлений, несчастных случаев и резким повышением геомагнитной активности [7, 9, 13, 24, 27, 30];

- сила воздействия солнечной активности и геомагнитных бурь различается в зависимости от широты географической точки. Например, максимальное воздействие геофизических факторов наблюдается в северных широтах [12, 13, 30].

Однако следует отметить, что в настоящее время пока не существует эффективных способов защиты от десинхронизирующего воздействия геофизических факторов, кроме принятия профилактических мер до начала геомагнитной бури [12, 13]. Прогноз и актуальную информацию об уровне геомагнитной активности на определенной территории можно узнать на Интернет-ресурсах национальных и международных служб прогноза погоды и экологического мониторинга. С учетом специфики спортивной деятельности для минимизации негативного влияния высокого уровня геомагнитной активности на организм в период геомагнитных бурь тренерам и спортсменам предлагается учитывать и выполнять нижеперечисленные рекомендации:

- при планировании тренировок снижать координационную сложность, интенсивность и объем тренировочной нагрузки, ограничить психоэмоциональную нагрузку;

- спортсменам, имеющим функциональное перенапряжение сердечно-сосудистой и нервной систем, снизить объем и интенсивность тренировочных нагрузок, контролировать артериальное давление, соблюдать правила приема фармакологических средств, назначенных спортивным врачом для лечения или коррекции физического состояния;

- по возможности исключить длительный перелет;

- больше находиться на свежем воздухе, соблюдать гигиену и режим сна, употреблять достаточное количество воды.

Следует помнить, что различные нарушения суточной ритмики сна, возникающие во время геомагнитных бурь, оказывают существенное влияние на адаптационные реакции и восстановление организма атлета. Поэтому очевидно, что контроль продолжительности и качества сна спортсменов в период высокой геомагнитной активности позволит снизить негативное влияние геофизических факторов на организм. Специалистами в области спортивной сомнологии определены закономерности, которые демонстрируют связь между критическими факторами сна и работоспособностью спортсмена:

- продолжительность, качество и суточные периоды сна являются ключевыми факторами и влияют на способность выполнять максимальные нагрузки, определяют скорость и качество восстановления организма;

- качество ночного отдыха зависит от соблюдения принципов гигиены сна, негативного или положительного влияния окружающей среды, частоты пробуждений, наличия и характера сновидений;

- факторы сна оказывают непосредственное влияние на активность метаболических процессов и энергетический баланс организма [26].

Таким образом, опубликованные материалы о десинхронизирующем влиянии геофизических факторов на организм человека позволяют считать, что увеличение частоты возникновения нечастных случаев, в том числе и со смертельным исходом, происходит в периоды воздействия геомагнитных бурь на организм человека. Программы по коррекции негативного влияния геомагнитных возмущений на здоровье человека могли бы частично решить задачу профилактики возникновения травм и жизнеугрожающих состояний у спортсменов при выполнении тренировочных и соревновательных нагрузок. Поэтому для изучения негативного влияния геофизических факторов внешней среды на различные виды спортивной деятельности требуются дальнейшие научные исследования, однако ранее полученные данные, уже могут быть использованы в практике профессионального спорта.

Заключение

Геофизические факторы внешней среды (солнечная и геомагнитная активность) могут оказывать значительное влияние на функциональное состояние центральной и вегетативной нервной систем, работу сердечно-сосудистой системы и систему крови. В связи с этим, при реализации программы спортивной подготовки необходим учет десинхронизирующего воздействия этих средовых факторов для профилактики травматизма и возникновения острых патологических состояний у спортсменов при выполнении тренировочных и соревновательных нагрузок.

Список использованных источников

1 Авакян, С. В. Влияние магнитных бурь на аварийность систем электроэнергетики, автоматики и связи / С. В. Авакян, Н. А. Воронин, К. А. Дубаренко // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2012. – № 3-2 (154). – С. 253–266.

2 Баженов, А. А. Влияние гелиогеофизических факторов на здоровье человека / А. А. Баженов, А. С. Аверина, М. В. Прикоп // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2014. – № 6 (100). – С. 125–129.

3 Бреус, Т. К. Сердце как мишень для воздействия солнечной активности / Т. К. Бреус // Материалы межд. семинара «Биологические эффекты солнечной активности». Институт космических исследований РАН, 6-9 апреля 2004 г.». – Пушино-на-Оке: 2004. – Режим доступа: <http://www.iki.rssi.ru/puschino/>. – Дата доступа: 21.10.2019.

4 Букалов, А. В. Влияние солнечной активности на продолжительность жизни человека. Гелиогеофизический импринтинг / А. В. Букалов // Материалы межд. семинара «Биологические эффекты солнечной активности». Институт космических исследований РАН, 6-9 апреля 2004 г.». – Пушино-на-Оке: 2004. – Режим доступа: <http://www.iki.rssi.ru/puschino/>. – Дата доступа: 21.10.2019.

5 Влияние гелиогеофизических факторов на биоритмы организма / С. М. Чибисов и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 5. – С. 15–22.

6 Высочин, Ю. В. Хронобиологические и геофизические влияния на возникновение спортивных травм и заболеваний опорно-двигательного

аппарата / Ю. В. Высочин, В. И. Шапошникова, В. А. Чуев // Спорт и здоровье нации. – Спб., 2001. – С. 61–74.

7 Григорьев, П. Е. Влияние гелиогеофизических факторов на особенности террористической активности / П. Е. Григорьев, А. Н. Игнатов // Пространство и Время. – 2016. – № 1-2 (23-24). – С. 252–256.

8 Гринцов, М. И. Механизмы биологических эффектов гелиогеофизических возмущений / М. И. Гринцов, В. М. Гринцова // Успехи современного естествознания. – 2002. – № 1. – С. 96–118.

9 Игнатов А. Н. Влияние гелиогеофизических факторов на состояние преступности / А. Н. Игнатов, П. Е. Григорьев // Общество и право. – 2016. – № 2 (56). – С. 189–186.

10 Изменения катехоламинов и реологических характеристик крови людей под воздействием гелиогеофизических факторов / Ю. Я. Варакин и др. // Экология человека. – 2013. – № 7. – С. 27–33.

11 Журавлева, В. В. Исследование связи между состоянием геомагнитного поля и обострением сердечно-сосудистых заболеваний / В. В. Журавлева // Известия Алтайского государственного университета. – 2011. – № 69 (1-1). – С. 98–100

12 Калашник, А. А. Потенциальные факторы повышенного риска полетов в зонах комплексного влияния геофизических аномалий / А. А. Калашник, В. Н. Неделько // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2014. – №1 (29). – С. 62–70.

13 К вопросу о безопасности жизнедеятельности человека в геологически активных зонах / А.В. Храмов [и др.] // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – №3. –Т.16. – С.268–273.

14 Корягина, Ю. В., Десинхроноз в спорте: здоровье и физическая работоспособность / Ю. В. Корягина, Г. Н. Тер-Акопов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 10 (1). – С. 77–81.

15 Крот, А.Ф. Современное состояние хронобиологии // Военная медицина. – 2012. – № 4. – С. 121–131.

16 Крылов, В. В. Биологические эффекты геомагнитной активности: наблюдения, эксперименты и возможные механизмы / В. В. Крылов // Труды ИБВВ РАН. – 2018. – №84 (87). – С. 7–38.

17 Мартиросян, В. В. Вероятностный анализ влияния экзогенных факторов риска на частоту возникновения геморрагического инсульта в периоды высокой и низкой солнечной активности / В. В. Мартиросян, Ю. А. Долгушева // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2016. – №1. – С. 52–59.

18 Рагульская, М. В. Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека / М. В. Рагульская, В. В. Вишневикий, А. С. Файнзильберг [Электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники. – 2002. – № 12. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/dec02/5/text.html>. – Дата доступа: 09.01.2020.

19 Ромашин, О. В. Некоторые неотложные состояния в практике спортивной медицины: учебно-методические рекомендации для врачей / О. В. Ромашин, А. В. Смоленский, В. Ю. Преображенский, под ред. К. В. Лядова. – М: Советский спорт, 2011. – 130 с.

20 Связь солнечных и геофизических возмущений с сердечно-

сосудистыми заболеваниями / С. Н. Самсонов [и др.] // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2008. – № 2. – С. 50–55.

21 Севостьянова, Е. В. Оценка зависимости реологических и гемостатических параметров крови человека от изменений гелиогеофизических факторов в современных мегаполисах / Е. В. Севостьянова // Вестник новых медицинских технологий. – 2008 – Т. XV, № 4. – С. 13–15.

22 Современные представления о десинхронозе / Зарипов А. А. [и др.] [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – Режим доступа: <https://www.science-education.ru/pdf/2015/3/366.pdf>. – Дата доступа: 09.01.2020.

23 Шапошникова, В. И. Хронобиология и спорт: монография / В. И. Шапошникова, В. А. Таймазов. – М.: Советский спорт, 2005. – 180 с.

24 Эфендиева, Л. Г. Влияние геофизических параметров на организм человека / Л. Г. Эфендиева, В. А. Азизов, Г. Д. Етирмишли // Медицинские новости. – 2020. – №1. – С. 43–47.

25 Babayev, E. S. Geomagnetic Storms and their Influence on the Human Brain Functional State / E. S. Babayev, A. A. Allahverdiyeva // Revista CENIC Ciencias Biológicas. – 2005. – Vol. 36 (Especial). – p. 8.

26 Charles, H. S. Sleep, recovery, and human performance: a comprehensive strategy for long-term athlete development // H. S. Charles, N. A. Brent / Performance Canadian Sport for Life [Electronic resource]. – 2016. – Mode of Access: <https://sportforlife.ca/wp-content/uploads/2016/11/Sleep-Recovery-Jan-2013-EN.pdf> – Date of Access 29.11.2019.

27 Geomagnetic disturbances driven by solar activity enhance total and cardiovascular mortality risk in 263 U.S. cities / C. L. Zilli Vieira [et al.] // Environmental Health. – 2019. – Vol. 18 (83). – P. 1–10.

28 Long-Term Study of Heart Rate Variability Responses to Changes in the Solar and Geomagnetic Environment / A. Alabdulgader [et al.]. Scientific Reports // Nature. – 2018. – Vol. 2. – P. 1–14.

29 McCraty, R. Synchronization of Human Autonomic Nervous System Rhythms With Geomagnetic Activity in Human subjects / R. McCraty // Journal of Environmental Research and Public Health. – 2017. – Vol. 14. – P. 1–18.

30 Natural and man-made influences on suicides in northwestern Russia / O. I. Shumilov [et al.] // Natural Hazards. – 2014. – Vol. 73. – P. 439–448.

12.03.2020

РОЛЬ ВИТАМИНА D В СПОРТЕ (обзор литературных источников)

И. А. Малёваная, канд. мед наук,

Н. В. Иванова, канд. биол. наук, доцент

ГУ «Республиканский научно-практический центр спорта»;

Л. Н. Цехмистро, канд. биол. наук,

УО «Белорусский государственный университет физической культуры»;

А. П. Веремейчик, канд. биол. наук, доцент,

Институт повышения квалификации и переподготовки руководящих работников и специалистов физической культуры, спорта и туризма
УО «Белорусский государственный университет физической культуры»;

М. И. Дворяков,

УО «Белорусский государственный университет физической культуры»

Аннотация

В статье представлены литературные данные о распространенности недостаточности и дефицита витамина D у спортсменов различных видов спорта, а также проведен анализ опубликованных научных исследований о взаимосвязи статуса витамина D и его потенциальной роли в оптимизации спортивных результатов.

THE ROLE OF VITAMIN D IN SPORTS (literature sources review)

Abstract

The article presents literature data on the prevalence of vitamin D deficiency and hypovitaminosis in athletes of various sports, as well as an analysis of published scientific studies on the relationship of vitamin D status and its potential role in optimizing athletic performance.

Введение

Дефицит витамина D является актуальной проблемой у спортсменов. Уровень витамина D является эндемически низким у тех, кто живет в северных частях Европы из-за недостатка солнечного света. Для поддержания достаточного уровня витамина D требуется около трех с половиной часов в день воздействия солнечных лучей на руки, шею и лицо. На практике это означает, что большинство людей, в том числе проживающих в Республике Беларусь, испытывают дефицит витамина D.

Адекватное потребление витамина D и его концентрация в сыворотке крови важны для здоровья костей и кальций-фосфатного метаболизма, а также для оптимального функционирования многих органов и тканей. Тенденции образа жизни, привычек питания и физической активности, видимо, связаны с умеренным или тяжелым дефицитом витамина D, приводящим к проблемам со здоровьем.

Обеспеченность организма спортсменов витамином D является актуальной проблемой не только у спортсменов, но и в общей популяции. В качестве маркера статуса витамина D общепризнано использование уровня гидроксивитамина D (25(OH)D) (определяется в нг/мл или нмоль/л, соответственно коэффициент пересчета: нг/мл x 2,496 = нмоль/л). На уровень витамина D влияет целый ряд факторов, к которым относятся

фототип кожи, интенсивность ультрафиолетового излучения, длительность пребывания на солнце, поступление витамина **D** с пищей, возраст, состояние здоровья и другие. Уровень витамина **D**, как правило, снижен у людей, проживающих в северных частях Европы, из-за недостатка солнечного света. Доказано, что при глобальном ультрафиолетовом индексе **1 (UVI 1)** для поддержания достаточного уровня витамина **D** требуется около трех с половиной часов в день воздействия солнечных лучей на руки, шею и лицо. На практике это означает, что большинство населения, в том числе проживающего в Республике Беларусь, испытывает дефицит витамина **D**. Естественно предположить, что спортсмены, занимающиеся на открытом воздухе, имеют потенциальное преимущество в поддержании оптимального содержания витамина **D** в организме. Однако исследования европейских ученых свидетельствуют, что одних занятий спортом на открытом воздухе может быть недостаточно для обеспечения необходимого уровня витамина **D** [1–9]. Риск недостаточности витамина **D** у спортсменов значительно возрастает в более высоких широтах, в зимний и ранний весенний сезоны, а также при занятии спортом в помещении [5].

Проблемы изучения статуса витамина **D** у спортсменов сопряжены с определенными методическими трудностями, так как для них отсутствуют единые рекомендации по оптимальному уровню **25(OH)D** в сыворотке крови.

Определение дефицита витамина **D** является сложным в отношении того, какие концентрации общего количества **25(OH)D** представляют собой дефицит, недостаточность, оптимум и токсичность для организма. Отмечаются разногласия в отношении идеального уровня витамина **D** [6–8].

Так, Научный Консультативный комитет по вопросам питания (**SACN**) [10] и Агентство по пищевым стандартам (**FSA**) Великобритании [11] определяют дефицит витамина **D** менее **25 нмоль/л (10 нг/мл)**. Сотрудники Института медицины США считают недостаточным уровень витамина **D** менее **50 нмоль/л (20 нг/мл)** и указывают на возможность развития негативных явлений при концентрации более **125 нмоль/л (50 нг/мл)** [12]. **Zittermann (2003)** определяет оптимальный статус витамина **D** **100–250 нмоль/л (40–100 нг/мл)**.

Значения **25(OH)D** выше **40 нг/мл** у спортсменов рекомендованы потому, что на этом уровне витамин **D** начинает депонироваться в мышцах и жировой ткани. Кроме того, при концентрации ниже **32 нг/мл** витамин **D** труднодоступен для эндокринных процессов, что влияет на работоспособность спортсменов. **Kim D.K** и коллеги [14] обнаружили у **27%** профессиональных волейболистов мужского пола дефицит витамина **D**, у **46%** – недостаток и у **27%** – достаточное количество. **Chung J.S.** отмечает, что женщины-спортсменки подвержены более высокому риску дефицита витамина **D** [15].

Систематический обзор и метаанализ **23** исследований, в которых изучалась распространенность недостаточности витамина **D** среди профессиональных спортсменов, выявил у **56%** из **2313** обследованных спортсменов недостаточность витамина **D** (определенная авторами как **25(OH)D <80 нмоль/л**) [5].

Maroon J.C. и соавт. (2015), **Hamilton** и соавт. (2014) отмечали, что распространенность недостаточности витамина **D** среди спортсменов, тренирующихся на открытом воздухе, колебалась от **68,8 %** до **84,0 %** [16, 17]. **Jung H.C.** и соавт. установлено, что у таэквондистов зарегистрирована **100%** недостаточность витамина **D** [18].

Данные тенденции были также обнаружены среди юных пловцов (66,2–67,1%), что подтверждает распространенность недостаточности витамина D [19, 20].

Распространенность дефицита витамина D у игроков английской Премьер-лиги в зимние месяцы составляет 65% (<20 нг/мл) [21]. Дефицит витамина D менее 30 нг/мл также был обнаружен у 73% контингента исследованной группы (баскетболисты – 94% и таэквондисты – 67%). Уровень дефицита составил 48% у спортсменов, занимающихся на открытом воздухе, и 80% – у спортсменов, занимающихся в помещении [22].

Close G.L. и соавт. (2012) обнаружили среди британского контингента (61 спортсмен: регби-лига, футбол, жокеи) у 7% серьезную недостаточность витамина D, у 27 % – дефицит, у 26 % – неадекватное содержание. Только у 38 % спортсменов отмечен адекватный уровень витамина D и у 2% – оптимальная концентрация. Тем не менее физиологические последствия недостатка витамина D еще не полностью определены [23]. Концентрация 25(OH)D у таэквондистов указывает на то, что у 74,5% спортсменов-подростков наблюдается дефицит или недостаток витамина D [22, 24].

Следует отметить возможную взаимосвязь эргогенных эффектов витамина D, спортивных результатов и восстановления.

Оптимальная концентрация сывороточного 25-гидроксивитамина D способствует поддержанию или улучшению общей работоспособности, восстановлению мышц. Адекватный статус витамина D может играть важную роль в ремоделировании мышц [25, 26].

Aydin C.G. и соавт. (2019) считают, что работоспособность мышц нарушается, если уровень витамина D падает ниже 32 нг/мл [21].

Ksiażek A. и коллеги [27] отмечают, что дефицит витамина D может вызывать снижение силовых показателей и приводить к дегенерации мышечных волокон типа II, что, отрицательно коррелирует с физической работоспособностью. Кроме того, они подчеркнули, что применение витамина D может положительно влиять на скелетные мышцы. Wiciński M. и коллеги [28] пришли к выводу, что концентрация витамина D в плазме связана с функциональным состоянием мышц и иммунным ответом как в общей, так и в спортивной популяции [28–30].

Уровень витамина D выше нормального референтного диапазона (до 100 нмоль/л) может улучшить аэробные способности, увеличить силу, мощность мышц выработку тестостерона, уменьшить время восстановления после тренировки. Каждый из этих показателей может потенциально улучшить спортивные результаты. Поддержание более высокого уровня витамина D положительно влияет на работоспособность спортсмена. Dylan T.D. и соавт. (2015) считают, что требуются дальнейшие исследования в отношении оптимального потребления витамина D, конкретных его форм. Кроме этого, необходимо изучить взаимодействие витамина D с витамином K, которые влияют на артериальную кальцификацию и гипервитаминоз [31]. Возможно, что рекомендованная дозировка витамина D (до 4000–5000 МЕ/день) в комбинации с витамином K1 и K2 (от 50 до 1000 мкг/день) может потенциально улучшить результативность.

Nogues X., Martinez-Laguna D. (2018) предположили, что в день достаточно 3000 МЕ (75 мкг), но в настоящее время определен консенсус в отношении более низкой дозы [32].

Использование витамина D у футболистов улучшает показатели, характеризующие аэробную выносливость [33], а также скорость и взрывную силу [34].

Использование витамина **D** при его дефиците ($25(O)D < 50$ нмоль/л) оказывало положительный эффект на функцию мышц [35].

Применение витамина **D** может также улучшить функцию скелетных мышц посредством морфологической адаптации и улучшения мышечного сокращения [36].

Использование витамина **D** (5000 МЕ в день) в течение 8 недель и во время его дефицита оказало благотворное влияние на работоспособность футболистов в зоне высокой интенсивности [37].

Следует обратить внимание, что применение витамина **K** (10 мг в сутки) в течение одного месяца вызвало повышение уровня витамина **K** у элитных спортсменок, что было связано с увеличением кальций-связывающей способности остеокальцина. В группе с низким уровнем эстрогенов использование витамина **K** вызывало увеличение маркеров костеобразования на 15–20% и параллельное снижение маркеров резорбции кости на 20–25%, что свидетельствует об улучшении баланса между формированием костей и резорбцией [38].

Аномальный минеральный состав костей и уменьшение их прочности может наблюдаться у более молодых спортсменов, которые соревнуются в видах спорта, где применяются весовые категории. Недостаточное потребление кальция при сгонке веса у единоборцев влияет на минеральную плотность костей. Стрессовые травмы костей более вероятны у лиц с пониженной минеральной плотностью костей [39]. Частота возникновения травм мышц была высокой среди спортсменов с недостаточностью витамина **D** [29, 30]. Данная проблема существует также у женщин и называется «триада спортсменок» (менструальная дисфункция, нервная анорексия и пониженная минеральная плотность кости) [40].

Резорбция и формирование кости оцениваются путем измерения концентраций химических веществ, называемых маркерами обмена кости. Международный фонд остеопороза рекомендует использовать N-терминальный пропептид проколлагена 1-го типа (**P1NP**) в качестве маркера образования кости и C-терминальный телопептид коллагена типа I (**СТх**) в качестве специфического маркера резорбции кости [41]. Вышеуказанные маркеры костного обмена отражают основные функции остеобластов и остеокластов. Склеростин является хорошим маркером обмена костной ткани, который участвует в remodelировании кости и может отражать активность остецитов. Zagrodna A. и соавт. (2016) показали, что регулярная, длительная физическая тренировка влияет на концентрацию склеростина и тем самым на remodelирование кости [42]. Спортсмены по сравнению с теми, кто не занимается спортом, имели более высокие концентрации склеростина, **P1NP** и основного метаболита витамина **D** и более низкие концентрации паратгормона. Дефицит витамина **D** был обнаружен в 77% у спортсменов и 100% у незанимающихся спортом.

Выявлены очень существенные различия в отношении паратгормона и **P1NP** в сыворотке крови у спортсменов и неспортсменов [42]. Паратгормон у спортсменов был ниже, чем у неспортсменов. Однако в других исследованиях показано, что концентрация паратгормона не изменяется или увеличивается во время физических нагрузок [43–45]. Более низкие концентрации паратгормона в сочетании с более высокими концентрациями кальция у спортсменов могут указывать на то, что упражнения на выносливость индуцируют постоянное подавление секреции паратгормона.

Определение уровня паратгормона позволяет оценить тот уровень витамина **D**, при котором блокируется избыточная секреция паратгормона. Многими экспертами признается, что в настоящее время физиологически обоснованными представляются значения **25(OH)D** выше **30 нг/мл** [12, 13], что подтверждается гарантированным подавлением избыточной секреции паратгормона у большинства обследованных. Дефицит витамина **D**, прежде всего, сказывается на нарушении кальций-фосфорного и костного обменов. Поскольку в норме витамин **D** повышает всасывание кальция в кишечнике, его недостаток приводит к увеличению уровня паратгормона, вторичному гиперпаратиреозу, который поддерживает нормальный уровень кальция за счет мобилизации его из скелета.

Оптимальный уровень витамина **D** для состояния костей составляет **20 нг/мл (50 нмоль/л)**. Применение малой дозы витамина **D 800 МЕ** и дополнительное использование **1200 мг** в день кальция может снизить вероятность переломов костей [46].

Следует отметить, что комбинированные препараты витамина **D** и кальция часто содержат гораздо меньшую дозу витамина **D**, вероятно, недостаточную для того, чтобы скорректировать дефицит. Целесообразно разделять прием кальция и витамина **D**, избегая комбинированных препаратов [45].

Высокое содержание кальция в молочных продуктах перед тренировкой может снизить рост индуцированных физическими нагрузками маркеров костной резорбции [48].

Всем лицам рекомендуется адекватное возрасту потребление кальция с пищей. При недостаточном потреблении кальция с продуктами питания необходимо применение добавок кальция для обеспечения суточной потребности в этом элементе.

В рандомизированном контрольном исследовании **Owens D.J.** и соавт. (2015) показали, что концентрация **25(OH)D** более **75 нмоль/л** с дополнительным применением витамина **D3 4000 МЕ** в день оказывает положительное влияние на восстановление силы после эксцентрических упражнений [49].

Barker T. и соавт. (2013) обнаружили корреляцию между показателем **25(OH)D** и восстановлением силы после интенсивной физической нагрузки. Эти результаты подтверждают, что применение витамина **D** может оптимизировать адаптационную реакцию на физическую нагрузку [50].

Физическая нагрузка увеличивает уровень иристина, описанного как мышечный производный гормон. Повышение иристина может быть связано с индуцированной стимуляцией симпатической активности. **Algul S.** и соавт. (2017) отмечали уровень иристина выше базового у тренированных участников по сравнению с неподготовленными испытуемыми [51].

Физическая нагрузка может повысить биоэнергетические функции скелетных мышц, в том числе освобождение иристина. Исследования показали, что иристин существенно увеличивает потребление энергии и окислительный метаболизм [52].

Витамин **D** играет важную роль, особенно для состояния костной системы и иммунной функции, оптимальной спортивной работоспособности, снижения острых респираторных заболеваний, уменьшения стресс-переломов, улучшения восстановления после травм и физических нагрузок [53, 54, 55].

Дефицит витамина **D** ухудшает результативность спортсменов, а поддержание уровня витамина **D** на супрафизиологических уровнях способствует росту мышц и улучшению результативности [55].

Следует уделять больше внимания спортсменам, находящимся в зоне риска, а также занимающимся спортом в помещении, кто не может в достаточной степени получать солнечный свет. **W. D. Fraser** [55].

Кроме того, необходимо установить уровень **25(OH)D** для оптимального функционирования иммунной системы и опорно-двигательного аппарата спортсменов.

Международное эндокринологическое общество [54] предлагает уровень **25(OH)D** более 75 нмоль/л, необходимый для оптимального состояния костей, тогда как **Thomas D.T.** и соавт. (2016) для спортсменов рекомендуют уровень более 50 нмоль/л. **Thomas D.T.** и соавт. (2016) считают, что уровень более 75 нмоль/л может быть оптимальным для иммунной функции [57].

Таким образом, спортсменам требуется более высокий уровень витамина **D** для предотвращения травм и оптимизации процесса адаптации при систематической тренировке.

Заключение

Поддержание адекватного уровня **25(OH)D** в сыворотке крови является важной стратегией для улучшения здоровья [58] и работоспособности [55, 57, 58] спортсменов в процессе тренировочных и соревновательных нагрузок.

Регулярное исследование статуса витамина **D** с помощью надежных тестов необходимо, чтобы гарантировать здоровье спортсменам. Индивидуализация коррекции витамина **D** должна проводиться путем мониторинга вариации **25(OH)D3** у каждого спортсмена.

Дальнейшие исследования по определению оптимальных дозировок для коррекции дефицита и недостаточности витамина **D** у спортсменов позволят разработать дифференциально-диагностические критерии и схемы коррекции уровня витамина **D**.

Список использованных источников

1. Maïmoun, L. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response / L. Maïmoun, J. Manetta, I. Couret [et al.] // *Int J Sports Med.* – 2006. – Vol. 27, № 2. – P. 105–111.
2. Guillemant, J. Wintertime vitamin D deficiency in male adolescents: effect on parathyroid function and response to vitamin D3 supplements / J. Guillemant, H. T. Le, A. Maria [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2001. – Vol. 12, № 10. – P. 875 – 879.
3. Barger-Lux, M. J. Effects of above average summer sun exposure on serum 25-hydroxyvitamin D and calcium absorption / M. J. Barger-Lux, R. P. Heaney // *J Clin Endocrinol Metab.* – 2002. – Vol. 87, № 11. – P. 4952 – 4956.
4. Valtueña, J. High prevalence of vitamin D insufficiency among elite Spanish athletes: the importance of outdoor training adaptation / J. Valtueña, D. Dominguez, L. Til // *Nutr Hosp.* – 2014. – Vol. 30, № 1. – P. 124–131.
5. Farrokhyar, F. Prevalence of vitamin D inadequacy in athletes: a systematic-review and meta-analysis / F. Farrokhyar, R. Tabasinejad, D. Dao [et al.] // *Sports Med.* – 2015. – Vol. 45, № 3. – P. 365–378.
6. Mosekilde, L. Vitamin D and the elderly / L. Mosekilde // *Clin Endocrinol* – 2005. – Vol. 62. – P. 265–281.

7. Vu, L. H. Serum vitamin D levels in office workers in a subtropical climate / L. H. Vu, D. C. Whiteman, J. C. van der Pols [et al.] // *Photochem Photobiol.* – 2011. – Vol. 87, № 3. – P. 714–720.
8. Van Schoor, N. M. Worldwide vitamin D status / N. M. Van Schoor, P. Lips // *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* – 2011. – Vol. 25, № 4. – P. 671 – 680.
9. Vasikaran, S. Markers of bone turnover for the prediction of fracture risk and monitoring of osteoporosis treatment: a need for international reference standards / S. Vasikaran, R. Eastell, O. Bruyère [et al.] // *Osteoporos Int.* – 2011. – Vol. 22, № 2. – P. 391 – 420.
10. Vitamin D and Health. Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN). – 2016. – 289 p.
11. Ashwell, M. UK Food Standards Agency Workshop Report: An Investigation of the Relative Contributions of Diet and Sunlight to Vitamin D Status / M. Ashwell, E. M. Stone, H. Stolte [et al.] // *Br J Nutr.* – 2010. – Vol. 104, № 4. – P. 603–611.
12. Institute of Medicine/ F.A.N.B. Dietary reference Intakes for Calcium and Vitamin D. Washington, DC. The National Academic Press. – 2011.
13. Zittermann, A. Vitamin D in preventive medicine: are we ignoring the evidence / A. Zittermann // *Br J Nutr.* – 2003. – Vol. 89, № 5. – P. 552–572.
14. Kim, D. K. The relationship between vitamin D status and rotator cuff muscle strength in professional volleyball athletes / D. K. Kim, G. Park, L.T. Kuo [et al.] // *Nutrients.* – 2019. – Vol. 11, № 11. – P. 2768.
15. Chung, J. S. Concurrent bilateral anterior tibial stress fractures and vitamin d deficiency in an adolescent female athlete: Treatment with early surgical intervention / J. S. Chung, M.J. Sabatino, A.L. Fletcher [et al.] // *Front Pediatrics.* – 2019. – Vol. 7. – P. 397.
16. Maroon, J. C. Vitamin D profile in national football league players / J. C. Maroon, C. M. Mathyssek, J. W. Bost [et al.] // *Am J Sports Med.* – 2015. – Vol. 43. – P. 1241–1245.
17. Hamilton, B. Vitamin D concentration in 342 professional football players and association with lower limb isokinetic function / B. Hamilton, R. Whiteley, A. Farooq [et al.] // *J Sci Med Sport.* – 2014. – Vol. 17, № 1. – P. 139–143.
18. Jung, H. C. Correcting vitamin D insufficiency improves some but not all aspects of physical performance during winter training in taekwondo athletes / H. C. Jung, M.W. Seo, S. Lee [et al.] // *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* – 2018. – Vol. 28, № 6. – P. 635–643.
19. Dubnov-Raz, G. Vitamin D supplementation and physical performance in adolescent swimmers / G. Dubnov-Raz, N. Livne, R. Raz. [et al.] // *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* – 2015. – Vol. 25, № 4. – P. 317–325.
20. Dubnov-Raz, G. Vitamin D supplementation and upper respiratory tract infections in adolescent swimmers: a randomized controlled trial / G. Dubnov-Raz, H. Hemilä, A.H. Cohen [et al.] // *Pediatr Exerc Sci.* – 2015. – Vol. 27. – P. 113–119.
21. Aydin, C. G. The effects of indoor and outdoor sports participation and seasonal changes on vitamin D levels in athletes / C. G. Aydin, Y.M. Dinçel, Y. Arıkan [et al.] // *SAGE Open Med.* – 2019. – Vol. 7. – P. 1–6.
22. Constantini, N. W. High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers / N. W. Constantini, R. Arieli, G. Chodick [et al.] // *Clin J Sport Med.* – 2010. – Vol. 20, № 5. – P. 368–371.

23. Close, G. L. Morton Assessment of vitamin D concentration in non-supplemented professional athletes and healthy adults during the winter months in the UK: implications for skeletal muscle function / G. L. Close, J. Russell, J. N. Cobley [et al.] // *J of Sports Sci.* – 2013. – Vol. 31, № 4. – P. 344–353.

24. Myong-Won, S. The Associations of Vitamin D Status with Athletic Performance and Blood-borne Markers in Adolescent Athletes: A Cross-Sectional Study / S. Myong-Won, S. K. Jong, C. J. Hyun [et al.] // *Int J Environ Res Public Health.* – 2019. – Vol. 16, № 18. – P. 3422.

25. Abrams, G. D. Effects of vitamin D on skeletal muscle and athletic performance / G. D. Abrams, D. Feldman, M. R. Safran // *J Am Acad Orthop Surg.* – 2018. – Vol. 26, № 8. – P. 278–285.

26. Zhang, L. Effect of vitamin D supplementation on upper and lower limb muscle strength and muscle power in athletes: A meta-analysis / L. Zhang, M. Quan, Z. B. Cao // *PLoS One.* – 2019. – Vol. 14, № 4. – P. 1–16.

27. Książek, A. Vitamin D, skeletal muscle function and athletic performance in athletes—A narrative review / A. Książek, A. Zagrodna, M. Słowińska-Lisowska // *Nutrients.* – 2019. – Vol. 11, № 8. – P. 1800.

28. Wiciński, M. Impact of Vitamin D on Physical Efficiency and Exercise Performance—A Review / M. Wiciński, D. Adamkiewicz, M. Adamkiewicz [et al.] // *Nutrients.* – 2019. – Vol. 11, № 11. – P. 2826.

29. Bauer, P. High prevalence of vitamin D insufficiency in professional handball athletes / P. Bauer, S. Henni, O. Dörr [et al.] // *Phys. Sportsmed.* – 2019. – Vol. 47, № 1. – P. 71–77.

30. Rebolledo, B. J. The association of vitamin D status in lower extremity muscle strains and core muscle injuries at the national football league combine / B. J. Rebolledo, J. A. Bernard, B. C. Werner [et al.] // *Arthroscopy.* – 2018. – Vol. 34, № 4. – P. 1280–1285.

31. Dylan, T. D. Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery / T. D. Dylan, P. D. Brad, S. K. Michael // *Journal of the International Society of Sports Nutrition.* – 2015. – Vol. 12, № 1. – P. 1–12.

32. Nogues, X. Update on osteoporosis treatment / X. Nogues, D. Martinez-Laguna // *Med. Clin. (Barc).* – 2018. – Vol. 150, № 12. – P. 479–486.

33. Jastrzebska, M. Can Supplementation of Vitamin D Improve Aerobic Capacity in Well Trained Youth Soccer Players? / M. Jastrzebska, M. Kaczmarczyk, M. Michalczyk [et al.] // *J Hum Kinet.* – 2018. – Vol. 61. – P. 63–72.

34. Jastrzebska, M. The effect of vitamin d supplementation on training adaptation in well trained soccer players / M. Jastrzebska, M. Kaczmarczyk, Z. Jastrzebski [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2016. – Vol. 30. – P. 2648–2655.

35. Von Hurst, P. R. Vitamin D and skeletal muscle function in athletes / P. R. Von Hurst, K. L. Beck // *Clinical Nutrition and Metabolic Care.* – 2014. – Vol. 17, № 6. – P. 539–545.

36. Todd J. J. Vitamin D: recent advances and implications for athletes / J. J. Todd, L. K. Pourshahidi, E. M. McSorley [et al.] // *Sports Med.* – 2015. – Vol. 45, № 2. – P. 213–229.

37. Skalska, M. Vitamin D Supplementation and Physical Activity of Young Soccer Players during High-Intensity Training / M. Skalska, P. T. Nikolaidis, B. Knechtle [et al.] // *Nutrients.* – 2019. – Vol. 11, № 2. – P. 349.

38. Craciun, A. M. Vermeer Improved bone metabolism in female elite athletes after vitamin K supplementation / A. M. Craciun, J. Wolf, M. H. Knapen [et al.] // *Int J Sports Med.* – 1998. – Vol. 19, № 7. – P. 479 – 484.

39. Wilson, D. J. Osteoporosis and sport / D. J. Wilson // *European J of Radiology*. – 2018. – Vol. 110. – P. 169–174.
40. Nazem, T. G. Ackerman K.E The female athlete triad / T. G. Nazem // *Sports Health*. – 2012. – Vol. 4, № 4. – P. 302 – 311.
41. Glendenning P. Markers of Bone Turnover for the Prediction of Fracture Risk and Monitoring of Osteoporosis Treatment: A Need for International Reference Standards, Osteoporos / P. Glendenning // *The Clinical Biochemist Reviews*, 2011. – Vol. 32, № 1. – P. 45–47.
42. Zagrodna A. Sclerostin as a Novel Marker of Bone Turnover in Athletes / A. Zagrodna, P. Józkw, M. Mędraś [et al.] // *Biol Sport*. 2016/ – Vol. 33/ № 1. – P. 83-87.
43. Caroli, B. Characterization of skeletal parameters in a cohort of North Italian rugby players / B. Caroli, F. Pasin, R. Aloe [et al.] // *J Endocrinol Invest*. – 2014. – Vol. 37, № 7. – P. 609–617.
44. Maïmoun, L. Effect of physical activity on calcium homeostasis and calciotropic hormones: a review / L. Maïmoun, C. Sultan // *Calcif Tissue Int*. – 2009. – Vol. 85, № 4. – P. 277–286.
45. Solarz, K. An evaluation of the levels of 25-hydroxyvitamin D3 and bone turnover markers in professional football players and in physically inactive men / K. Solarz, A. Kopeć, J. Pietraszewska [et al.] // *Physiol Res*. – 2014. – Vol. 63, № 2. – P. 237–243.
46. Gallagher, J.C. Vitamin D Insufficiency, Deficiency, and Bone Health / J.C. Gallagher, A. J Sai // *J Clin Endocrinol Metab*. – 2010. – Vol. 95. № 6. – P. 2630–2633.
47. Nogués, X. Update on osteoporosis treatment / X. Nogués, D. Martinez-Laguna // *Med Clin (Barc)*. – 2018. – Vol. 150, № 12. – P. 479–486.
48. Haakonssen, E. C. The effects of a calcium-rich pre-exercise meal on biomarkers of calcium homeostasis in competitive female cyclists: a randomised crossover trial / E. C. Haakonssen, M. L. Ross, E. J. Knight [et al.] // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10, № 5.
49. Owens, D. J. A systems-based investigation into vitamin D and skeletal muscle repair, regeneration, and hypertrophy / D. J. Owens, A. P. Sharples, I. Polydorou [et al.] // *Am J Physiol Endocrinol Metab*. – 2015. – Vol. 309, № 12.
50. Barker, T. Higher serum 25-hydroxyvitamin D concentrations associate with a faster recovery of skeletal muscle strength after muscular injury / T. Barker, V. T. Henriksen, T. B. Martins [et al.] // *Nutrients*. – 2013. – Vol. 5. – P. 1253–1275.
51. Algul, S. Variations in leptin, nesfatin-1 and irisin levels induced by aerobic exercise in young trained and untrained male subjects / S. Algul, C. Ozdenk, O. Ozcelik // *Biol Sport*. – 2017. – Vol. 34, № 4. – P. 339–344.
52. Vaughan, R. A. Irisin, a unique non-inflammatory myokine in stimulating skeletal muscle metabolism / R. A. Vaughan, N. P. Gannon, C. M. Mermier [et al.] // *J Physiol Biochem*. – 2015. – Vol. 71. – P. 679–689.
53. Mosekilde, L. The vitamin D status of the Danish population needs to be improved / L. Mosekilde // *Ugeskr Laeger*. – 2005. – Vol. 167, № 8. – P. 895–897.
54. Arlinghaus. K. The Health Implications of Vitamin D Insufficiency and Low Energy Availability in Athletes / K. Arlinghaus, K. Ruckstuhl, L. Cialdella-Kam // *Austin J Nutr Metab*. – 2016. – Vol. 3, № 1. – P. 1034.
55. Fraser, W. D. Vitamin D supplementation for athletes: Too much of a good thing? Populations / W. D. Fraser // *The Sport and Exercise Scientist*. – 2012. – № 33.

56. Hamilton, B. Vitamin D and athletic performance: the potential role of muscle / B. Hamilton // Asian J Sports Med. – 2011. – Vol. 2, № 4. – P. 211–219.

57. Thomas, D. T. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance / D. T. Thomas, K. A. Erdman, L. M. Burke // J Acad Nutr Diet. – 2016. – Vol. 116, № 3 – P. 501–528.

58. Саванович, И.И. D-витаминная недостаточность: экологические факторы риска и естественная профилактика / И.И. Саванович, А.В. Сикорский // Медицинский журнал. – 2011. – № 4. – С.11–15.

25.05.2020

УДК 796.5

СОВРЕМЕННЫЕ КРИТЕРИИ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И ГИПОТЕЗЫ СИНДРОМА ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ У СПОРТСМЕНОВ

Г. Ю. Никулина,

Республиканский научно-практический центр спорта

Аннотация

Целью спортивных тренировок является повышение и улучшение физической работоспособности. Экстремальные нагрузки при адекватном восстановлении способствуют повышению производительности. Однако существует тонкая грань между положительным влиянием таких нагрузок на тренировочный процесс и негативными последствиями. Перетренированность может включать: боль и мышечную слабость; гормональные, биохимические и гематологические изменения; перепады настроения; проблемы со сном и психологическую депрессию.

В данной статье были изучены несколько исследований о перетренированности с целью выявления причин, симптомов, гипотез, помимо маркеров, которые могли бы сообщить о проблеме на ранних стадиях. Тем не менее, диагностика синдрома перетренированности очень сложна, так как симптомы схожи с последствиями напряженной тренировочной деятельности, что затрудняет их разобцение.

MODERN OVERSTRAIN CRITERIA AND OVERTRAINING SYNDROME CONJECTURE IN ATHLETES

Abstract

Increasing physical performance is the purpose of sports training. Extreme loads with appropriate recovery stimulate the productivity increase, however, the positive impact of such loads and the negative consequences have a fine line. Overtraining may include pain and muscle weakness; hormonal, biochemical, and hematological changes; mood swings; sleep problems, and psychological depression.

This article examined several studies on overtraining to identify causes, symptoms, hypotheses, in addition to the early-stage markers that could tell the problem. Nevertheless, the overstrain syndrome diagnostics is complicated due to its similarity to strenuous physical activity which makes it hard to distinguish.

Введение

Тренировочный процесс профессионального спортсмена направлен на повышение работоспособности, что, в свою очередь, достигается за счет увеличения уровня тренировочных и соревновательных нагрузок. Повышенные нагрузки допускаются только в том случае, если имеет место чередование нагрузки и отдыха – периодизация тренировочной деятельности. Перенапряжение является результатом аккумуляции повышенной нагрузки, которая приводит к временному снижению производительности и требует дни (недели) на восстановление [1, 2]. Перенапряжение, сопровождаемое соответствующим восстановлением, в конечном итоге приводит к повышению работоспособности [1, 2]. Однако, если чрезмерная нагрузка является экстремальной и сопровождается дополнительными стрессорами, то в результате у спортсмена может развиваться синдром перетренированности [2].

Синдром перетренированности также может быть вызван системным воспалением с последующим воздействием на центральную нервную систему, включая подавленное настроение, центральную усталость и в итоге нейрогормональные изменения [3, 4, 5].

Контроль процессов перенапряжения и восстановления, которые являются важными составляющими тренировочной деятельности, нужен для анализа переносимости физической нагрузки, внесения коррективов в режим «работа-восстановление» и определения достаточности времени отдыха после физических нагрузок, эффективности средств повышения работоспособности, определения перенапряжения или перетренированности, связанных с дисбалансом между усердной работой и восстановлением [6]. Грамотно разработанная система применения средств и способов контроля даёт вероятность с высокой эффективностью управлять тренировочным процессом. Оперативное внесение в план подготовки изменений поможет выявить явление перетренированности на ранних этапах. Применение некоторых маркеров, указывающих на развитие неблагоприятных реакций в деятельности различных систем организма и механизмов, может дать нужную информацию для определения и описания состояния перетренированности [7-9].

Маркеры синдрома перетренированности определяются как физические, физиологические и психологические изменения, связанные с перенапряжением, и стимулы, предшествующие или следующие за возникновением синдрома [10]. Следовательно, некоторые из этих физиологических, биохимических и иммунологических изменений, обычно связанных с тяжелой тренировкой, предлагаются в качестве потенциальных маркеров синдрома перетренированности. Также в наше время существует множество теорий, связанных с данной проблемой. У каждой есть свои сильные и слабые стороны. На некоторых из них стоит акцентировать внимание.

Теории и гипотезы перетренированности

Гипотеза гликогена. Причиной перенапряжения и снижения работоспособности может быть то, что спортсмены не могут поддерживать нужное количество потребляемых калорий, в частности углеводов, во время экстремальных тренировочных нагрузок, что приводит к снижению мышечного гликогена. Низкий уровень мышечного гликогена приводит к увеличению окисления и снижению концентрации аминокислот с разветвленной цепью. Это может повлиять на синтез основных

нейромедиаторов, участвующих в утомлении [11]. Поскольку снижение работоспособности и усталость являются отличительными признаками перетренированности, то снижение гликогена в мышцах может стать причиной развития синдрома.

Хотя эта взаимосвязь и кажется правдоподобной, она не нашла широкого распространения в литературе. Пловцы, которые потребляют недостаточное количество углеводов, испытывают большую усталость во время тренировок, но не обязательно страдают от снижения работоспособности, необходимого для диагностики перетренированности [11]. Даже спортсмены, которые потребляют повышенное количество углеводов и поддерживают нормальный уровень гликогена, могут все еще испытывать перенапряжение [12]. И хотя низкий уровень мышечного гликогена может быть связан с усталостью, вызванной физической нагрузкой, нет гарантии, что это имеет отношение к перетренированности.

Следующим пунктом хотелось бы обратить внимание на **гипотезу утомления центральной нервной системы**. Синдром перетренированности практически всегда сопровождается нарушением настроения, сна и поведения [3, 4, 13–15]. Нейромедиатор серотонин (5-НТ) участвует в регуляции этих функций; следовательно, изменения в структуре 5-НТ могут стать причиной синдрома перетренированности [2–4, 14, 16, 17]. Триптофан является предшественником серотонина. При физической нагрузке увеличивается количество несвязанного триптофана, который конкурирует с аминокислотами с разветвленной цепью с целью проникновения в мозг [3, 4, 16, 17]. Упражнения снижают уровень аминокислот с разветвленной цепью из-за повышенного окисления, способствуя проникновению триптофана в мозг и превращению в серотонин [18].

Увеличение несвязанного триптофана положительно коррелирует с усталостью, вероятно из-за увеличения синтеза серотонина в мозге [4, 16, 17]. Полагается, что увеличение уровня серотонина приводит к переменам настроения и сна, снижению возбудимости двигательного нейрона, потере аппетита и ингибированию гормонов, секретируемых гипоталамусом [18], что свойственно перенапряжению [19].

Однако перепады настроения и усталость субъективны, их трудно измерить, и на них влияют многие мешающие факторы [17]. Следовательно, активность 5-НТ требует осторожной интерпретации.

Гипотеза глутамина. Глутамин является неотъемлемой частью иммунной функции клеток [4, 1, 21]. Также играет роль в синтезе ДНК/РНК, транспорте азота, глюконеогенезе и кислотно-щелочном балансе [20–22]. Снижение уровня глутамина после физической нагрузки может быть причиной увеличения частоты инфекций верхних дыхательных путей у перетренированных спортсменов [5, 20, 23].

Длительные физические упражнения (> 2 часов) или повторные тренировки высокой интенсивности могут на время снизить концентрацию глутамина в плазме крови [21, 22]. Пониженный уровень глутамина в плазме отмечается именно у перетренированных спортсменов [20, 23].

Неясно, влияет ли снижение глутамина на функцию иммунных клеток. *In vitro* их функция может быть нарушена, когда концентрация глутамина ниже физиологического уровня [21]. Несмотря на снижение концентрации глутамина после физической нагрузки, количество глутамина, доступного иммунным клеткам, не обязательно изменяется [21]. Добавки глутамина могут возвращать к норме физиологический уровень, но не восстанавливают

нарушение работы иммунных клеток после физической нагрузки. Тем не менее дополнительный прием глутамин может снизить ранние показатели инфекции среди спортсменов.

Некоторые исследователи обосновывают наступление перетренированности или перенапряжения снижением концентрации глутамин в крови, так как лимфоциты и макрофаги сначала используют именно его для пролиферации [4, 16, 18, 24].

Теория окислительного стресса. Некоторый окислительный стресс (ОС) желателен во время упражнений, потому что активные формы кислорода, выделяемые из поврежденных мышц, регулируют восстановление клеток [25]. Однако, когда окислительный стресс становится патологическим, активные формы кислорода (например, супероксид, перекись водорода и гидроксильный радикал) могут вызывать воспаление, мышечную усталость и болезненность, что в результате приводит к снижению спортивных результатов [26].

Маркеры окислительного стресса в покое выше у перетренированных спортсменов в сравнении с контролем [27, 28]. Кроме того, маркеры ОС увеличиваются и с физической нагрузкой у перетренированных спортсменов [26, 28]. Цитратсинтаза отражает окислительную способность и ожидаемо возрастает во время тренировки на выносливость. Спортсмены с синдромом перетренированности могут иметь меньшую реакцию на стресс, вызванный физической нагрузкой, и быть более восприимчивыми к окислительным повреждениям [27].

Неизвестно, является ли состояние повышенного окислительного стресса триггером или результатом перетренированности. Клинически значимые исследования ограничены. Более того, неизвестно влияние таких факторов, как менструальный цикл и антиоксидантные свойства эстрогена [26].

Гипотеза вегетативной нервной системы. Дисбаланс в вегетативной нервной системе может объяснить некоторые симптомы синдрома перетренированности. В частности, снижение симпатической активации и парасимпатическое доминирование может привести к снижению работоспособности, усталости, депрессии и брадикардии [1, 4, 14].

Снижение симпатической активации у перетренированных спортсменов подтверждается в некоторых исследованиях снижением ночной экскреции катехоламинов с мочой [1]. Экскреция катехоламинов уменьшается с увеличением утомляемости и возвращается к исходному уровню во время восстановления [1, 4, 30]. Однако не все исследования прослеживают данную тенденцию [30, 31]. Пониженная чувствительность органов к катехоламинам также может быть причиной симптомов пониженной симпатической активации [14].

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) также используется в качестве показателя вегетативной функции [1, 32, 33]. В одном исследовании ученые не выявили различий в ВСР между перетренированными и контрольными спортсменами во время сна [35]. Однако вскоре после пробуждения у перетренированных спортсменов наблюдалось снижение ВСР, что свидетельствует о повышении симпатического тонуса [35]. Используя показатели ВСР, исследования показали, что влияние интенсивных тренировок на контроль вегетативной системы может быть обратимым. Баланс между симпатическими и парасимпатическими отделами может быть восстановлен после недели отдыха [34].

Теория гипоталамуса. Изменения в гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой (ГГНО) и гипоталамо-гипофизарно-гонадной осях также могут выступать причинами синдрома перетренированности. У хорошо тренированных спортсменов могут наблюдаться незначительные изменения в функции ГГНО, а у перетренированных могут наблюдаться изменения уровня кортизола, адренкортикотропного гормона, тестостерона и других гормонов [1, 4, 14, 33, 36]. К сожалению, современные данные противоречивы в отношении этих гормональных изменений [1,14,33]. Изменения в осях ГГН и гипоталамо-гипофизарно-гонадной области индивидуализированы и зависят от других факторов, в том числе от физической нагрузки, подверженности стрессу и других гормональных уровней [1, 33].

Ни одна гипотеза не объясняет все аспекты синдрома перетренированности. **Гипотеза цитокинов** предполагает, что перетренированность является физиологической адаптацией / дезадаптацией к избыточному стрессу, вызванному дисбалансом между усердной работой и восстановлением [4, 5, 29]. Это может стать причиной острого местного воспаления, развивающегося в хроническое воспаление, которое затем вызывает системное воспаление.

Часть этого системного воспаления включает активацию циркулирующих моноцитов, которые могут синтезировать большое количество воспалительных цитокинов (IL-1 β , IL-6 и TNF- α). Эти цитокины влияют на работу ЦНС, вызывая снижение аппетита и депрессию. Они также действуют на симпатическую нервную систему и подавляет активность гормональной оси гипоталамус-гипофиз-надпочечники, что вызывает изменения в крови показателей катехоламинов, глюкокортикоидов и гонадных гормонов. Иммунные изменения могут быть связаны с подавлением иммунитета, возможно, из-за противовоспалительных факторов, которые следуют за провоспалительной реакцией, которая возникает из-за мышечной травмы.

Важным аспектом диагностики перетренированности является **соотношение тестостерон/кортизол**.

Высокой информативностью для оценки функционального состояния спортсменов различных видов спорта обладает индекс тестостерон/кортизол, снижение которого больше, чем на 30,0 % расценивается как признак снижения переносимости тренировочных нагрузок [37]. Имеются данные о взаимосвязи вышеуказанных гормонов в сыворотке крови спортсменов с объемами выполняемых тренировочных нагрузок [39, 38]. Использование анаболического индекса тестостерон/кортизол (Т/К) в качестве маркера переутомления базируется на предположении, что кортизол является катаболическим гормоном, а тестостерон – анаболическим [40]. Некоторые исследования показывают отсутствие достоверных изменений этого показателя под действием возрастания тренировочных нагрузок у высоко-тренированных спортсменов [41]. Ночная экскреция катехоламинов, которая может отражать снижение симпатико-адреналовых импульсов, у перетренированных спортсменов ниже, чем в норме [42]. Вышеизложенные аргументы могут быть положены в основу использования гормональных маркеров для диагностики приближающегося состояния перетренированности. Наиболее перспективным подходом может быть измерение гормонального ответа на один или несколько серий упражнений высокой интенсивности. Гормоны являются информативными показателями для оценки адаптации к тренировочным нагрузкам и предотвращения перетренированности [40].

Заключение

Главной целью спортивных тренировок является работа, направленная на повышение физической работоспособности; однако существует тонкая грань между положительным эффектом тренировочной деятельности и негативными адаптациями перетренированности. В настоящее время нет единой гипотезы, нет простого маркера, который может это предсказать; тем не менее, тщательный контроль физической активности все еще считается золотым стандартом в диагностике перетренированности. Гормональные, биохимические, иммунные и психологические маркеры могут предоставить соответствующую информацию для точного и достоверного диагноза перетренированности. Тем не менее поскольку нет надежного стандартизированного протокола выявления этого диагноза, предлагается долгосрочное наблюдение за физической работоспособностью и балансом между анаболическими и катаболическими процессами.

Список использованных источников

1. Halson, S. L. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research / S. L. Halson, A. E. Jeukendrup // *Sports Med.* – 2004. – Vol. 34, iss. 14. – P. 967–981.
2. Meeusen, R. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: ECSS Position Statement Task Force / R. Meeusen, M. Duclos, M. Gleeson [et al.] // *Eur J Sport Sci.* – 2006. – Vol. 6, iss.1. – P. 1– 14.
3. Armstrong, L. E. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: clues from depression and psychoneuroimmunology / L. E. Armstrong, J. L. VanHeest // *Sports Med.* – 2002. – Vol. 32. – P. 185–209.
4. Smith, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? / L. L. Smith // *Med Sci Sports Exerc.* – 2000. – Vol. 32. – P. 317–331.
5. Smith, L. L. Overtraining, excessive exercise, and altered immunity: is this a T helper-1 versus T helper-2 lymphocyte response? / L. L. Smith // *Sports Med.* – 2003. – Vol. 33, iss. 5. – P. 347–364.
6. Курашвили, В. А. Биохимические корреляты перетренированности / В. А. Курашвили // *Вестник спортивных инноваций.* – 2014. – № 47. – С. 30–36.
7. Вашляев, Б. Ф. Тренировка квалифицированных конькобежцев: теоретические основы / Б. Ф. Вашляев. – Екатеринбург: Издатель Калинина Г.П., 2007. – 186 с.
8. Платонов, В. Н. Теория спорта / В. Н. Платонов. – Киев: Вища. шк. Головное изд-во, 1987. – 427 с.
9. Платонов, В. Н. Перетренированность в спорте / В. Н. Платонов // *Наука в олимпийском спорте.* – 2015. – № 1. – С. 19–34.
10. Fry, A. C. Resistance exercise overtraining and overreaching. Neuroendocrine responses / A. C. Fry, W. J. Kraemer // *Sports Med.* – 1997. – Vol. 23, iss. 2. – P. 106–129.
11. Costill, D. L. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance / D. L. Costill [et al.] // *Med Sci Sports Exerc.* – 1988. – Vol. 20, iss. 3. – P. 249–254.
12. Snyder, A. C. Overtraining following intensified training with normal muscle glycogen / A. C. Snyder, H. Kuipers, B. Cheng [et al.] // *Med Sci Sports Exerc.* – 1995. – Vol. 27, iss. 7. – P. 1063–1070.

13. Hooper, S. Mood states as an indication of staleness and recovery / S. Hooper, L. T. MacKinnon, S. Hanrahan // *Int J Sport Psychol.* - 1997. - Vol. 28. - P. 1-12.
14. Lehmann, M. Overtraining in endurance athletes: a brief review / M. Lehmann, C. Foster, J. Keul // *Med Sci Sports Exerc.* - 1993. - Vol. 25, iss. 7. - P. 854-862.
15. Morgan, W. P. Psychological monitoring of overtraining and staleness / W. P. Morgan, D. R. Brown, J. S. Raglin [et al.] // *Br J Sports Med.* - 1987. - Vol. 21. - P. 107-114.
16. Budgett, R. Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome / R. Budgett // *Br J Sports Med.* - 1998. - Vol. 32. - P.107-110.
17. Budgett, R. The effects of the 5-HT_{2C} agonist m-chlorophenylpiperazine on elite athletes with unexplained underperformance syndrome (overtraining) / R. Budgett, N. Hiscock, R. Arida [et al] // *Br J Sports Med.* - 2010. - Vol. 44. - P. 280-283.
18. Petibois, C. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a review / C. Petibois [et al.] // *Sports Med.* - 2002. - Vol. 32, iss. 13. - P. 867-878.
19. Kreider, R. B. Central fatigue hypothesis and overtraining / In: R. B. Kreider ACF, M. L. O'Toole, editors // *Overtraining in sport.* Champaign, IL: Human Kinetics. - 1998. - P. 309-334.
20. Halson, S. L. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research / S. L. Halson, A. E. Jeukendrup // *Sports Med.* - 2004. - Vol. 34, iss. 14. - P. 967-981.
21. Hiscock, N. Exercise-induced immunosuppression: plasma glutamine is not the link / N. Hiscock, B. K. Pedersen // *J Appl Physiol.* - 2002. - Vol. 93. - P. 813-822.
22. Walsh, N. P. Glutamine, exercise and immune function / N. P. Walsh, A. K. Blannin, P. J. Robson, M. Gleeson // *Sports Med.* - 1998. - Vol. 28, iss. 3. - P. 177-191.
23. Mackinnon, L. T. Plasma glutamine and upper respiratory tract infection during intensified training in swimmers / L. T. Mackinnon, S. L. Hooper // *Med Sci Sports Exerc.* - 1996. - Vol. 28, iss. 3. - P. 285-290.
24. Newsholme, E. A. A biochemical mechanism to explain some characteristics of overtraining / E. A. Newsholme [et al.] // *Advances in nutrition and sport:* F. Brouns. - 1991. - P. 79-83.
25. Tiidus, P. M. Radical species in inflammation and overtraining / P. M. Tiidus // *Can J Physiol Pharmacol.* - 1998. - Vol. 76. - P. 533-538.
26. Tanskanen, M. Altered oxidative stress in overtrained athletes / M. Tanskanen, M. Atalay, A. Uusitalo // *J Sports Sci.* - 2010. - Vol. 28, iss. 3. - P. 309-317.
27. Hohl, R. Development and characterization of an overtraining animal model / R. Hohl, R. L. Ferrareso, R. B. DeOliveira [et al.] // *Med Sci Sports Exerc.* - 2009. - Vol. 41, iss. 5. - P. 1155-1163.
28. Margonis, K. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: implications for diagnosis / K. Margonis, I. G. Fatouros, A. Z. Jamurtas [et al.] // *Free Radic Biol Med.* - 2007. - Vol. 43, iss. 6. - P. 901-910.
29. Robson, P. J. Elucidating the unexplained underperformance syndrome in endurance athletes: the interleukin-6 hypothesis / P. J. Robson // *Sports Med.* - 2003. - Vol. 33. - P. 771-781.
30. Kentta, G. Overtraining and recovery: a conceptual model / G. Kentta, P. Hassmen // *Sports Med.* - 1998. - Vol. 26, iss. 1. - P. 1-16.

31. Gouarne, C. Overnight urinary cortisol and cortisone add new insights into adaptation to training / C. Gouarne, C. Groussard, A. Gratas-Delamarche [et al] // *Med Sci Sports Exerc.* – 2005. – Vol. 37. – P. 1157–1167.
32. Fry, R. W. Psychological and immunological correlates of acute overtraining / R. W. Fry, J. R. Grove, A. R. Morton [et al] // *Br J Sports Med.* – 1994. – Vol. 28, iss. 4. – P. 241–246.
33. Urhausen, A. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? / A. Urhausen, W. Kindermann // *Sports Med.* – 2002. – Vol. 32. P. 95–102.
34. Pichot, V. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners / V. Pichot, F. Roche, F. E. Gaspoz // *Med Sci Sports Exerc.* – 2000. – Vol. 32. – P. 1729– 1736.
35. Hynynen, A. Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes / A. Hynynen, A. Uusitalo, N. Kontinen [et al] // *Med Sci Sports Exerc.* – 2006. – Vol. 38, iss. 2. – P. 313–317.
36. Angeli, A. The overtraining syndrome in athletes: a stress-related disorder / A. Angeli, M. Minetto, A. Dovio [et al] // *J Endocrinol Invest.* – 2004. – Vol. 27. – P. 603–612.
37. Виру, А. А. Глюкокортикоидная регуляция белкового обмена в состоянии стресса / А. А. Виру, Р. В. Ялак, Э. В. Варрик // *Метаболическая регуляция физиологического состояния: сб. науч. тр.* – Пущино, 1984. – С. 45–46.
38. Purge, P. Hormonal and psychological adaptation in elite male rowers during prolonged training / P. Purge, J. Jürimäe, T. Jürimäe // *Journal of Sports Sciences.* – 2006. – Vol. 24, N 10. – P. 1075–1082.
39. Brancaccio, P. Persistent HyperCKemia in Athletes / P. Brancaccio, N. Maffulli, L. Politano, G. Lippi, F. M. Limongelli // *Muscles Ligaments Tendons J.* – 2011. – №1(1). – P. 31–35.
40. Urhausen, A. Blood hormones as markers of training stress and overtraining / A. Urhausen, H. Gabriel, W. Kindermann // *Sports Med.* – 1995. – Vol. 20, iss. 4. – P. 251–276.
41. Eicher, E. R. Overtraining: Consequences and prevention / E. R. Eicher // *Journal of Sport Sciences.* – 1994. – № 13. – S. 41–S43.
42. Foster, C. Overtraining syndrome / C. Foster, M. Lehman // *In: Running injuries.* (ed.). – Philadelphia, 1997. – P. 173–188.

29.04.2020

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПУБЛИКАЦИЯМ В МЕЖДУНАРОДНОМ НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ «ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА»

Международный научно-теоретический журнал «Прикладная спортивная наука» включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по трем отраслям наук:

- педагогические (теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры; техническое обеспечение физической культуры и спорта);

- биологические (восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия);

- медицинские (восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия).

(Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28 ноября 2016 г. № 301.)

Материалы в журнал представляются по следующим направлениям:

· Психолого-педагогические вопросы подготовки спортсменов и аспекты спортивной тренировки.

· Медико-биологические аспекты спортивной тренировки.

· Спортивная медицина: профилактика патологий, сохранение здоровья спортсменов.

Редакционная коллегия принимает статьи, написанные на высоком научно-теоретическом и методическом уровне, соответствующие современному состоянию рассматриваемой проблемы.

Статьи оформляются в соответствии с требованиями, изложенными в Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от **28.02.2014 № 3** и Межгосударственным стандартом «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам» **ГОСТ 2.105-95**.

Для публикации необходимо направить:

- текст статьи в печатном оригинале (**2 экземпляра**) и электронную версию публикации. Второй экземпляр подписывается автором(ами), число которых не должно быть более **5 человек**;

- официальное направление от учреждения, в котором выполнена работа, содержащее сведения о возможности опубликования данных материалов ввиду отсутствия в них секретных сведений, не подлежащих разглашению;

- заявка на публикацию, в которой указаны фамилия, имя, отчество автора(ов), полное название организации, адрес, телефон, название научного направления журнала, к которому относится статья.

Научная статья должна включать следующие элементы:

- индекс УДК;

- название статьи (на русском и английском языках);

- фамилию и инициалы автора (авторов);

- аннотацию (на русском и английском языках);

- введение;

- основную часть, содержащую цель, методы, организацию, результаты исследований и их обсуждение;

- заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

- список использованных источников;

- дату поступления статьи в редакцию.

Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

Текст научной статьи должен размещаться на листах формата А4 (210×297 мм), набранным в редакторе **Word**, шрифт **Times New Roman**, **12** пунктов через **1** интервал с абзацным отступом **1,25** см с полями следующего размера: левое, правое, верхнее, нижнее – по **25** мм.

Объем научной статьи должен составлять не менее **0,35** авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другие), что соответствует 4–6 страницам машинописного текста, напечатанного через 1 интервал между строками (но не более 10 страниц).

В объем научной статьи не включается элемент «Список использованных источников».

Принятые сокращения расшифровываются непосредственно в тексте статьи. Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т. е., и т. д., и т. п.).

Размерность всех физических величин должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

Название статьи печатается прописными буквами жирным шрифтом посередине первой строки без переноса. Ниже, через одну строку, по центру – инициалы и фамилия автора(ов), ученая степень и звание, полное название организации. Далее с абзаца через строку следует аннотация и затем основной текст статьи.

Аннотация (до 10 строк) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи. Аннотация включает характеристику основной темы, цели работы и ее результаты. В аннотации указывают, что нового несет в себе статья в сравнении с другими, родственными по тематике и целевому назначению.

Структура основного текста статьи. Такие элементы статьи, как «Введение», «Цель исследования», «Методы и организация исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Заключение» должны быть выделены курсивом и начинаться с нового абзаца.

В разделе «**Введение**» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы и, если необходимо, указана ее связь с важными научными и практическими направлениями. Во введении следует избегать специфических понятий и терминов. Содержание введения должно быть понятным также и неспециалистам в соответствующей области.

Анализ источников, использованных при подготовке научной статьи, должен свидетельствовать о знании автором (авторами) статьи научных достижений в соответствующей области. В этой связи обязательными являются ссылки на работы других авторов. При этом должны присутствовать ссылки на публикации последних лет, включая зарубежные публикации в данной области.

Основная часть статьи должна содержать цель работы, описание методик, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

Таблицы (не более 3) применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей и располагают после первого упоминания в тексте. Все таблицы должны иметь название и порядковый номер.

Примечание в таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы. На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте. Текст таблицы печатается шрифтом **Times New Roman, 10** пунктов.

Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Иллюстрации – рисунки, графики, диаграммы, фотографии (не более 3) располагают после первого упоминания в тексте. Все иллюстрации должны иметь наименование и, при необходимости, пояснительные данные (подрисуночный текст), располагаемые по центру страницы. Пояснительные данные помещают под иллюстрацией, а со следующей строки – слово – «Рисунок», номер и наименование иллюстрации, отделяя знаком тире номер от наименования.

Графики и диаграммы представляются как рисунки и выполняются в графическом редакторе, совместимом с **Microsoft Word**. Качество иллюстраций должно обеспечивать возможность их четкого копирования. Для названия осей координат и указания их размерности используют шрифт **Times New Roman, 10** пунктов.

Формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы арабскими цифрами. Номера пишут в круглых скобках у правого поля листа на уровне формулы (уравнения).

При оформлении формул (уравнений) в качестве символов применяются обозначения, установленные техническими нормативными правовыми актами.

В ссылках слова «таблица», «рисунок», «формула» приводятся полностью (без сокращения).

В разделе «**Заключение**» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения. При необходимости должны быть также указаны границы применимости полученных результатов.

Список использованных источников следует располагать в конце статьи в порядке появления ссылок в тексте либо в алфавитном порядке фамилий первых авторов и (или) заглавий, нумеровать арабскими цифрами (автоматически) и печатать с абзацного отступа. Порядковые номера ссылок должны быть написаны внутри квадратных скобок.

Анализ источников, использованных при подготовке научной статьи, должен свидетельствовать о знании автором (авторами) статьи научных достижений в соответствующей области. Обязательными являются ссылки на работы других авторов, включая зарубежные публикации в данной области (при их наличии).

Список использованных источников должен быть составлен в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления». Заглавие библиографического списка «*Список использованных источников*» выделяется курсивом с выравниванием по центру и располагается через один пробел от основного текста статьи. Рекомендуемое число литературных ссылок не менее 8.

При формировании списка использованных источников в алфавитном порядке он представляется в виде трех частей. В первой части – библиографические источники, в которых для написания используется кириллица, во второй части – латиница, в третьей – иная графика (например: иероглифы, арабское письмо). Если для описания используется иная графика, то после необходимых библиографических данных на языке оригинала в скобках приводится их перевод на русский язык.

Список использованных источников в объем статьи не включается.

Автор несет личную ответственность за:

- наличие в статье плагиата, не выявленного при проверке, сведений, содержащих недостоверную информацию и (или) сведений, которые могут стать объектом общественного резонанса;
- наличие неправомερных заимствований;
- направление в редакцию ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями.

В одном выпуске журнала может быть опубликовано не более двух статей одного и того же автора, включая статьи, написанные в соавторстве.

Научные статьи аспирантов последнего года обучения (включая статьи, подготовленные ими в соавторстве) при условии их полного соответствия требованиям, предъявляемым к научным публикациям журнала, будут публиковаться вне очереди.

Все представляемые научные материалы подвергаются обязательному рецензированию и проверяются с помощью сервиса **antiplagiat.ru**. Доля авторского текста должна составлять не менее 70 %.

Публикация статей бесплатная.

Материалы, не удовлетворяющие вышеуказанным требованиям и тематике, не рассматриваются.

Материалы представляются по адресу:

220062, г. Минск, ул. Нарочанская, 8, каб. 504.

e-mail: post@medsport.by

тел. (+375 17) 308 10 11, факс (+375 17) 308 00 01.