

# **ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА**

Международный  
научно-теоретический журнал

№ 2 (14)

Минск  
2021

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-  
ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТА»

№2 (14)

2021 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](http://www.medsport.by)  
e-mail: [post@medsport.by](mailto:post@medsport.by)

**Главный редактор**

*Малёваная И. А.,  
канд. мед. наук; Беларусь*

**Заместитель главного редактора**

*Михеев А. А.,  
д-р пед. наук, д-р биол. наук, доцент; Беларусь*

**Члены редколлегии:**

Ответственный за выпуск И. А. Малёваная  
Компьютерная верстка В. А. Роговская  
Корректор А. М. Зиновик

Подписано в печать 03.01.2022.  
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная № 1.  
Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 9,75.  
Тираж 100 экз. Заказ 98

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.

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

*Нарскин Г. И., д-р пед. наук, проф.; Беларусь  
Мельнов С. Б., д-р биол. наук, проф.; Беларусь  
Моссэ И. Б., д-р биол. наук, проф.; Беларусь  
Милашюс К., д-р биол. наук, проф.; Литва  
Иванова Н. В., канд. биол. наук; доц.; Беларусь  
Ачкасов Е. Е., д-р мед. наук, проф.; Россия  
Гаврилова Е. А., д-р мед. наук, проф.; Россия  
Губкин С. В., д-р мед. наук, проф.; Беларусь  
Касымова Г. П., д-р мед. наук, проф.; Казахстан  
Кручинский Н. Г., д-р мед. наук, доц.; Беларусь  
Лапин А. Ю., д-р мед. 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*

**ISSN 2415-329X**

© Государственное учреждение  
«Республиканский научно-практический центр  
спорта», 2021

# СОДЕРЖАНИЕ

## ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ И АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

**Булышко Е.С.**

ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ  
С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ СИТУАТИВНОЙ  
ТРЕВОГИ..... 4

**Кажарнович М.А., Михеев А.А.**

ДИНАМИКА СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ  
И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ  
ЖЕНЩИН 50-55 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ  
ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫМ ФИТНЕСОМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНЫХ  
ОТЯГОЩЕНИЙ И ЭЛАСТИЧНЫХ  
АМОРТИЗАТОРОВ..... 10

**Костючик И.Ю., Кручинский Н.Г.**

ОЦЕНКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ДВИЖЕНИЯМИ  
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ  
СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ  
В ПЛАВАНИИ..... 15

**Кучерова А.В., Кучерова А.А.**

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО  
ПРИМЕНЕНИЯ ПРИЕМОВ САМОРЕГУЛЯЦИИ  
И КООРДИНАЦИОННЫХ УПРАЖНЕНИЙ  
В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ  
ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НАЧАЛЬНОЙ  
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ..... 21

**Парамонова Н.А., Борщ М.К., Гусейнов Д.И.**

ВЛИЯНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ  
ОККЛЮЗИОННЫХ КАПП РАЗЛИЧНОГО ТИПА  
НА ФУНКЦИЮ РАВНОВЕСИЯ  
СПОРТСМЕНОВ..... 27

**Тихонова Е.А., Селезнев С.К.,**

**Чигилейчик Я.В.**  
ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТА СТРЕЛБЫ  
ИЗ ПОЛОЖЕНИЯ СТОЯ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ  
ОЦТ СИСТЕМЫ «СТРЕЛОК-ОРУЖИЕ»..... 33

**Хроменкова Е.В., Тычина Е.Г.**

ВЗАИМОСВЯЗЬ  
ТЕНЗОДИНАМОМЕТРИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИЛОВЫХ И СКОРОСТНЫХ  
СПОСОБНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ ИГРОВЫХ  
ВИДОВ СПОРТА..... 38

**Чегерова Т.И., Нехай Е.В., Кручинский Н.Г.**

МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ  
КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ:  
Сообщение 1. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ  
ОЦЕНОК..... 43

**Шестаков И.Г.**

ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УВЕЛИЧЕНИЯ  
ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНИМАЮЩИХСЯ  
ГАНДБОЛОМ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ  
УЧЕБНО-СПОРТИВНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ..... 51

## МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

**Иванова Н.В., Малёваная И.А.,  
Барановская Е.А., Ковкова А.В.,  
Цехмистро А.Н.**

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИТАМИНА D  
У СПОРТСМЕНОВ ИГРОВЫХ ВИДОВ  
СПОРТА..... 59

**Кундас А.А., Кухтинская Л.В.,  
Смирнов С.Ю.**

АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ  
СПЕЦИФИЧЕСКИХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ  
МАРКЕРОВ У СПОРТСМЕНОВ БЕЛАРУСИ  
С УЧЕТОМ ПОЛА И КВАЛИФИКАЦИИ..... 65

**Румянцева В.Д., Рыбина И.Л.**

ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ  
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ  
СПОРТСМЕНОВ В БИАТЛОНЕ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕННОСТИ  
ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК..... 76

## СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА: ПРОФИЛАКТИКА ПАТОЛОГИЙ, СОХРАНЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ СПОРТСМЕНОВ

**Ясюкевич А.С., Загородный Г.М.,**

**Потапнев М.П., Гулевич Н.П., Асаевич В.М.**  
ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРИМЕНЕНИЯ АУТОЛОГИЧНОЙ ПЛАЗМЫ,  
ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ, В ЛЕЧЕНИИ  
ТРАВМ МЫШЕЧНО-СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА  
У СПОРТСМЕНОВ..... 82

## НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

**Иванчикова Н.Н., Шераш Н.В.**

ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО СТАТУСА  
СПОРТСМЕНОВ (обзор литературы)..... 91

**Малёваная И.А., Мороз И.Н.**

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ  
В РАЗНЫХ СТРАНАХ (обзор литературы)..... 97

**Самушия К.А., Загородный Г.М.,**

**Петрова О.В., Попова Г.В.**  
ПРОБЛЕМЫ МОБИЛЬНОГО ПЛОСКОСТОПИЯ  
В СПОРТЕ (обзор литературы)..... 106

# **ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ И АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ**

---

---

УДК 159.9.072.422

## **ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ СИТУАТИВНОЙ ТРЕВОГИ**

**Е. С. Булышко,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»

### *Аннотация*

*В статье рассматриваются особенности психофизиологического состояния спортсменов-подростков с различным уровнем ситуативной тревоги. Здоровье юного атлета напрямую зависит от адаптивных свойств организма, и влияние факторов среды на подростка происходит при активном участии психики. Воздействие на организм атлета длительных и интенсивных раздражителей вызывает перенапряжение приспособительных механизмов, приводящих к возникновению травм и заболеваний. Исследование особенностей психофизиологического состояния спортсменов в возрасте 12–18 лет с различным уровнем ситуативной тревоги позволяет оценить степень влияния субъективного переживания тревоги на деятельность нервной системы, отвечающей за эффективность двигательного навыка. Поэтому в психологической подготовке важно отслеживать изменения психофизиологического состояния юного атлета для своевременной психологической коррекции.*

## **PECULIARITIES OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF YOUNG ATHLETES WITH DIFFERENT LEVELS OF SITUATIONAL ANXIETY**

### *Abstract*

*The article considers the peculiarities of psychophysiological state of adolescent athletes with different levels of situational anxiety. Young athlete's health depends directly on the adaptive capacity of the organism, and the influence of environmental factors on an adolescent takes place with the active involvement of the psyche. Exposure of an athlete's body to extended and intense stressors causes overexertion of adaptive mechanisms, leading to injuries and diseases. The study of the peculiarities of psychophysiological state of athletes between 12–18 years old with different levels of situational anxiety allows to estimate the degree to which subjective experience of anxiety affects activity of the nervous system responsible for the effectiveness of the motor skill. Therefore, in psychological training it is important to monitor changes in psychophysiological state of a young athlete for timely psychological correction.*

### *Введение*

Достижение высоких спортивных результатов при недопущении истощения резервов организма и сохранение психического здоровья остается главной целью спортивной деятельности. Психологическая подготовка спортсмена представляет собой процесс, направленный на создание у атлета состояния психофизиологической готовности к соревновательной деятельности. Основными компонентами психологической подготовленности спортсмена являются свойства личности (темперамент, черты характера, мотивация и др.), психические процессы и функции (когнитивные сфера, эмоционально-волевая и др.) и психические состояния (устомление, напряженность, тревога, стресс и др.) [1]. Вопрос о роли психологической подготовки среди детей школьного возраста, занимающихся спортивной деятельностью, является актуальным, так, к примеру, по данным исследователя В. J. Cratty (1978) в подростковом и юношеском (10–20 лет) возрасте отмечается пик

переживания состояния тревоги [2]. На сегодняшний день существуют различные методы и методики оценки уровня психологического контроля состояния спортсмена. Наиболее объективными и информативными считаются психофизиологические методы, которые позволяют за достаточно короткое время оценить степень влияния переживаний спортсмена на нервную систему. Своевременное выявление переживания тревоги позволит повысить качество тренировочной и соревновательной деятельности.

Придерживаясь теории С. D. Spielberger, принято разделять тревожность как свойство личности – «личностная тревожность», и тревогу как состояние на момент переживания – «ситуативная тревога» [3]. Дети с наиболее высоким уровнем личностной тревожности наиболее подвержены переживанию ситуативной тревоги в различных ситуациях. Учитывая особенности подросткового периода, важно понимать и тот факт, что тревога способна к нарастанию в связи с физиологическими и гормональными изменениями, происходящими с детьми в возрасте 12–16 лет.

Понимание тревоги с позиции системного подхода П. К. Анохина [4] позволяет исследовать ее во взаимосвязи с индивидуальными особенностями высшей нервной деятельности. Рассматривая состояния индивида как совокупность происходящих в его организме процессов, физиологи говорят о функциональных или физиологических процессах, психологи – о психических. Но, рассматривая функционирование человеческого организма, следует понимать, что в физиологическое состояние взаимосвязано с психическим. Так, функционирование человеческого организма в целом или какой-то его отдельной системы, например, моторной, – состояние физиологическое, а реакция человека в определенной ситуации в виде, например, тревоги или страха – состояние психическое [5].

Различные исследователи, говоря о состоянии человека, опираются на такие термины как «функциональное состояние» (Данилова Н. Н.), «эмоциональное состояние» (Рубинштейн С. Л.), «психическое состояние» (Левитов Н. Д.), «психофизиологическое состояние» (Ильин Е. П.), «состояние психической напряженности» (Немчин Т. А.) [6–10]. Сложность в терминологическом единстве заключается в том, что все эти авторы опираются на разные уровни функционирования человека: с чисто физиологической точки зрения, чисто психологической и смешанной, соединяющих и физиологию, и психологию.

Несмотря на отсутствие единого общепринятого понимания психофизиологического состояния спортсмена, в исследованиях (M. Bertollo, S. Fronso, E. Filho, S. Conforto, M. Schmid, L. Bortoli, S. Comani, C. Robazza) последних лет чаще используется именно данный термин [11]. Ряд авторов (L. Shaw, V. Wilson, S. Nihon, J. Taylor) подчеркивают актуальность диагностики психофизиологических состояний не только в контексте общей угрозы срыва деятельности, но и с целью выявления оптимального уровня состояния для каждого конкретного вида спорта [12, 13]. Анализируя все вышесказанное, становится очевидно, что несмотря на разнообразие существующих в литературе определений, все же наиболее актуальным и обоснованным будет использование определения психофизиологического состояния как совокупности или симптомокомплекса различных характеристик, процессов, свойств и качеств, обуславливающих уровень активности систем и эффективности деятельности, так как физиологические и психические процессы, происходящие в организме спортсмена, всегда взаимосвязаны, независимо от того, какая система подвергается нагрузке. В то же время сопоставление содержания вышеупомянутых понятий с понятием психофизиологического состояния в контексте спортивной деятельности приводит к пониманию последнего как наиболее полной интегральной характеристики спортсмена, обеспечивающей высокий результат и формирующейся организмом атлета ради достижения конкретного спортивного результата.

Как указывает Е. П. Ильин, в действительности психические состояния неразрывно связаны с физиологическими структурами, поэтому он предлагает считать «психические состояния психофизиологическими» [9, С. 11]. Таким образом, автор выделяет особый вид состояния человека и определяет его как «целостную системную реакцию (на уровне организма и часто – личности) на внешние и внутренние

воздействия, направленную на сохранение целостности организма и обеспечение его жизнедеятельности в конкретных условиях обитания» [9, С. 18].

В свою очередь понятие психофизиологического состояния имеет тесную содержательную связь как с понятием «функциональное состояние», так и с понятием «психическое состояние». По мнению В. П. Загрядского [14], совокупность характеристик физиологических функций и психофизиологических качеств, обеспечивающих эффективность выполнения действий, и есть не что иное, как функциональное состояние. Очевидно, что любое психическое состояние человека связано с его физиологическими структурами: либо оно сопровождается физиологическими процессами, либо способствует возникновению определенных физиологических процессов [15].

Исходя из вышесказанного очевидно, что состояния характеризуются функционированием человека на трех уровнях: физиологическом (вегетативная и соматическая нервная система), психофизиологическом (центральная нервная система, психические процессы) и поведенческом (поведение и деятельность). Следовательно, любое психическое состояние влияет на физиологические и психофизиологические показатели функционирования человеческого организма и отражается на поведении или деятельности [16].

В спортивной практике оценка работы центральной нервной системы позволяет отслеживать психофизиологическое состояние спортсменов независимо от пола и возраста, что значительно облегчает решение задач, связанных как с общей, так и со специальной психологической подготовкой. К настоящему времени тревогу чаще всего рассматривали с позиции чисто психологического подхода (Микляева А. В., Румянцева П. В. и другие) [17]. Однако исследований, изучающих влияние тревоги на состояние нервной системы, встречается мало. В связи с этим изучение особенностей влияния тревоги на психофизиологическое состояние юных спортсменов остается актуальным.

*Цель исследования* – изучить особенности психофизиологического состояния юных спортсменов с различным уровнем ситуативной тревоги.

#### *Организация и методы исследования*

Исследование проводилось в городе Минске на базе лаборатории психологии спорта государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр спорта». В исследовании приняли участие 70 представителей детско-юношеских школ и спортивных клубов различных видов спорта (плавание, легкая атлетика, гребля академическая, художественная гимнастика, прыжки в воду, футбол, баскетбол, гандбол, теннис, тхэквондо) в возрасте 12–18 лет, среди которых 37 юношей и 33 девушки.

Для сбора данных использовались следующие психофизиологические методики, реализованные в аппаратно-программном комплексе «НС-ПсихоТест» (РФ, «Нейрософт»): «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР), «Реакция различения», «Реакция на движущийся объект» (РДО) [18] и психодиагностический опросник «Интегративный тест тревожности» (А. П. Бизюк, Л. И. Вассерман, Б. В. Иовлев) [19]. Психофизиологические методики представляют собой особый класс методик в психологии, позволяющий исследовать особенности нервной системы и ее проявления в деятельности индивида. Простая зрительно-моторная реакция представляет собой элементарный вид реакции индивида на зрительный стимул. Данная методика позволяет диагностировать скорость протекания нервных процессов (среднее значение времени ПЗМР), а также исследовать текущее состояние центральной нервной системы, ее устойчивость и возможности (критерии Лоскутовой: «функциональный уровень системы» (ФУС), «устойчивость реакции» (УР), «уровень функциональных возможностей» (УФВ)). Результаты по методике ПЗМР дают возможность анализировать свойства и текущее функциональное состояние ЦНС [18].

Методики «Реакция различения» и «Реакция на движущийся объект» являются разновидностями сложной зрительно-моторной реакцией, ключевой момент которых всегда связан с выбором. Сложные реакции в отличие от простых обычно протекают медленнее, так как существенное влияние оказывают особенности эмоционального состояния испытуемого [20]. Использование методики «Реакция различения» позволяет

оценить подвижность нервных процессов (показатели «время сложной зрительно-моторной реакции», «количество ложных реакций», «количество преждевременных реакций» «количество пропусков»), то есть скорость смены процессов торможения и возбуждения, а методика «Реакция на движущийся объект» («Среднее значение времени РДО», «количество отрицательных реакций», «количество положительных реакций», «количество опережающих реакций», «количество запаздывающих реакций» и «количество точных реакций») позволяет измерить уравновешенность нервных процессов, то есть степень сбалансированности процессов возбуждения и торможения [18].

Психодиагностический опросник «Интегративный тест тревожности» исследует уровень ситуативной тревоги и ее компонентов по 5 субшкалам: «эмоциональный дискомфорт» (связан со сниженным эмоциональным фоном или неудовлетворенностью жизненной ситуацией, эмоциональной напряженностью, элементами взволнованности); «астенический компонент» (указывает на доминирование в переживании тревоги астенических эмоций, которые способны угнетать и подавлять жизненные процессы в организме вследствие усталости); «фобический компонент» (отражает переживание непонятной угрозы и неуверенности в себе); «тревожная оценка перспективы» (связана с проекцией страхов о будущем, обеспокоенности будущим на фоне повышенной сензитивности); «социальные реакции защиты» (переживания, связанные в сфере социальных контактов или попытками испытуемого рассматривать социум как источник нервно-психического напряжения) [19].

#### *Результаты исследования и обсуждения*

Выборка испытуемых была разделена на 3 группы в зависимости от уровня ситуативной тревоги – группа с низким уровнем ситуативной тревоги, группа со средним уровнем и группа с высоким уровнем. Ниже в таблицах приведены результаты однофакторного дисперсионного анализа (таблица 1) и корреляционного исследования (таблица 2).

Таблица 1 – Результаты однофакторного дисперсионного анализа

Показатель	Сумма квадратов	Средний квадрат	F (число степеней свободы)	Уровень значимости
Среднее значение времени ПЗМР, мс	18306,457	704,094	1,814	0,041
ФУС, у.е.	6,184	0,238	0,789	0,737
УР, у.е.	8,238	0,317	0,825	0,695
УФВ, у.е.	9,065	0,349	0,792	0,734
Среднее значение времени СЗМР, мс	38764,991	1490,961	0,973	0,520
Количество пропущенных реакций при выполнении СЗМР	12,985	0,499	0,812	0,711
Количество преждевременных реакций при выполнении СЗМР	18,135	0,697	3,089	0,001
Количество ложных реакций при выполнении СЗМР	74,485	2,865	1,271	0,238
Общее количество ошибок при выполнении СЗМР, у.е.	206,435	7,940	1,938	0,027
Количество точных реакций (РДО)	651,810	25,070	1,184	0,305
Количество опережающих реакций (РДО)	428,300	16,473	1,550	0,099
Количество запаздывающих реакций (РДО)	331,330	12,743	0,740	0,791
Количество отрицательных реакций (РДО)	500,021	19,232	1,458	0,134
Количество положительных реакций (РДО)	991,518	38,135	1,830	0,039

Однофакторный дисперсионный анализ показал значимые различия в психофизиологическом состоянии по показателям «время ПЗМР», «общее количество ошибок (СЗМР)» и «количество преждевременных нажатий», то есть высокий уровень ситуативной тревоги будет значительно снижать работоспособность нервной системы юных спортсменов, что будет приводить к увеличению числа ошибок в их деятельности.

Таблица 2 – Результаты корреляционного анализа показателей по методике «реакция на движущийся объект» и опросника «Интегративный тест тревожности»

Показатель	Компоненты ситуативной тревоги, у.е.				
	Уровень ситуативной тревоги	Эмоциональный дискомфорт	Астенический компонент	Фобический компонент	Оценка перспективы
Среднее значение времени РДО, мс	r=0,3 p=0,042	r=0,3 p=0,009	r=0,3 p=0,014	–	r=0,3 p=0,006
Количество положительных реакций, у.е.	r=0,4 p=0	r=0,5 p=0	r = 0,4 p=0,002	r=0,3 p=0,005	r=0,5 p=0
Количество опережающих реакций, у.е.	r= -0,3 p=0,019	–	r=-0,3 p=0,026	r=-0,3 p=0,03	r=-0,3 p=0,008
Количество отрицательных реакций, у.е.	r=-0,3 p=0,005	r=-0,4 p=0,001	r=-0,3 p=0,009	r=-0,3 p=0,027	r=-0,4 p=0,003

Корреляционное исследование позволило нам выявить взаимосвязь между показателями ситуативной тревоги и психофизиологическими показателями. В ходе корреляционного анализа была выявлена положительная умеренная связь между уровнем ситуативной тревоги и ее компонентов с показателями «время РДО» и «количеством положительных реакций», то есть при повышении уровня тревоги будет повышаться время РДО и число положительных реакций, что говорит о преобладании процессов торможения. Отрицательная умеренная связь была выявлена между уровнем ситуативной тревоги и ее компонентов и показателями «количество отрицательных реакций» и «количество опережающих реакций». Это указывает на тот факт, что при повышении уровня ситуативной тревоги у испытуемых данной выборки будет снижаться число отрицательных и опережающих реакций, отвечающих за процессы возбуждения.

Проанализировав полученные результаты, нами был сделан вывод о том, что чем выше уровень переживания ситуативной тревоги, тем выше вероятность того, что в психофизиологическом состоянии ЦНС спортсменов в возрасте 12–18 лет будут преобладать процессы торможения, что является неблагоприятным фактором, особенно в период их соревновательной деятельности. Так как процессы торможения будут вызывать «пассивно-оборонительный рефлекс» [18], который проявляется в осторожности, нерешительности, в нежелании начинать деятельность или принимать участие в ситуации, не изучив предварительно все подробности предстоящей деятельности или ситуации.

#### *Заключение*

Современный спорт высших достижений предполагает стремительный рост рекордов. Для того чтобы достигать высоких спортивных результатов, необходимы многолетние напряженные тренировки, что может приводить к повышению уровня тревоги. Поэтому становится важным вопрос сохранения психического здоровья детей и подростков. Подготовка спортивного резерва должна носить комплексный и многогранный характер. Своевременное выявление и коррекция психофизиологического состояния и уровня тревоги позволит осуществлять процесс спортивной подготовки более планомерно, сохраняя психическое здоровье ребенка.

Исследование особенностей психофизиологического состояния спортсменов в возрасте 12–18 лет с различным уровнем ситуативной тревоги позволило оценить степень влияния субъективного переживания тревоги на деятельность нервной системы, которая в свою очередь отвечает за действие двигательного навыка.

Несвоевременная коррекция уровня тревоги у подростков, занимающихся в спортивных детско-юношеских школах и клубах, способна угнетать деятельность

центральной нервной системы, что в дальнейшем будет сказываться как на профессиональной ориентации личности, так и на психическом здоровье в целом.

*Список использованных источников*

1. Психологическая подготовка спортсменов: учеб.-метод. пособие / А. М. Ахатов, И. В. Работин. – Набережные Челны: КамГАФКСиТ, 2008. – 56 с.
2. Cratty, V. J. Psychology in Contemporary Sport: Guide-lines for Coaches and Athletes / V. J. Cratty. – USA, Prentice-Hall, 1973. – 304 p.
3. Spielberger, C. Anxiety in sports / C. Spielberger, D. Hackfort. – UK: Taylor & Francis, 1990. – 350 p.
4. Анохин, П. К. Принципы системной организации функций / П. К. Анохин. – М.: Наука, 1973. – С. 5–61.
5. Психология состояний: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности ВПО 030301 «Психология» / А. О. Прохоров [и др.]; под ред. А. О. Прохорова. – М.: Когито-Центр, 2011. – 623 с.
6. Данилова, Н. Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний: Учеб. пособие для биол., психол. и мед. спец. вузов / Н. Н. Данилова. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 191 с.
7. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер, 2020. – 1650 с.
8. Левитов, Н. Д. О психических состояниях человека / Н. Д. Левитов. – М.: Просвещение, 1964. – 344 с.
9. Ильин, Е. П. Психофизиология состояний человека / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2005. – 412 с.
10. Немчин, Т. А. Состояния нервно-психического напряжения / Т. А. Немчин. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. – 166 с.
11. Proficient brain for optimal performance: the MAP model perspective / M. Bertollo [et al.] // Peer J / – 2016. – № 4. – P. 3–29.
12. Getting off the Bench: EEG and HRV Differences Between Starters and Nonstarters / L. Shaw [et al.] // Biofeedback. – 2012. – Vol. 40, № 1. – P. 34–38.
13. Taylor, J. Assessment in Applied Sport Psychology / J. Taylor // USA: Human Kinetics. – 2017. – 328 p.
14. Zagryadskiy, V. O fiziologicheskikh rezervah organizma / V. Zagryadskiy, Z. Sulimo-Samuylo // Military Medical Journal. – 1988. – Vol. 1. – P. 51–53.
15. Stress in elite sport performers: A comparative study of competitive and organizational stressors / S. Hanton [et al.] // J sports sci. – 2005. – Vol. 23, № 10. – P. 1129–1141.
16. Дружилов, С. А. Психология профессионализма: Инженерно-психологический подход / С. А. Дружилов. – Харьков: Гуманитарный центр, 2011. – 296 с.
17. Микляева, А. В. Школьная тревожность: диагностика, профилактика, коррекция / А. В. Микляева, П. В. Румянцева. – СПб.: Речь, 2004. – 248 с.
18. Мантрова, И. Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике / И. Н. Мантрова. – Иваново: Нейрософт, 2007. – 216 с.
19. Применение интегративного теста тревожности / А. П. Бизюк [и др.]. – СПб.: Психоневрологический институт им. В. М. Бехтерева, 2005. – 23 с.
20. Сидоров, П. И. Введение в клиническую психологию: учеб. для студентов мед. вузов / П. И. Сидоров, А. В. Парняков: в 2 т. – Екатеринбург: Деловая книга, 2000. – Т. 1. – 416 с.

23.09.2021

**ДИНАМИКА СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ  
ЖЕНЩИН 50–55 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫМ ФИТНЕСОМ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВОБОДНЫХ ОТЯГОЩЕНИЙ  
И ЭЛАСТИЧНЫХ АМОРТИЗАТОРОВ**

**М. А. Кажарнович,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»;

**А. А. Михеев, д-р пед. наук, д-р биол. наук, доцент,**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

*Аннотация*

*Результаты, полученные в данном исследовании, открывают новые возможности совершенствования тренировочного процесса женщин 50–55 лет, занимающихся оздоровительным фитнесом. Выявлено, что для увеличения силовых способностей с равной эффективностью можно использовать как свободные отягощения, так и эластичные амортизаторы. Рекомендовано чередовать эти виды отягощений с целью преодоления эффекта «плато», использовать эластичные амортизаторы во время самостоятельных занятий в домашних условиях при невозможности посещения тренажерного зала. Выполнение упражнений с разными видами отягощений в рамках одной тренировки, а также в серии занятий позволяет вносить разнообразие в тренировочный процесс, улучшать эмоциональный фон занятий за счет преодоления монотонии.*

**DYNAMICS OF STRENGTH ABILITY AND FUNCTIONAL STATE OF WOMEN  
IN THE 50-55 AGE GROUP ENGAGED IN HEALTH RELATED FITNESS  
WITH THE USE OF FREE WEIGHTS AND ELASTIC BAND SHOCK ABSORBERS**

*Abstract*

*The results obtained in this study reveal new opportunities for improving the training process of women in the 50–55 age group engaged in health related fitness. It has been found that both free weights and elastic band shock absorbers can be used with equal effectiveness to increase strength capacity. It is recommended to vary these types of weights in order to overcome the «plateau» effect, to use elastic band shock absorbers during independent training at home if it is not possible to go to the gym. The performance of exercises with different types of weights in a single training session, as well as in a series of sessions, provides variety in the training process and improves the emotional atmosphere during the session due to the elimination of monotony.*

*Введение*

В настоящее время для тренировки женщин второго периода зрелого возраста в оздоровительном фитнесе чаще всего используются танцевальные упражнения и упражнения на растягивание. Они, несомненно, являются эффективными средствами оптимизации функций сердечно-сосудистой системы, развития выносливости и гибкости, однако не в полной мере соответствуют требованиям, предъявляемым к физической подготовке женщин второго периода зрелого возраста. Это связано с тем, что у женщин данного возрастного контингента не только уменьшается уровень функциональных резервов сердечно-сосудистой и дыхательной систем, но и ухудшаются силовые показатели, постепенно уменьшается объем мышечной массы, происходит rareфикация костной ткани [1, 2]. Возрастное снижение силовых способностей связано с наступлением климактерического периода, который и является триггером инволюционных процессов в системах организма [3, 4]. Установлено, что эффективным средством борьбы с данными негативными проявлениями у женщин второго периода зрелого возраста являются нагрузки силового

характера, которые реализуются при использовании различного вида отягощений [5–9]. Анализ научно-методической литературы свидетельствует о недостаточной разработке темы сравнительной эффективности различных средств развития силовых способностей представительниц данного возраста, в частности свободных отягощений и эластичных амортизаторов [10].

В настоящей работе сравнивается эффективность двух популярных в оздоровительном фитнесе видов внешних сопротивлений, применяемых при развитии силовых способностей: свободные отягощения и эластичные амортизаторы [11].

*Цель исследования* – оценить эффективность повторной тренировки с эластичными амортизаторами и свободными отягощениями для развития силовых способностей женщин 50–55 лет. Предполагалось, что учет полученных данных позволит оптимизировать тренировочный процесс женщин, занимающихся оздоровительным фитнесом, и повысить его результативность [12–14].

*Методы и организация исследования*

Для решения поставленных задач был проведен педагогический эксперимент, в котором приняли участие 24 женщины в возрасте 50–55 лет, разделенные на 2 равнозначные группы: испытуемые первой экспериментальной группы (ЭГ-1) занимались развитием силовых способностей с применением свободных отягощений, а испытуемые второй экспериментальной группы (ЭГ-2) с использованием эластичных амортизаторов. Испытуемые обеих групп ранее не имели опыта тренировки с отягощениями и занимались в течение 2 предшествующих эксперименту лет танцевальной аэробикой.

В рамках педагогического эксперимента тренировки силовой направленности с использованием свободных отягощений и эластичных амортизаторов проводились на протяжении 3 месяцев по 3 раза в неделю: в понедельник, среду и пятницу, их продолжительность составляла 90 минут. Дни тренировок чередовались с днями отдыха. В качестве метода развития силовых способностей в обеих группах был избран метод повторных усилий. Комплексы упражнений, предложенные для реализации программы увеличения силы в обеих группах, были разработаны специально для проработки мышц, задействованных в тестовых заданиях: грудные мышцы, трехглавые мышцы плеча и мышцы живота. Для развития силы грудных мышц испытуемых ЭГ-1 были выбраны следующие традиционные для бодибилдинга упражнения: жим гантелей двумя руками от груди лежа на скамье и сведение рук перед грудью лежа на скамье (рисунок 1).



Рисунок 1 – Упражнения с гантелями для увеличения силовых способностей больших грудных мышц

Упражнения с амортизаторами, которые выполняли испытуемые ЭГ-2, структурно повторяли упражнения с гантелями (рисунок 2). Для трехглавых мышц плеча были выбраны: в положении стоя разгибания рук в локтевых суставах при полном сгибании в плечевых суставах.



Рисунок 2 – Упражнения с эластичными амортизаторами для увеличения силовых способностей больших грудных мышц

Для тренировки прямой мышцы живота были выбраны: скручивания лежа на спине с набивным мячом, сгибание и разгибание ног лежа на спине с набивным мячом, поднятие туловища со сгибанием и разгибанием ног с набивным мячом, скручивания в стороны с поочередным сгибанием и разгибанием бедра лежа на спине с отягощением (ЭГ-1) и скручивания лежа на спине с тягой экспандера вперед, тяга экспандера ногами лежа, скручивания туловища, стоя на коленях с тягой экспандера, попеременная тяга экспандера ногами лежа (ЭГ-2). Данные упражнения выполнялись в обеих группах с учетом специфики используемых отягощений. В недельном микроцикле мышцы груди и трицепсы прорабатывались поочередно 1 и 2 раза в неделю, мышцы живота прорабатывались на каждом занятии. Также вне экспериментальной программы, для реализации принципа гармоничного физического развития на каждом занятии выполнялись упражнения для мышц ног и спины. Для корректного дозирования нагрузки осуществлялся постоянный контроль ЧСС. В первые 2 недели тренировочных занятий предпочтение отдавалось нагрузке, выполняемой с интенсивностью 50 % от ЧССмакс. В последующем нагрузка постепенно увеличивалась до 75 % от ЧССмакс. В ЭГ-1, испытуемые которой занимались со свободными отягощениями, величина отягощения (интенсивность) задавалась в % повторного максимума (ПМ). В ЭГ-2 величина отягощения задавалась путем выбора одного из трех жгутов, имеющих разную степень жесткости, а также изменением расстояния между точкой крепления экспандера и местом расположения

испытуемого. Упражнения выполнялись в 4 подхода. Количество повторений в упражнениях регламентировалось следующим образом: испытуемым предписывалось выполнять последние 3–5 повторений на фоне наступающего утомления. Интервал отдыха между подходами составлял 1,5–2 минуты, между упражнениями – 3 минуты.

Для фиксации силовых показателей были выбраны тесты «сгибание и разгибание рук в упоре лежа» и «поднимание туловища из положения лежа на спине».

Для оценки состояния дыхательной системы проводилась проба Штанге. Полученные значения сравнивались со средними табличными значениями пробы Штанге для женщин.

Ортостатическая проба применялась для контроля адаптации организма испытуемых к нагрузкам.

Проба Руфье использовалась для оценки работоспособности сердца при физической нагрузке. Индекс Руфье вычислялся по общепризнанной формуле.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Результаты тестирования исходных показателей силовых способностей и функционального состояния испытуемых указали на наличие внутригрупповой вариативности данных, связанных как с индивидуальными, так и с возрастными особенностями.

Среднегрупповые данные, зафиксированные в тесте «сгибание и разгибание рук в упоре лежа», свидетельствовали об уровне силовых способностей «выше среднего» (в соответствии с нормативом ГТО). Результаты теста «поднимание туловища из положения лежа на спине» демонстрировали «средний уровень» проявления силовых способностей (в соответствии с нормативом ГФОК). Показатели состояния функциональных систем, участвующих в обеспечении мышечной деятельности, находились в диапазоне нормальных значений и соответствовали отметке «удовлетворительно» в пробе Штанге и в простой ортостатической пробе. Среднегрупповые значения индекса Руфье соответствовали средней отметке (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели уровня развития силовых способностей и функционального состояния организма женщин 50–55 лет, занимающихся с применением внешних отягощений ( $X \pm \sigma$ ) до начала эксперимента (n=24)

Тест	ЭГ-1	ЭГ-2	P
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа, раз	7,5±2,4	7,0±2,8	≥0,05
Поднимание туловища из положения лежа на спине за 60 с, раз	17,5±2,4	18,3±3,6	≥0,05
Проба Штанге, с	39,3±3,3	39,8±2,1	≥0,05
Простая ортостатическая проба, уд/мин	17,8±3,4	17,7±3,7	≥0,05
Проба Руфье, индекс	8,2±1,6	7,8±1,8	≥0,05

Полученные результаты свидетельствовали о том, что аэробная подготовка, которая предшествовала силовым занятиям, позволила приступить испытуемым к развитию силовых способностей в состоянии оптимальной готовности. Кроме того, анализ эмпирических данных показал, что межгрупповые различия как по уровню силовых способностей, так и по функциональному состоянию недостоверны ( $p > 0,05$ ). Полученные данные позволили сделать вывод о большой однородности исследуемых групп.

Повторное тестирование было проведено через 3 месяца (после завершения экспериментальной тренировочной программы). Полученные результаты свидетельствовали о достоверном улучшении параметров силовых способностей и функционального состояния испытуемых.

Предлагаемые методики развития силовых способностей позволили испытуемым ЭГ-1, занимавшимся с применением свободных отягощений, достоверно ( $p \leq 0,05$ ) улучшить показатели силовой выносливости в тесте «сгибание и разгибание рук в упоре лежа» с 7,5±2,4 раз до 14,7±2,5 раз. В ЭГ-2, участники которой использовали в качестве отягощения эластичные амортизаторы, результат достоверно ( $p \leq 0,05$ ) улучшился с 7,0±2,8 раз до 13,3±3,2 раз. В тесте «поднимание туловища из положения лежа на спине за 60 с» результат испытуемых ЭГ-1 достоверно ( $p \leq 0,05$ ) улучшился с 17,5±2,4 раз

до  $27,2 \pm 1,9$  раз, а результат испытуемых ЭГ-2 достоверно ( $p \leq 0,05$ ) улучшился с  $18,3 \pm 3,6$  раз до  $28,3 \pm 2,6$  раз (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели уровня развития силовых способностей и функционального состояния организма женщин 50–55 лет ( $n=24$ ), занимающихся с применением внешних отягощений ( $X \pm \sigma$ ) после окончания эксперимента

Тесты	ЭГ-1	ЭГ-2	P
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа, раз	$14,7 \pm 2,5$	$13,3 \pm 3,2$	$\geq 0,05$
Поднимание туловища из положения лежа на спине за 60 с, раз	$27,2 \pm 1,9$	$28,3 \pm 2,6$	$\geq 0,05$
Проба Штанге, с	$44,6 \pm 3,6$	$46,0 \pm 2,4$	$\geq 0,05$
Простая ортостатическая проба, уд/мин	$14,5 \pm 2,8$	$14,9 \pm 2,3$	$\geq 0,05$
Проба Руфье, индекс	$6,1 \pm 1,07$	$6,0 \pm 1,3$	$\geq 0,05$

Показатели функционального состояния дыхательной системы, оцениваемые по данным пробы Штанге, у занимающихся ЭГ-1 достоверно ( $p \leq 0,05$ ) улучшились с  $39,3 \pm 3,3$  с до  $44,6 \pm 3,6$  с, а у занимающихся в ЭГ-2 с  $39,8 \pm 2,1$  с до  $46,0 \pm 2,4$  с ( $p \leq 0,05$ ). Показатели функционального состояния вегетативной нервной системы в простой ортостатической пробе у испытуемых ЭГ-1 достоверно ( $p \leq 0,05$ ) улучшились с  $17,8 \pm 3,4$  уд/мин до  $14,5 \pm 2,8$  уд/мин, а у испытуемых ЭГ-2 с  $17,7 \pm 3,7$  уд/мин до  $14,9 \pm 2,3$  уд/мин ( $p \leq 0,05$ ). Была выявлена положительная динамика функционального состояния ССС по данным пробы Руфье. У испытуемых ЭГ-1 показатель индекса достоверно ( $p \leq 0,05$ ) улучшился с  $8,2 \pm 1,6$  до  $6,1 \pm 1,07$ , а у испытуемых ЭГ-2 с  $7,8 \pm 1,8$  до  $6,0 \pm 1,3$  ( $p \leq 0,05$ ).

#### *Заключение*

Методики развития силовых способностей с использованием свободных отягощений и эластичных амортизаторов, с одинаковой эффективностью способствуют повышению уровня развития силы мышц и функционального состояния женщин 50–55 лет. Существенных различий, которые позволили бы выделить одну из методик как более эффективную, выявлено не было.

Результаты, полученные в данном исследовании, открывают новые возможности совершенствования тренировочного процесса женщин 50–55 лет, занимающихся оздоровительным фитнесом. Для увеличения силовых способностей с равной эффективностью можно применять свободные отягощения и эластичные амортизаторы. Рекомендуется чередовать эти виды отягощений с целью преодоления эффекта «плато», использовать эластичные амортизаторы во время самостоятельных занятий в домашних условиях при невозможности посещения тренажерного зала, вносить разнообразие в тренировочный процесс, выполняя упражнения с разными видами отягощений в рамках одного занятия или тренировочной серии, для улучшения эмоционального фона занятий и предотвращения негативных состояний, вызванных монотонией.

Представленный подход может быть рекомендован в качестве эффективного направления организации физкультурно-оздоровительной деятельности с женщинами второго периода зрелого возраста.

#### *Список использованных источников*

1. Лихачев, О. Е. Мотивы занятий оздоровительной физической культурой женщин 35–45 лет / О. Е. Лихачев, И. М. Лавриненко // Ученые записки. – 2008. – № 11(45). – С. 56–59.
2. Прилепская, В. Н. Патогенетические аспекты ожирения и нарушения репродуктивной функции женщины / В. Н. Прилепская, Е. В. Цаллагова // Акушерство и гинекология. – 2006. – № 5. – 56 с.
3. Кулаков, В. И. Менопаузальный синдром (клиника, диагностика, профилактика и ЗГТ) / В. И. Кулаков. – М.: Медицина, 1996. – 64 с.
4. Пономарева, И. А. Физиология физической культуры и спорта: учебное пособие / И. А. Пономарева; Южный федеральный университет. – Ростов н/Д; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. – 212 с.

5. Aagaard, P. Increased rate of force development and neuronal drive of human skeletal muscle following resistance training / P. Aagaard [et al.] // *ApplPhysiol.* – 2002. – № 93. – P. 1318–1326.
6. Baker, K. The efficacy of home based progressive strength training in older adults with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial / K. Baker [et al.] // *The Journal of Rheumatology.* – 2001. – № 28. – P. 1655–1665.
7. Nalini, M. Exercise beyond menopause: Dos and Don'ts / M. Nalini.– PubMed. – 2011. – №2. – P. 1–6.
8. Menkes, A. Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men / A. Menkes [et al.] // *J Appl Physiol.* – 1993. – № 74. – P. 2478–2484.
9. Bonaiuti, D. Effects of exercise programme on quality of life in osteoporotic and osteopenic postmenopausal women: a systemic review and meta-analysis / D. Bonaiuti [et al.] // *Cochrane Database Syst. Rev.* – 2002. – № 2. – P. 10–32.
10. Арефьев, В. Г. Современные фитнес-технологии повышения уровня физического состояния женщин первого зрелого возраста / В. Г. Арефьев // *Физическое воспитание студентов творческих специальностей.* – 2005. – № 1. – С. 73–78.
11. Khavinson, V. Health and aging in Russia / V. Khavinson // *Global health and global aging.* – 2007. – P. 226–237.
12. De Oliveira, P. Effects of elastic resistance exercise on muscle strength and functional performance in healthy adults: a systematic review and meta-analysis / P. De Oliveira [et al.] // *J Phys Act Health.* – 2017. – № 14. – P. 317–327.
13. Lopes, S. Effects of training with elastic resistance versus conventional resistance on muscular strength: A systematic review and meta-analysis / S. Lopes [et al.] // *SAGE Open Medicine.* – 2019. – № 7. – P. 10–11.
14. Sundstrup, E. Evaluation of elastic bands for lower extremity resistance training in adults with and without musculo-skeletal pain / E. Sundstrup [et al.] // *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* – 2004. – № 10. – P. 353–359.

25.10.2021

УДК 796.012.412.7

**ОЦЕНКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯМИ  
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ,  
СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В ПЛАВАНИИ**

**И. Ю. Костючик,**  
**Н. Г. Кручинский, д-р мед. наук, доцент,**  
Учреждение образования «Полесский государственный университет»

*Аннотация*

*Представленная статья содержит информацию об уровнях развития двигательного потенциала спортсменок, специализирующихся в плавании и имеющих различную квалификацию. В ней сделана попытка оценки системы управления движениями: функциональная подготовленность, координационные способности и кинестетическая чувствительность. В ходе обследования были использованы стабиллографические измерения 147 спортсменок, специализирующихся в плавании, различного уровня спортивного мастерства с обработкой и анализом полученных результатов методами математической статистики.*

**ASSESSMENT OF THE MOVEMENT MANAGEMENT SYSTEM  
OF HIGHLY SKILLED FEMALE ATHLETES WHO SPECIALISE IN SWIMMING**

*Abstract*

*This article provides information on the levels of motor development of female swimmers with different qualifications. There is an attempt to assess the movement control*

*system: functional ability, coordination ability and kinesthetic sensitivity. Stabilographic measurements of 147 female swimmers of different skill levels were used during the survey in order to process and analyse the results using the methods of mathematical statistics.*

### *Введение*

Уровень спортивного мастерства атлета определяется по качественным характеристикам уровня его функциональной подготовленности, который служит биологической основой тренировочного процесса.

В середине XIX века немецкий врач Ромберг показал, что межмышечная координация при вертикальном положении тела является показателем функционального статуса организма человека [8].

Развитие физических качеств представляет собой процесс взаимодействия различных систем организма: вестибулярной, мышечной, сенсомоторной, проприоцептивной и др. По мнению Н. Д. Граевской, потеря тренированности это, прежде всего, нарушение установившегося регулирования, что может проявляться в дискоординации функций и изменении показателей функциональной подготовленности [2, 5].

В теории управления движениями человека первоначальная задача состоит из определения внутренней структуры и правильной организации взаимодействия различных частей этой многокомпонентной системы. Следовательно, возможность исследования системы управления движениями спортсмена позволяет выделить, во-первых, как отдельные важные параметры, так и закономерности взаимосвязи свойств двигательных способностей и, во-вторых, кинестетическую чувствительность и мышечную синергию, а также развитие мышц – стабилизаторов тела человека [7].

В ранее проведенных исследованиях подтверждается возможность оценки функционального состояния человека с использованием различных стабилеографических показателей. Как правило, для оценки функционального состояния спортсмена в исследованиях используется интегральный показатель качества функции равновесия (КФР) [6], который характеризует распределение векторов скорости движения центра давления человека на опорную поверхность стабилеографической платформы и является наименее вариабельным по сравнению с другими стабилеографическими показателями, например, площадью статокинезиграмм (S), длиной (L), скоростью перемещения центра давления (V) и др.

Профессиональная спортивная деятельность требует не только развития физических качеств (силы, выносливости, скорости, гибкости), но предполагает повышенные требования к центральной нервной системе человека, особенно хорошего взаимодействия вестибулярной и проприоцептивной систем.

С учетом вышеизложенного целью исследования явилась оценка возможности стабилометрии как метода анализа системы управления движениями спортсменов, специализирующихся в плавании.

### *Методы и организация исследования*

В период с 2017 по 2019 годы было выполнено комплексное обследование спортсменов, занимающихся плаванием, находящихся в рамках учебно-тренировочных сборов на базе спортивного комплекса Полесского государственного университета. В обследовании принимали участие 29 мастеров спорта, 58 кандидатов в мастера спорта и 60 девушек, имеющих 1-й взрослый разряд. Всего было обследовано 147 спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в плавании.

Уровень развития двигательных возможностей для пловцов различной квалификации количественно определялся в тестах, производимых на стабилеографической платформе с биологической обратной связью «Стабилан-01». С этой целью выполнялся усложненный тест Ромберга: проба с открытыми глазами, где испытуемый считал круги белого цвета на мониторе компьютера, и проба с закрытыми глазами, в которой велся подсчет звуковых сигналов. Основная цель теста заключалась в оценке реакции человека на ограничение потока внешней информации при закрытии глаз. Заключительным тестом обследования являлся тест с эвольвентой, являющийся методикой оценки качества следящего движения.

Постуральные характеристики спортсменов оценивались по следующим показателям статокинезиограммы: L, S и V [7].

Оценки уровня развития системы управления движениями спортсменов, специализирующихся в плавании, где достижения связаны с проявлениями специальных двигательных навыков (чувство воды, чувство ритма, ориентация тела в пространстве и его баланс), использовались величины коэффициента функционального равновесия, который демонстрирует потенциал сенсомоторной функции организма. Этот интегральный показатель выявляет точность работы механизма афферентных импульсов, которые поступают от рецепторов мышц и сухожилий. Усложненный тест Ромберга дает возможность функциональной оценки работы нескольких сенсорных систем: проприоцептивной, зрительной, вестибулярного аппарата [7].

Тест с открытыми глазами позволяет нам оценить общий уровень развития координационных способностей, тогда как тест с закрытыми глазами – демонстрирует работу проприоцептивной сенсорной системы, без включения зрительного анализатора, что важно в соревновательной деятельности на различных уровнях спортивного мастерства.

Зрительная, вестибулярная и проприоцептивная афферентация выполняют контролирующую функцию, которая реализуется при изменениях тонуса мышц, отвечающих за позную устойчивость, что и обеспечивает поддержание вертикального положения тела.

Принимая во внимание значимость многосторонней оценки показателей функциональной подготовленности спортсменов в циклических видах спорта, исследование показателей статокинетической устойчивости как важнейшего аспекта их адаптации к физическим нагрузкам приобретает в настоящее время особую актуальность [3, 4].

С учетом вышеизложенного нами за основу были выбраны интегративные значения показателя КФР с открытыми и закрытыми глазами в тесте Ромберга, а также суммарная ошибка во фронтальной и сагиттальной площади в тесте с эвольвентой. Еще один, на наш взгляд, весьма важный критерий – это площадь эллипса в усложненном тесте Ромберга. Он характеризует рабочую площадь опоры человека без так называемых петель и случайных выбросов.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью пакета прикладных программ «Statistica 6.0» и основывалась на вычислении парного t-критерия Стьюдента зависимых совокупностей для каждого параметра в отдельности и корреляционных связей исследуемых параметров [1].

#### *Полученные результаты и их обсуждение*

На рисунке 1 показаны результаты динамики интегрального показателя КФР пловцов.

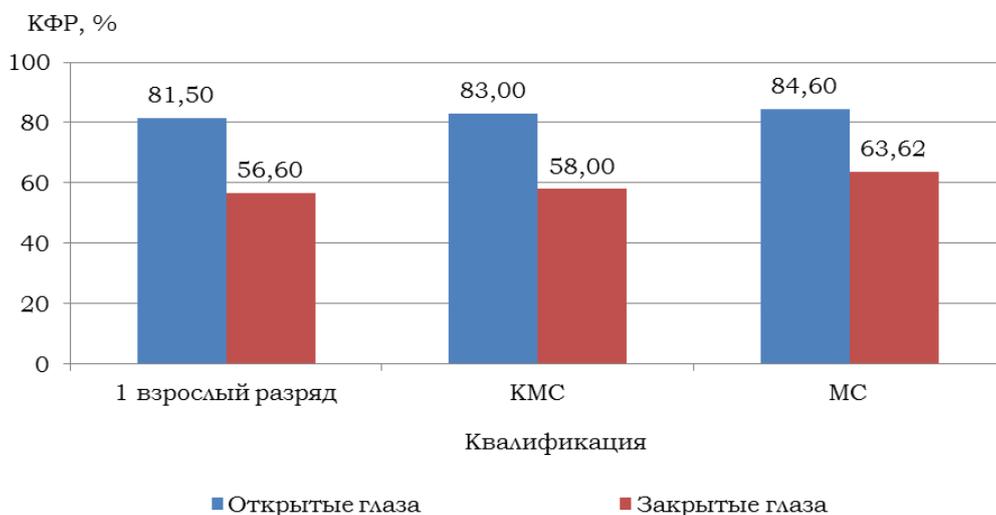


Рисунок 1 – Интегральные показатели качества функции равновесия у спортсменов, специализирующихся в плавании

Из представленного рисунка следует, что проводимая оценка достаточно показательна: по мере повышения квалификации параметры изменяются. Так, КФР спортсменов, имеющих 1-й взрослый разряд, равен  $81,50 \pm 2,10$  % с открытыми глазами и  $56,6 \pm 4,2$  % с закрытыми; кандидаты в мастера спорта соответственно  $83,00 \pm 1,90$  % и  $58,00 \pm 4,76$  % и мастера спорта имели значения КФР  $84,60 \pm 3,01$  % открытые глаза и  $63,60 \pm 3,98$  % – закрытые, соответственно.

На основе вышеприведенных результатов можно сделать следующее заключение: повышение спортивного мастерства отражает более высокие показатели развития координационных способностей. Сенсорные системы спортсменов, имеющих звание мастера спорта, гораздо эффективнее справляются с реализацией всех двигательных актов, включающих прохождение дистанции, выполнение стартов и поворотов. Процентное расхождение показателей между спортсменками различной квалификации составляет в тесте с открытыми глазами около 4,0 %, а с закрытыми, в условиях ограничения зрительного анализатора, более 12,0 %. Это дает более квалифицированным спортсменам несомненное преимущество при прохождении дистанции в плавательных дисциплинах. Так же можно утверждать и о техническом уровне выполнения двигательных действий (моторной памяти) высококвалифицированными спортсменками на более высоком уровне.

На рисунке 2 представлены результаты теста Ромберга по показателям площади эллипса спортсменками различной квалификации.

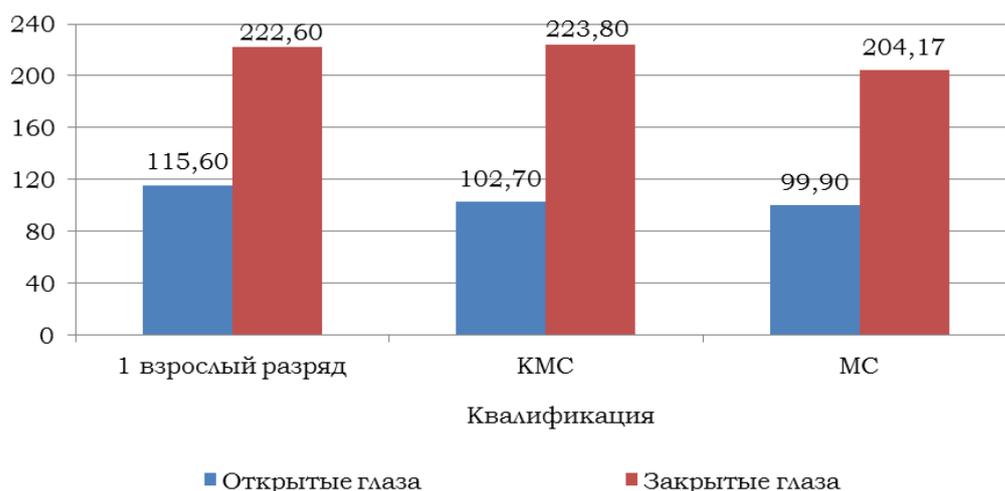


Рисунок 2 – Интегральные показатели усложненного теста Ромберга у спортсменок, специализирующихся в плавании

Показатели площади эллипса демонстрируют нам площадь опоры человека при поддержании ортоградной позы. Меньшая площадь эллипса показывает статокINETическую устойчивость, являющуюся базовой для функционального состояния спортсменок. Именно статокINETическая устойчивость имеет значительное влияние на спортивную подготовку. Мы видим, что достоверной разницы между спортсменками, проходящими тестирование в режиме ограничения зрительного анализатора, имеющими первый взрослый разряд и разряд кандидата в мастера спорта, не обнаруживается ( $p > 0,01$ ), а вот квалификация мастера спорта в процентном соотношении имеет отличие на 9,0 %.

Тест с открытыми глазами регистрирует следующие отличия: разница показателей спортсменок, имеющих 1-й взрослый разряд, и кандидатов в мастера спорта более 12 %, а кандидатов в мастера спорта и мастеров спорта всего менее 3,0 %. В данном случае подтверждается, что зрительный анализатор на этапах спортивного мастерства вносит значительный вклад при удержании позной устойчивости спортсменок более низкой квалификации. Эти результаты показывают роль работы афферентных импульсов проприоцептивной системы у более подготовленных спортсменок.

Первый анализируемый показатель – площадь эллипса (ПЭ) имел различия более 15,0 % ( $p < 0,01$ ) при проведении пробы с открытыми глазами. Площадь опоры спортсменок в усложненном тесте Ромберга составила: 1-й взрослый разряд –  $115,60 \pm 15,01$  мм<sup>2</sup>; КМС –  $102,70 \pm 13,65$  мм<sup>2</sup> и у МС –  $99,90 \pm 15,76$  мм<sup>2</sup> соответственно. Меньшие значения ПЭ отражают более высокий уровень устойчивости. При расчете данного показателя можно предположить, что координаты центра движения (ЦД) распределены по нормальному случайному закону.

При проведении пробы с закрытыми глазами наблюдалось увеличение ПЭ во всех группах наблюдения. При этом самый большой прирост наблюдался в группе, имеющей квалификацию кандидата в мастера спорта 117,0 % ( $p < 0,01$ ). В группе спортсменок, имеющих спортивную квалификацию мастера спорта, различия составили 106,0 % ( $p < 0,01$ ), наименьшая разница показателей в группе с первым взрослым разрядом составила 92,5 % ( $p < 0,01$ ). Вероятно, тренировочная нагрузка нивелирует способность спортсменок к сохранению баланса тела, что может отражать характер функциональной подготовленности и развитие координационных способностей спортсменок.

Высококвалифицированные спортсменки демонстрируют поддержание ортогонального положения в основной стойке, которая в меньшей степени зависит от зрительной системы и имеет приоритет вестибулярной и проприоцептивных систем. Спортсменки, имеющие 1-й взрослый разряд и квалификацию кандидата в мастера спорта, наоборот, при отсутствии зрительного контроля увеличивают площадь статокинезиограммы и среднеквадратического отклонения положения ОЦД, предполагая значимое влияние зрительной функции на удержание тела в заданной позе.

С целью оценки мышечных и нервных регуляций произвольных движений использовали тест с элементом следящих движений (тест с эвольвентой). На рисунке 3 показаны результаты выполнения теста с эвольвентой: суммарная ошибка слежения по направлению фронталь и сагитталь.

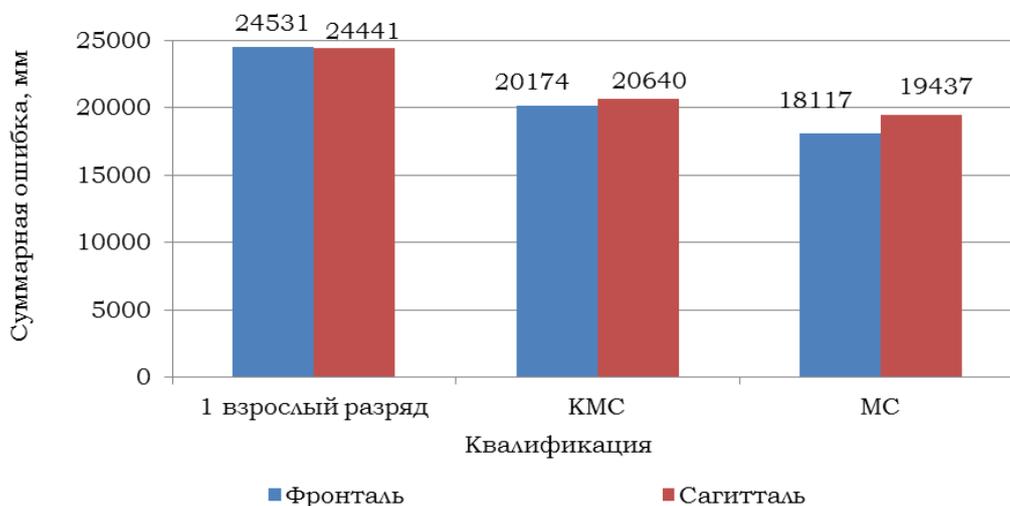


Рисунок 3 – Интегральные показатели теста с эвольвентой у спортсменок, специализирующихся в плавании

При выполнении данного теста наблюдается регуляция динамических и пространственно-временных параметров движения, которые являются одним из видов координационных способностей, и взаимодействуя с другими регуляторными системами человека, влияют на конечный результат соревновательной деятельности спортсменок. Высокий уровень сенсорно-перцептивных возможностей проявляется в развиваемых усилиях при выполнении двигательных актов.

Способность регуляции разнообразных параметров движений напрямую связана с двигательными ощущениями и восприятиями пловца, она дает возможность преодолевать отрезки с заданным темпом и широким диапазоном колебаний без

ошибок задавать определенную скорость плавания, варьируя темп движения и шаг гребка.

В дальнейших исследованиях мы выявили корреляционные связи проприоцептивной системы и спортивной квалификации спортсменов (таблица 1), что отражает взаимосвязь спортивной квалификации с количественными характеристиками системы управления движениями человека.

Таблица 1 – Корреляционные связи спортивной квалификации с количественными показателями оценки системы управления движениями

Исследуемый параметр	Значение коэффициента корреляции
Площадь эллипса (открытые глаза)	0,309
Площадь эллипса (закрытые глаза)	0,587
КФР (открытые глаза)	0,423*
КФР (закрытые глаза)	0,407*
Коэффициент Ромберга	0,265
Суммарная ошибка (фронталь)	0,496
Средний разброс (фронталь)	0,201
Суммарная ошибка (саггиталь)	0,501
Средний разброс (саггиталь)	0,230
<i>Примечание: * – достоверные различия параметров (<math>p &lt; 0,01</math>). По остальным параметрам статистическая значимость составляла <math>p &lt; 0,05</math>.</i>	

Сопоставление различных показателей количественной оценки системы управления движениями указало на достоверную связь между квалификацией и сенсорной проприоцептивной системой.

Наиболее сильные взаимосвязи выявлены с показателями площади эллипса с закрытыми глазами ( $r=0,587$ ), суммарной ошибкой (фронталь  $r=0,496$  и саггиталь  $r=0,501$  соответственно). Достоверные связи обнаружены между квалификацией пловцов и коэффициентом функционального развития в усложненном тесте Ромберга с открытыми ( $r=0,423$ ) и закрытыми глазами ( $r=0,407$ ). Не обнаружено существенных различий по результатам среднего разброса (фронталь, саггиталь) и коэффициентом Ромберга.

Проведенный корреляционный анализ показателей стабилметрического исследования выявил статистически достоверное различие по шести из девяти параметрам спортсменов различной квалификации.

#### *Заключение*

В результате нашего исследования можно сделать следующие предварительные выводы:

- уровень развития двигательной системы спортсменов, специализирующихся в плавании, должен рассматриваться в двух основных аспектах: как один из главных критериев индивидуальной готовности и как предиктор текущих спортивных достижений;

- высококвалифицированные спортсменки обладают большим уровнем кинестетической чувствительности и мышечной синергии. Их двигательная функция составляет основу всех локомоторных актов и согласованности биомеханических и физиологических показателей;

- спортсменки более низкой спортивной квалификации нуждаются в соответствующем тренировочном акценте, который направлен на совершенствование проприоцептивной сенсорной системы и развитие мышц кора;

- количественная оценка системы управления движениями дает возможность совершенствования координационных способностей, являющихся важнейшим фактором успешной соревновательной деятельности пловца;

- на этапе высшего спортивного мастерства высокая оценка системы управления движениями проявляется ростом мощности, функциональной устойчивости и экономизации плавательной деятельности.

#### Список использованных источников

1. Айвазян, С. А. Прикладная статистика: Основы моделирования, первичная обработка данных. Справочное издание / С. А. Айвазян [и др.]. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.
2. Граевская, Н. Д. Спортивная медицина: курс лекций и практические занятия: учебное пособие для вузов: доп. Гос. ком. РФ по физ. культуре и спорту / Н. Д. Граевская, Т. И. Долматов. – М.: Советский спорт, 2005. – 304 с.
3. Костючик, И. Ю. Показатели статокинетической устойчивости спортсменов с нарушениями слуха / И.Ю. Костючик // Сучасні проблеми фізичного виховання і спорту різних груп населення: матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених; Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Суми 17–18 травня 2018 р. – С. 108–111.
4. Костючик, И. Ю. Сравнительные характеристики активности постурального мышечного тонуса спортсменов, специализирующихся в плавании / И. Ю. Костючик // Восток–Россия–Запад. Физическая культура, спорт и здоровый образ жизни в XXI веке: материалы XXI Традиц. междунар. симп., Красноярск 16–17 нояб. 2018 г. – С. 503–506.
5. Мищенко, В. С. Функциональные возможности спортсменов / В. С. Мищенко. – Киев: Здоровья, 1990. – 200 с.
6. Способ оценки общего функционального состояния человека: пат. RU2165733C2: МПК А61В5/103, 5/00 / И. В. Кондратьев, Г. А. Переяслов, С. С. Слива, В. И. Усачев; дата публ.: 20.02.2001.
7. Шестаков, М. П. Использование стабилотрии в спорте: монография / М. П. Шестаков. – М.: ТВТ Дивизион, 2007. – 112 с.
8. Handbook of Clinical Neurology / R. Garcin [et al.]. – 1-st edn. – New York: John-Wiley & Sons, Inc., 1969. – Vol. 1. – P. 311–313.

25.10.2021

УДК 796.92

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИЕМОВ САМОРЕГУЛЯЦИИ И КООРДИНАЦИОННЫХ УПРАЖНЕНИЙ В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НАЧАЛЬНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ**

**А. В. Кучерова, канд. пед. наук, доцент,  
А. А. Кучерова, магистр пед. наук,**

Учреждение образования «Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова»

#### *Аннотация*

*В статье раскрываются вопросы специальной координационной подготовки лыжников-гонщиков групп начальной специализации, которая включает комплексы упражнений, направленные на развитие мышц-стабилизаторов с применением тренажера «BOSU». Акцентируется внимание на совместном использовании координационных упражнений и приемов саморегуляции психических состояний. Результаты исследования свидетельствуют о благоприятном влиянии на психомоторику лыжников-гонщиков начальной специализации совместного воздействия приемов саморегуляции и координационных упражнений.*

### **EFFICIENCY OF THE COMBINED APPLICATION OF SELF-REGULATION TECHNIQUES AND COORDINATION EXERCISES IN THE TRAINING PROCESS OF RACING SKIERS OF INITIAL SPECIALIZATION**

#### *Abstract*

*The article reveals the issues of special coordination training of racing skiers from initial specialization groups, which include sets of exercises aimed at the development of stabilizer muscles using the «BOSU» simulator. Attention is focused on the combined use of*

*coordination exercises and techniques of self-regulation of mental states. The results of the study indicate a beneficial effect on the psychomotor skills of racing skiers of the initial specialization due to the combined effect of self-regulation techniques and coordination exercises.*

#### *Введение*

Спортивный результат на современном этапе развития лыжных гонок определяется многими факторами, одним из которых является рациональная и высококоординированная техника спортсмена. Совершенствование техники лыжных ходов у лыжников-гонщиков происходит непрерывно, с начала ее освоения, становления и в дальнейшем на протяжении всей профессиональной карьеры спортсмена. Поэтому очень важно на этапе начальной подготовки у лыжника-гонщика заложить основу для индивидуальной биодинамической структуры движений. Особую значимость в этом процессе приобретает фактор физической подготовленности и особое целевое развитие координационных качеств лыжника-гонщика. Системная и поэтапная физическая подготовка на этапе начальной специализации позволяет в дальнейшем сформировать у лыжника-гонщика высококоординированные движения, рациональную, экономичную технику, которая позволит ему бороться за высокие места на международной арене.

Своевременное развитие физических качеств у лыжников-гонщиков, являющихся базовыми, к одним из них относится координация, которая позволяет повысить эффективность овладения целой структурой сложных двигательных действий. Целенаправленное и систематическое выполнение сложно-координационных упражнений позволяет на физиологическом уровне сформировать условно рефлекторные связи между определенными двигательными единицами, которые обеспечивают выполнение соревновательных упражнений. Выработка динамического стереотипа путем многократного повторения координационных упражнений обеспечит более надежное и стабильное выполнение соревновательных упражнений. В связи с этим координационная подготовка и ее направления позволяют на начальных этапах сформировать, а в дальнейшем реализовать индивидуальные высококоординированные навыки спортсмена.

Координационная подготовка включает большое количество компонентов, наиболее значимыми для лыжников-гонщиков является равновесие, или баланс. Этот компонент создает фундамент координационной подготовки лыжника-гонщика, так как обеспечивает устойчивое скольжение на одной ноге, а в целом создает техничное передвижение на лыжах или лыжероллерах как коньковым, так и классическим ходом [4]. Для этого на этапе начальной специализации необходимо внести в тренировочный процесс специальную координационную подготовку, направленную на развитие мышц-стабилизаторов, которые обеспечивают удержание баланса во время передвижения. «Мышцы-стабилизаторы – это группа мышц, позволяющих удерживать необходимую позу в момент совершения некоторого действия» [7]. Они находятся глубоко в теле человека, и во время обычных упражнений на координацию не включаются в работу.

Баланс, или равновесие можно тренировать при помощи выполнения специальных координационных упражнений. Большой популярностью среди спортсменов в сложнокоординационных видах спорта пользуются упражнения на тренажере «BOSU» для развития мышц-стабилизаторов лыжников-гонщиков. Однако белорусские лыжники-гонщики редко используют тренажер «BOSU» в целях развития мышц-стабилизаторов, в отличие от ведущих стран мира в лыжных гонках – Норвегии и России.

В координационной тренировке тренажер «BOSU» можно применять для развития баланса мышц: кора, таза, бедра и голени у лыжников-гонщиков при передвижении коньковым ходом.

Следует заметить, что низкий уровень тренированности мышц-стабилизаторов является одной из причин травматизма в лыжных гонках. Это обусловлено тем, что в лыжных гонках в настоящее время происходят видоизменения соревновательных программ, которые предусматривают передвижения на лыжах преимущественно на сложных участках рельефа трассы. Данные обстоятельства актуализируют данное

исследование, которое позволило более детально изучить проблему развития координационных способностей и обосновать содержание координационной подготовки лыжников-гонщиков на этапе начальной специализации.

*Цель исследования:* выявить эффективность совместного применения приемов саморегуляции и координационных упражнений в тренировочном процессе лыжников-гонщиков начальной специализации.

*Методы и организация исследования*

В исследовании принимали участие лыжники-гонщики группы начальной специализации ГСУСУ «Могилевская городская СДЮШОР № 4». С целью изучения координационной подготовленности лыжников-гонщиков и выявления взаимосвязи ее с особенностями психологической подготовки в начале эксперимента был проведен социальный опрос. Респондентам были предложены анкеты открытого и закрытого типа, вопросы были разбиты по блокам, позволяющим более подробно изучить проблемные аспекты тренировочного процесса, направленного на развитие координационных способностей, и установить роль психологической подготовленности юных спортсменов в этом процессе.

В связи с выявленными проблемными аспектами тренировочной деятельности по развитию координации была определена следующая задача нашего исследования. Суть задачи заключалась в выявлении уровня развития координационных способностей у юных спортсменов.

Для определения уровня развития координационных способностей были использованы тесты: «Тест Бондаревского», «Проба Яроцкого», «Проба Ромберга (поза пяточно-носочная)», «Проба Ромберга (поза аист)».

«Тест Бондаревского» – координационный тест, который позволяет исследовать состояние вестибулярного анализатора. «Проба Яроцкого» – это вращательная проба для оценки состояния вестибулярного анализатора. «Проба Ромберга» (усложненная) позволяет дать оценку статической координации спортсменов.

*Результаты исследования и их обсуждение*

Результаты анкетирования показали, что данная проблема действительно существует. В ответах на предложенные нами вопросы респонденты показали свою психологическую неуверенность в прохождении сложных рельефных участков трассы. Так же был установлен психологический дискомфорт из-за страха падения, получения травмы. Большинство респондентов также отметили зависимость техники выполнения соревновательных упражнений от психологической уверенности и координационной устойчивости. Основной причиной неуверенности в своих силах спортсмены считали недостаточный уровень психологической и координационной подготовленности.

По ряду проведенных нами тестов: «Тест Бондаревского», «Проба Яроцкого», «Проба Ромберга (поза пяточно-носочная)», «Проба Ромберга (поза аист)» были установлены низкие показатели статической координации, равновесия и вестибулярной устойчивости. Результаты проведенного тестирования показали, что у данного контингента занимающихся наблюдается низкий уровень развития координационных способностей (таблица 1).

Таблица 1 – Достоверность межгрупповых различий между показателями тестов статической координации, равновесия и вестибулярной устойчивости лыжников-гонщиков на этапе начальной специализации в начале эксперимента

Контрольные тесты	ЭГ (n=11)			КГ (n=11)		
	$\bar{X}$	Sx	$\sigma$	$\bar{X}$	Sx	$\sigma$
«Тест Бондаревского (открытые глаза)» (сек)	37,64	1,36	4,50	39,55	1,03	3,42
t – критерий Стьюдента	1,12 (p>0,05)					
«Тест Бондаревского (закрытые глаза)» (сек)	6,65	0,44	1,48	6,61	0,48	1,59
t – критерий Стьюдента	0,67 (p>0,05)					
«Проба Яроцкого» (сек)	31,35	1,72	5,70	29,69	2,09	6,92
t – критерий Стьюдента	0,61 (p>0,05)					
«Проба Ромберга (поза пяточно-носочная)» (сек)	14,82	1,19	3,93	15,12	0,76	2,51
t – критерий Стьюдента	0,21 (p>0,05)					
«Проба Ромберга (поза аист)» (сек)	14,24	1,09	3,61	14,76	1,20	3,98
t – критерий Стьюдента	0,32 (p>0,05)					

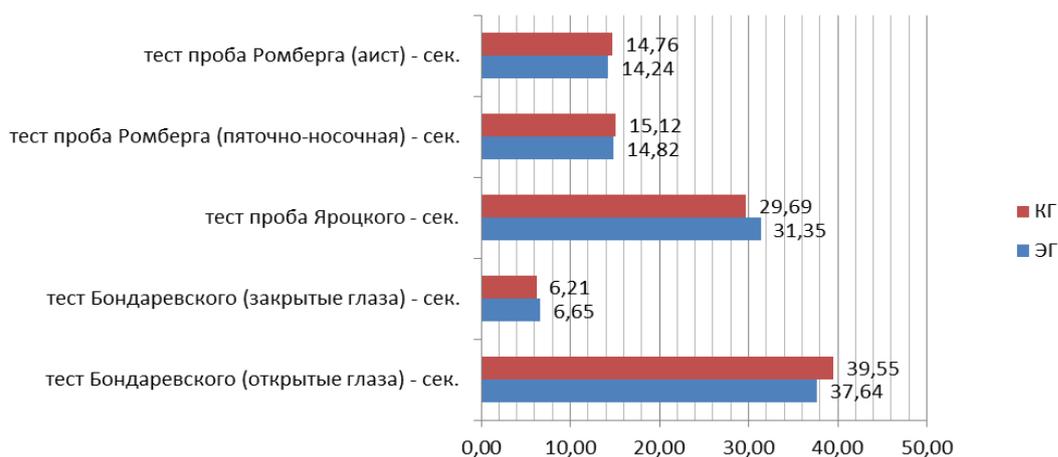


Рисунок 1 – Показатели тестов статической координации, равновесия и вестибулярной устойчивости лыжников-гонщиков на этапе начальной специализации в начале эксперимента

В связи с выявленными проблемными аспектами в координационной подготовке для спортсменов экспериментальной группы были разработаны комплексы упражнений на развитие мышц-стабилизаторов на тренажере «BOSU» (таблица 2). Данный тренажер был выбран нами потому, что он является универсальным и многофункциональным и используется во многих сложнокоординационных видах спорта. Разработанные нами комплексы упражнений были включены в тренировочные занятия в план недельного микроцикла и использовались спортсменами экспериментальной группы на протяжении всего подготовительного периода [1].

Таблица 2 – Достоверность межгрупповых различий между показателями тестов статической координации, равновесия и вестибулярной устойчивости лыжников-гонщиков на этапе начальной специализации на повторном тестировании

Контрольные тесты	ЭГ (n=11)			КГ (n=11)		
	$\bar{X}$	Sx	$\sigma$	$\bar{X}$	Sx	$\sigma$
«Тест Бондаревского (открытые глаза)» (сек)	38,70	1,39	4,59	36,01	2,39	7,92
t – критерий Стьюдента	0,98 (p>0,05)					
«Тест Бондаревского (закрытые глаза)» (сек)	8,13	0,88	2,93	7,44	0,72	2,40
t – критерий Стьюдента	0,60 (p>0,05)					
«Проба Яроцкого» (сек)	20,62	0,86	2,85	21,44	1,02	3,37
t – критерий Стьюдента	0,62 (p>0,05)					
«Проба Ромберга (поза пяточно-носочная)» (сек)	5,46	0,79	2,62	6,90	0,93	3,08
t – критерий Стьюдента	1,18 (p>0,05)					
«Проба Ромберга (поза аист)» (сек)	7,36	0,67	2,23	8,69	0,94	3,11
t – критерий Стьюдента	1,15 (p>0,05)					

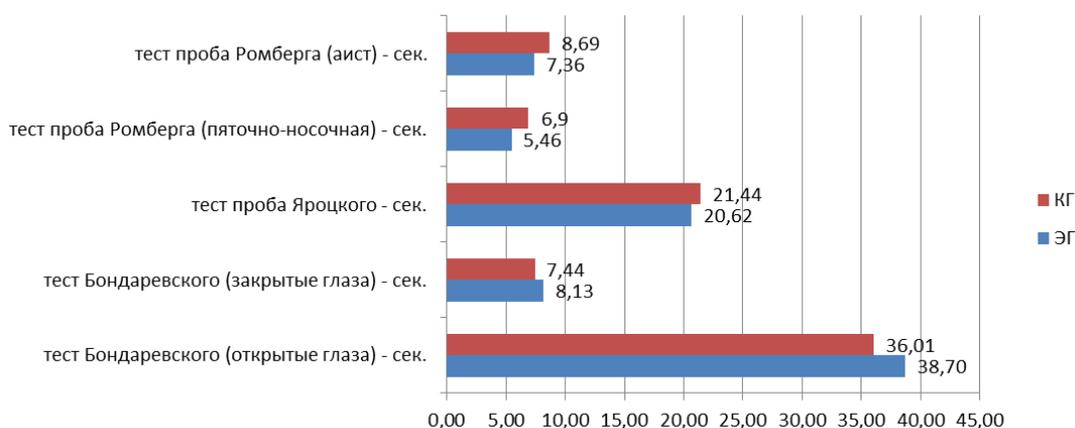


Рисунок 2 – Показатели тестов статической координации, равновесия и вестибулярной устойчивости лыжников-гонщиков на этапе начальной специализации на повторном тестировании

В конце подготовительного периода (ноябрь 2020 г.), было проведено повторное тестирование с указанным контингентом.

Тестирование проводилось во второй половине дня, так как в первой половине дня спортсмены данной группы проходят обучение в учреждениях образования (гимназиях, средних школах). После обработки результатов мы заметили, что результаты оказались значительно хуже, чем на первом тестировании. Данное обстоятельство послужило основанием для изучения проблемы психологического напряжения спортсменов в конце микроцикла. Более того, следует обратить внимание, что спортсмены – это учащиеся-подростки, у которых помимо тренировочного процесса существует учебный процесс, и также возникают проблемы, характерные для подросткового возраста.

Проанализировав литературные источники в области психофизиологии и возрастную периодизацию, предложенную Д. Б. Элькониним, мы сделали вывод, что в нервной системе подростков процессы возбуждения преобладают над торможением. Подростки становятся эмоциональными и недостаточно уравновешенными. Наблюдается низкая умственная и физическая работоспособность. Так же на фоне этого может развиваться психическое перенапряжение [6, 8].

Вместе с тем существуют исследования (В. И. Лях, 1984), в которых доказано, что координация в пубертатном периоде имеет способность хорошо развиваться [5].

Основываясь на результатах исследования Bjorklund, G. (2007), мы предположили, что физиологическое утомление нервной системы препятствует процессу проявления координационных способностей, несмотря на их координационную готовность [9]. В этой связи необходимо обратить внимание при тестировании координационных способностей на оперативное психическое состояние и проводить контрольное тестирование при оптимальной психической готовности и нацеленности на проявление максимального результата самим спортсменом.

По нашему мнению психическое перенапряжение спортсмена негативно влияет на развитие мышц-стабилизаторов. Так же из вышеперечисленного мы сделали вывод, что тестирование на определение уровня координационных способностей необходимо проводить в начале микроцикла желательно в первой половине дня.

Вместе с тем спортивным педагогам предлагается при развитии координационных способностей спортсменов подросткового возраста в тренировочный процесс включать методы саморегуляции психических состояний. Это следует делать для того, чтобы в случае возникновения острого психического перенапряжения, это состояние не переросло в хроническое [2].

После обработки данного тестирования, по согласованию с тренерами в тренировочный процесс лыжников-гонщиков начальной специализации были включены разработанные нами приемы саморегуляции психических состояний [3], которые включали специальные дыхательные упражнения и упражнения «Разрядка-Зарядка», а также разнообразные приемы, связанные с направлением сознания спортсмена на самого себя – самовнушение и самоубеждение. Спортсмены выполняли данные приемы в течение одного месяца.

По окончании внедрения приемов саморегуляции мы провели повторное тестирование, результаты которого показали улучшение психического состояния спортсменов экспериментальной группы по сравнению со вторым тестированием (таблица 3).

Исследование состояния вестибулярного анализатора у спортсменов ЭГ по тесту «Бондаревского» показало улучшение этого показателя, на 16,64 сек., по сравнению с первым тестированием. Исследование вестибулярного анализатора у спортсменов этой же группы по «Пробе Яроцкого» показало улучшение на 5,75 сек. В «Пробе Ромберга» также были значительно улучшены показатели на 22,18 сек., что позволило дать оценку о положительной динамике статической координации у спортсменов ЭГ.

Таблица 3 – Достоверность межгрупповых различий между показателями тестов статической координации, равновесия и вестибулярной устойчивости лыжников-гонщиков на этапе начальной специализации в конце эксперимента

Контрольные тесты	ЭГ (n=11)			КГ (n=11)		
	$\bar{X}$	Sx	$\sigma$	$\bar{X}$	Sx	$\sigma$
«Тест Бондаревского (открытые глаза)» (сек)	54,36	2,67	8,85	41,64	1,78	5,90
t – критерий Стьюдента	3,97 (p<0,01)					
«Тест Бондаревского (закрытые глаза)» (сек)	28,09	1,74	5,79	16,73	1,99	6,60
t – критерий Стьюдента	4,30 (p<0,01)					
«Проба Яроцкого» (сек)	37,10	1,05	3,48	31,19	2,02	6,71
t – критерий Стьюдента	2,59 (p<0,05)					
«Проба Ромберга (поза пяточно-носочная)» (сек)	36,42	1,02	3,40	28,00	2,12	7,03
t – критерий Стьюдента	3,58 (p<0,01)					
«Проба Ромберга (поза аист)» (сек)	18,97	1,06	3,51	16,10	0,72	2,38
t – критерий Стьюдента	2,24 (p<0,05)					

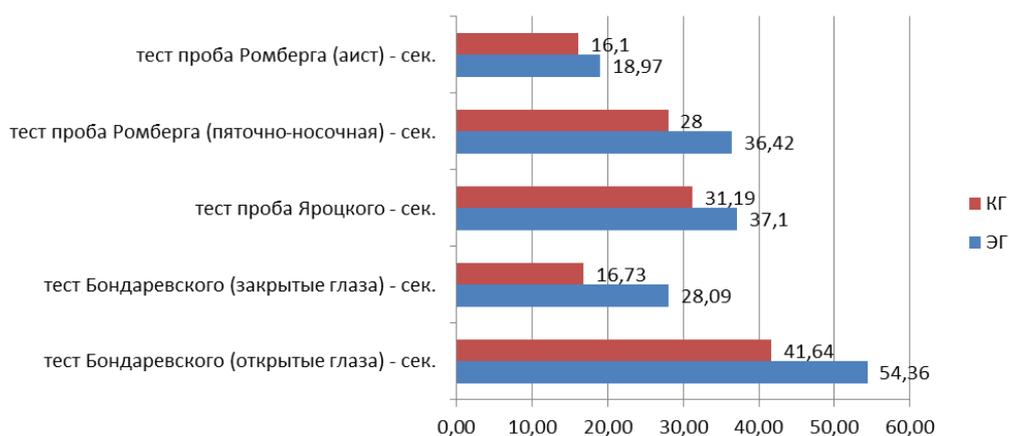


Рисунок 3 – Показатели тестов статической координации, равновесия и вестибулярной устойчивости лыжников-гонщиков на этапе начальной специализации в конце эксперимента

Сравнение результатов тестирования между ЭГ и КГ показало достоверно значимое различие в показателях координационной подготовленности испытуемых. Полученные данные свидетельствуют об эффективности применения приемов саморегуляции совместно с упражнениями на развитие мышц-стабилизаторов с использованием тренажера «BOSU».

#### Заключение

В настоящее время у лыжников-гонщиков начальной специализации существует проблема низкого уровня координационной подготовленности, в связи с чем у начинающих спортсменов недостаточно прочно формируется двигательный навык техники передвижений на лыжах, возникают риски падений на ответственных соревнованиях. Эта проблема связана с неустойчивым психическим состоянием спортсменов и низким уровнем развития мышц-стабилизаторов, вместе с этим и координационных способностей в целом.

Острые психические состояния спортсменов-подростков, которые возникают во время обучения в старших классах учреждений образования, могут отрицательно влиять на проявление координационных способностей, в связи с этим предлагается тестирование координационной подготовленности проводить в начале микроцикла, а не по его окончанию, желательно в первой половине дня.

Полученные в ходе эксперимента данные свидетельствуют о том, что использование в тренировочном процессе приемов саморегуляции психических состояний в сочетании с применением специальных упражнений, выполняемых на тренажере «BOSU», направленных на развитие мышц-стабилизаторов, достоверно повышают эффективность координационной подготовленности. Систематическое комплексное воздействие на психомоторику спортсмена помогает избежать стресса перед ответственными стартами, а также формирует уверенность в выполнении

соревновательных упражнений технически правильно и стабильно, что в свою очередь повышает экономичность техники и спортивный результат.

#### Список использованных источников

1 Кучерова, А. А. Развитие мышц-стабилизаторов специальными упражнениями на координацию с целью профилактики травматизма у лыжников-гонщиков / А. А. Кучерова // Олимпийский спорт и спорт для всех: материалы XXV Междунар. науч. конгр., Минск, 15–17 окт. 2020 г.: в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: С. Б. Репкин (гл. ред.), Т. А. Морозевич-Шилюк (зам. гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУФК, 2020. – Ч. 2. – С. 122–129.

2 Кучерова, А. А. Методические приемы регулирования чрезмерного мышечного напряжения у лыжников-гонщиков / А. А. Кучерова, А. В. Кучерова // Актуальные вопросы физиологии мышечной деятельности: сборник научных трудов I Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием; Ульяновск, 9 февр. 2021 г. / Под. ред. Л. Д. Назаренко. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова», 2021. – С. 119–125.

3 Кучерова, А. А. Приемы адаптации к стрессовым ситуациям в лыжных гонках / А. А. Кучерова // Современные проблемы формирования и укрепления здоровья (ЗДОРОВЬЕ-2019): сб. науч. статей / ред. кол.: А. Н. Герасевич (гл. ред.), А. А. Зданевич, А. В. Шаров, С. А. Ткаченко, И. А. Ножко, Е. Г. Пархоц. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2019. – С. 173–176.

4 Кучерова, А. В. Научно-методические основы физической подготовки лыжников-гонщиков в подготовительном периоде: монография / А. В. Кучерова. – Могилев: МГУ имени А. А. Кулешова, 2019. – 224 с.

5 Лях, В. И. Анализ свойств, раскрывающих сущность понятия «координационные способности» / В. И. Лях // Теория и практика физической культуры. – 1984. – № 1. – С. 48–50.

6 Солодков, А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник. / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. – М.: Терра-Спорт, Олимпия Пресс, 2001. – 520 с.

7 Чистоедова, Ю. А. Мышцы-стабилизаторы: определение, функции. Упражнения и рекомендации по развитию мышц-стабилизаторов у лыжников-гонщиков различного возраста и уровня подготовки / Ю. А. Чистоедова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 15. – С. 2556–2560. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/96432.htm>.

8 Эльконин, Д. Б. К проблеме периодизации психического развития в детском возрасте / Д. Б. Эльконин // Вопросы психологии. – 1971. – № 4. – С. 6–20.

9 Bjorklund, G. Performance predicting factors in prolonged exhausting exercise of varying intensity / G. Bjorklund, S. Pettersson, E. Schagatay // Europ. J. of Appl. Physiology. – 2007. – Vol. 99, № 4. – P. 423–429.

10.08.2021

УДК 796.015

### **ВЛИЯНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОККЛЮЗИОННЫХ КАПП РАЗЛИЧНОГО ТИПА НА ФУНКЦИЮ РАВНОВЕСИЯ СПОРТСМЕНОВ**

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

**М. К. Борщ,**

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

**Д. И. Гусейнов,**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

#### *Аннотация*

*В статье представлена возможность использования индивидуальных окклюзионных шин для совершенствования поструральной устойчивости спортсменов, специализирующихся в спортивно-боевых единоборствах. Показано, что*

последовательное применение в течение года мягкой и полужесткой, а затем жесткой капп оказывает положительное влияние на состояние мышц-стабилизаторов позы тела и, соответственно, повышает уровень развития координационных способностей, в частности, способности к поддержанию равновесия.

## **THE INFLUENCE OF INDIVIDUAL OCCLUSIVE MOUTHGUARDS OF VARIOUS TYPES ON THE BALANCE FUNCTION OF ATHLETES**

### *Abstract*

*The article presents the possibility of using individual occlusal splints to improve the postural stability of athletes specializing in martial arts. It is shown that the consistent use of soft and semi-rigid, and then rigid mouthguards throughout the year has a positive effect on the condition of the body posture stabilizer muscles and, accordingly, increases the level of development of coordination abilities, in particular, the ability to maintain balance.*

### *Введение*

В теле человека все органы и системы взаимосвязаны, следовательно, нарушение симметрии влечет за собой компенсаторные реакции на всех уровнях. Зубочелюстная система связана и взаимодействует с костно-мышечной системой организма. Прикус (окклюзионные взаимосоотношения зубов, размер и форма зубных дуг и зубов) – это всегда неотъемлемая часть всего скелета, благодаря которой происходит окклюзионно-постуральный баланс, проявляемый в адаптации под индивидуальные скелетные особенности каждого человека. Аномальный прикус – это следствие общескелетных проблем, которые выражаются, прежде всего, в осанке, длине ног, форме свода стоп и их расположении. Между прикусом и осанкой существует тесная взаимосвязь. Наличие патологий прикуса (дистальный, мезиальный, перекрестный) очень часто косвенно говорит о нарушении осанки [1].

Любой вид спорта требует проявления высокого уровня технической подготовленности для эффективного выполнения упражнений, без чего даже очень сильный атлет не сможет успешно справиться с максимальной для себя нагрузкой, к тому же спортсмен должен сохранять равновесие во всех опорных фазах движений. При этом нижняя челюсть постоянно совершает микроэкскурсии относительно основания черепа, реагируя на положение тела в пространстве. Привычное положение тела, или поза, которую принимает человек, влияет на результат привычного положения нижней челюсти. Соответственно и нижняя челюсть влияет на опорно-двигательный аппарат через 12 мышц, связанных с ней, и определяет позу в статике (учитывая окклюзионные взаимосоотношения зубов) и движения тела в динамике путем скольжения бугров зубов друг по другу или их сжатия. Бугры зубов имеют важное значение в биомеханике скелетно-мышечной системы. От движений нижней челюсти зависит угол поворота головы в одноименную сторону и привычное трехмерное скручивание (смещение или деформация) всего позвоночника [2].

Многими исследователями в различных видах спорта выявлена взаимосвязь высокого уровня функции равновесия, технической и физической подготовленности спортсменов [3–5]. Кроме этого, установлено, что целенаправленное развитие функции равновесия ускоряет процесс обучения во всех видах спорта, влияет положительно на достижение высоких спортивных результатов [6–9].

### *Методы и организация исследования*

Целью исследования являлось изучение динамики параметров статического равновесия в процессе стабилметрического тестирования спортсменов на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа.

В исследовании принимали участие 10 спортсменов, занимающихся спортивно-боевыми единоборствами, в возрасте 23–24 лет.

Всем спортсменам, принимавшим участие в исследовании на первом подготовительном этапе, изготовили индивидуальные окклюзионные релаксирующие шины на нижнюю челюсть двух видов: одну, толщиной 2,0 мм, мягкой жесткости и вторую, толщиной 3,0 мм, полужесткую. Рекомендовали применять их в течение 1–2 месяцев: индивидуальную окклюзионную шину мягкую (2,0 мм толщиной) –

применять максимально по времени, исключая прием пищи и тренировочный процесс, а другую индивидуальную окклюзионную шину полужесткую (3,0 мм толщиной) – применять на время тренировочного процесса и других видов физических нагрузок, а также во время соревновательных выступлений. Во втором подготовительном этапе изготовили индивидуальную окклюзионную нормализующую шину на нижнюю челюсть толщиной 2 мм жесткую, на которой проводили дальнейшие мероприятия по позиционированию нижней челюсти и нормализации окклюзионных взаимоотношений зубов.

В исследовании были выделены следующие этапы:

1 – до применения каппы;

2 – применение индивидуальной окклюзионной мягкой шины;

3–4 – применение индивидуальной окклюзионной нормализующей шины жесткой от 1 до 5 месяцев.

Спортсменам предлагалось выполнить следующие основные и вспомогательные стабилметрические методики [10]:

1. Тест «Проба Ромберга».

2. Тест «Мишень».

3. Тест «Проба с эвольвентой».

Для оценки вестибулярной устойчивости использовались «классические параметры, имеющие устойчивую связь с физиологическими процессами статокINETической функции»:

– качество функции равновесия (далее – КФР, %) – математический анализ векторов смещения общего центра масс относительно осей координат. Является одним из самых стабильных показателей. Численно характеризует распределение векторов скорости движения ЦД относительно опорной поверхности стабилметрической платформы. Высокие значения рассматриваемого параметра отражают плавность движения ЦД и, как следствие, более высокую степень регуляции постуральным балансом;

– коэффициент резкого изменения направления движения вектора (далее – КРИНД, %) является характеристикой колебательных движений человека. Находится как процентное соотношение доли векторов, угол отклонения каждого из которых отличается от предыдущего более чем на  $45^\circ$ . Высокие значения соответствуют высокой частоте колебаний ЦД и нестабильному направлению вектора скорости его движения;

– разброс ЦД в передне-заднем направлении (далее – Q (x), мм) – средний радиус отклонения ЦД. Определяет средний разброс колебаний вдоль поверхности стоп: увеличение значений говорит о снижении устойчивости спортсмена в данном направлении;

– разброс ЦД в поперечном направлении (далее – Q (y), мм) – средний радиус отклонения ЦД. Определяет средний разброс колебаний при поперечной балансировке (со стопы на стопу): увеличение значений говорит о снижении устойчивости спортсмена в данном направлении;

– площадь доверительного интервала эллипса (далее – ПДЭ, мм<sup>2</sup>) – основная часть площади, занимаемой статокINETОграммой, характеризующей рабочую поверхность площади опорного контура. Увеличение площади говорит о снижении устойчивости, а увеличение – об улучшении;

– средняя скорость перемещения ЦД (далее – ССП ЦД, мм/с) определяет среднеамплитудное значение скорости перемещения ЦД исследуемого за продолжительность обследования, где «большая скорость говорит об активных процессах поддержания вертикальной позы, связанной с нарушением равновесия одной или нескольких систем организма. Небольшая скорость говорит о своевременной компенсации возникающих отклонений тела – нормальная работа систем поддержания вертикальной позы» [10].

Совокупность используемых тестов и параметров позволяет осуществить всестороннюю диагностику функции равновесия в ортоградном положении тела спортсмена (стоя на двух ногах), оценку запаса позной устойчивости, а также

исследование особенностей двигательной организации процесса поддержания вертикальной позы спортсмена.

*Результаты исследования и их обсуждение*

В таблицах 1–3 представлена динамика показателей, характеризующих поструральную устойчивость спортсменов при выполнении тестов «Проба Ромберга» с открытыми и закрытыми глазами, «Мишень» и теста с эвольвентой на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа.

Тест «Проба Ромберга» направлен на оценку сенсомоторной координации. Пробы с открытыми и закрытыми глазами выполняются для проведения сравнительного анализа показателей поструральной устойчивости при необходимости концентрации и восприятия информации с использованием разных сенсорных систем человека.

Тест «Мишень» позволяет количественно оценить способность к произвольному управлению и поддержанию пострурального баланса за счет позной мускулатуры в режиме зрительной обратной связи. По результатам теста можно судить о степени координации между нейромышечными механизмами управления движениями и особенностями срочной обработки сенсорной информации, характеризующими эффективность выполняемой деятельности.

Тест «Проба с эвольвентой» позволяет количественно оценить запас позной устойчивости спортсмена в динамических условиях при отклонении в четырех направлениях, поскольку зеленый маркер перемещается по траектории, разброс которой близок к геометрическим размерам контура площади опоры. Для сохранения равновесия спортсмену необходимо активировать «антигравитационные скелетные мышцы», уравновешивающие возникающий опрокидывающий момент силы тяжести [10].

В таблице 1 представлена динамика интегрального показателя качества функции равновесия. Высокие значения рассматриваемого параметра отражают высокий уровень функционирования поструральной мускулатуры.

Таблица 1 – Среднегрупповая динамика показателя качества функции равновесия (КФР, %) на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа

Тест	КФР, %			
	1 этап	2 этап	3 этап	4 этап
Тест Ромберга (открытые глаза)	79,00±12,49	80,10±13,25	86,51±6,63	84,10±6,14
Тест Ромберга (закрытые глаза)	62,74±16,92	63,88±16,82	70,64±15,86	74,36±13,02
Тест «Мишень»	68,87±16,06	72,33±16,96	75,64±12,94	79,13±11,05
Тест с эвольвентой	29,96±10,25	32,22±10,29	36,13±6,86	38,31±6,50

Анализируя среднегрупповую динамику показателей КФР, следует отметить, что общая тенденция по группе – увеличение показателя от этапа к этапу. Это свидетельствует об улучшении работы мышц-стабилизаторов тела спортсменов, а также их проприоцептивной чувствительности, что отражается в приросте КФР на 12 % в пробе Ромберга с закрытыми глазами. Отмечено повышение уровня развития координационных способностей, в частности, способности к поддержанию статического и динамического равновесия на 11 %.

На наш взгляд, такие изменения произошли благодаря перераспределению напряжения в биомеханических цепях, поскольку аномалии прикуса и приобретенные нарушения окклюзии приводят к ответным нарушениям в шейном отделе позвоночника и спазму мышц задней группы шеи. Длительный спазм приводит к структурным изменениям в мышце, укорачивая ее, и она теряет свою способность сокращаться и расслабляться, истощается ее функциональный резерв. Длительный спазм задней группы мышц шеи может привести к спазму жевательной и мимической мускулатуры, так как для организма в целом спазм с одной стороны является негармоничным процессом, который адапционно приводит к спазму в противовесную сторону [1, 2]. Коррекция прикуса ортодонтическими шинами позволяет снимать появившиеся в процессе жизнедеятельности спазмы.

Подобная положительная тенденция наблюдается и в динамике других показателей.

В таблице 2 представлена среднегрупповая динамика коэффициента резкого изменения направления движения вектора на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа. Этот показатель является характеристикой колебательных движений человека. Высокие значения соответствуют высокой частоте колебаний ЦД и нестабильному направлению вектора скорости его движения.

Таблица 2 – Среднегрупповая динамика коэффициента резкого изменения направления движения вектора на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа

Тест	КРИНД, %			
	1 этап	2 этап	3 этап	4 этап
Тест Ромберга (открытые глаза)	12,58±4,52	12,58±4,97	13,55±6,00	10,85±5,70
Тест Ромберга (закрытые глаза)	9,86±4,54	9,58±4,99	10,06±4,18	9,92±4,33
Тест «Мишень»	13,73±5,96	13,15±5,63	11,93±4,30	11,96±6,67
Тест с эвольвентой	8,49±3,91	7,95±3,97	7,67±3,27	7,27±3,41

В тесте Ромберга показатели КРИНД являются практически стабильными на протяжении всех этапов тестирования, что характеризует адекватную работу постуральной мускулатуры спортсменов при поддержании привычной позы как с открытыми, так и с закрытыми глазами. В других тестах эта тенденция сохраняется, свидетельствуя о том, что применение капп различного типа не является сбивающим фактором для управления постуральной мускулатурой у квалифицированных спортсменов.

Результаты среднегрупповой динамики показателей разброса ЦД в различных направлениях на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа имеют тенденцию к уменьшению. Так, в пробе Ромберга с открытыми глазами на первом этапе в передне-заднем направлении разброс составил 2,73±0,87 мм, а в поперечном – 3,34±1,29 мм. К четвертому этапу эти показатели уменьшились до 2,17±0,53 и 2,21±0,46 мм соответственно. В пробе с закрытыми глазами результаты были следующими: 1-й этап – 4,07±1,35 и 5,68±2,17 мм в передне-заднем и поперечном направлениях, 4-й этап – 2,62±1,03 и 4,13±2,08 мм соответственно. В тесте «Мишень», отражающем способность к поддержанию статического равновесия, также отмечена положительная динамика: 1-й этап – 2,47±0,84 и 2,73±1,27 мм в передне-заднем и поперечном направлениях, 4-й этап – 1,75±0,39 и 2,13±0,51 мм соответственно. В динамическом тесте с эвольвентой результаты значительно не изменились.

Об улучшении функционального состояния спортсменов свидетельствует и уменьшение значений среднеквадратичного отклонения, что указывает на снижение разброса показателей и проявление однородности выборки.

В таблице 3 представлена среднегрупповая динамика показателей площади доверительного интервала эллипса (ПДЭ, мм<sup>2</sup>) на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа.

Таблица 3 – Среднегрупповая динамика показателей площади доверительного интервала эллипса (ПДЭ, мм<sup>2</sup>) на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа

Тест	ПДЭ, мм <sup>2</sup>			
	1 этап	2 этап	3 этап	4 этап
Тест Ромберга (открытые глаза)	103,99±57,90	108,66±79,95	83,06±55,74	67,99±23,93
Тест Ромберга (закрытые глаза)	258,89±151,43	259,84±219,64	226,69±324,79	174,12±179,62
Тест «Мишень»	103,12±75,67	93,65±67,01	63,04±28,23	54,51±20,98
Тест с эвольвентой	4155,86±386,63	4016,01±372,61	4086,52±561,47	4082,60±625,34

В тесте «Проба Ромберга» площадь эллипса у спортсменов уменьшилась на 35 % с открытыми глазами и на 33 % – с закрытыми. Стабильное уменьшение этого показателя характеризует улучшение постуральной устойчивости спортсмена. В тесте

«Мишень» улучшение контролируемого показателя произошло на 47 %, что свидетельствует о повышении способности к поддержанию статического равновесия. В тесте с эвольвентой значительных изменений не отмечено.

Среднегрупповая динамика показателей средней скорости перемещения ЦД на фоне применения индивидуальных окклюзионных капп различного типа также говорит о своевременной компенсации возникающих отклонений тела и нормальной работе систем поддержания вертикальной позы. В пробе Ромберга на первом этапе скорость составила  $9,64 \pm 3,95$  мм/с с открытыми глазами и  $14,87 \pm 4,27$  мм/с – с закрытыми. К окончанию эксперимента эти показатели достигли следующих значений:  $8,55 \pm 1,78$  и  $11,33 \pm 3,67$  мм/с соответственно. В тестах, позволяющих оценить способность к поддержанию равновесия, были отмечены следующие результаты: тест «Мишень» –  $12,78 \pm 4,99$  и  $9,93 \pm 2,85$  мм/с на первом и четвертом этапах соответственно, тест с эвольвентой –  $28,16 \pm 7,46$  и  $22,60 \pm 2,97$  мм/с.

Снижение средней скорости перемещения центра давления в процессе проведения исследования подтвердило положительную динамику в функциональном состоянии мышц-стабилизаторов тела спортсменов и улучшение их координационных способностей.

#### *Заключение*

Проведенное исследование показало, что использование индивидуальных окклюзионных капп при подготовке высококвалифицированных спортсменов дает возможность повысить эффективность тренировочного процесса за счет ускорения реструктуризации двигательного навыка посредством снятия излишнего напряжения с мышц челюстно-лицевой области, шеи и плечевого пояса как наиболее вероятных триггеров ограничения подвижности пояса верхних конечностей и формирования рациональных способов регуляции равновесия тела спортсмена при выполнении соревновательного упражнения. Возможность перераспределения силового потенциала к мышцам, участвующим в выполнении соревновательного упражнения, при применении индивидуальных окклюзионных капп в динамике движения спортсменов позволит улучшить помехоустойчивость и вариативность техники двигательных действий.

#### *Список использованных источников*

1. Аномалии прикуса и неправильная осанка – где связь? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://orto-info.ru/zubocheliustnye-anomalii/okklyuzii/prikusa-i-neravilnaya-osanka.html> © Журнал Ортодонт. – Дата доступа: 03.09.2021.
2. Остеопатическая стоматология: Влияние положения нижней челюсти на скелетно-мышечную систему [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ohi-s.com/stati-po-stomatologii/osteopaticheskaya-stomatologiya-vliyanie-polozheniya-nizhnej-chelyusti-na-skeletno-myshechnuyu-sistemu/>. – Дата доступа: 03.09.2021.
3. Бредихина, Ю. П. Биодинамические характеристики равновесия спортсменов, занимающихся карате / Ю. П. Бредихина, И. С. Шаблей, Ф. А. Гужов // Науки о человеке: сб. статей по материалам XI конгресса молодых ученых и специалистов, Томск, 28–29 мая, 2010 г. / под ред. А. М. Огородовой, А. В. Капилевича – Томск: СибГМУ, 2010. – С. 47–48.
4. Лошенко, Е. В. Направленное развитие равновесия у девочек 12–14 лет, занимающихся аэробикой: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Е. В. Лошенко. – Малаховка, 2007. – 25 с.
5. Медветков, В. Д. Новый тренажер для улучшения безопасности равновесия и технической подготовленности гребцов / В. Д. Медветков, А. А. Зеленин // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2011. – № 7(77). – С. 76–80.
6. Лях, В. И. Координационные способности спортсменов / В. И. Лях. – М.: «Спорт», 2019. – 116 с.
7. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance / C. Hrysomallis // Sports Med. – 2011. – Vol. 41(3). – P. 221–232.
8. Are there differences in postural regulation according to the level of competition in judoists? / T. Paillard [et al.] // Br J Sports Med. – Vol. 36(4). – P. 304–305.

9. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition / T. Paillard [et al.] // J Athl Trainings. – 2006. – Vol. 41(2). – P. 172–176.

10. Кубряк, О. В. Практическая стабилметрия. Статические двигательнo-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции / О. В. Кубряк, С. С. Гроховский. – М.: ООО «ИПЦ «Маска», 2012. – 88 с.

04.10.2021

УДК 799.3.012.81+796.092.29

### **ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТА СТРЕЛЬБЫ ИЗ ПОЛОЖЕНИЯ СТОЯ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ОЦТ СИСТЕМЫ «СТРЕЛОК-ОРУЖИЕ»**

**Е. А. Тихонова,**

Учреждение образования «Белорусский государственный экономический университет»;

**С. К. Селезнев,**

Государственное учреждение образования «Физкультурно-спортивный центр детей и молодежи Фрунзенского района»;

**Я. В. Чигилейчик**

Учреждение «Республиканский центр олимпийской подготовки по стрелковым видам спорта»

*Аннотация*

*В статье рассмотрены возможности улучшения качества стрельбы из положения стоя у спортсменов в результате повышения устойчивости системы «стрелок-оружие». Определено влияние изменения общего центра тяжести на параметры техники выстрела и спортивный результат в целом.*

### **DEPENDENCE OF FIRING RESULT FROM A STANDING POSITION ON THE CHANGE OF THE TOTAL CENTER OF GRAVITY OF THE «SHOOTER-WEAPON» SYSTEM**

*Abstract*

*The article discusses how the quality of shooting from a standing position can be improved in athletes by increasing the stability of the «shooter-weapon» system. The influence of changes in the general centre of gravity on the parameters of shot technique and overall sports performance is determined.*

*Введение*

Стрельба пулевая – это вид спорта, как и многие другие, в котором для достижения высоких результатов необходимо искать новые пути в тактической, технической и методологической сферах [2].

В странах Западной Европы, США стрельбу пулевую классифицируют как вид спорта с высокой степенью психологической напряженности. Некоторые авторы стран Западной Европы его относят к циклическим видам. В странах СНГ стрельбу причисляют к сложно-координационным видам спорта. Соответственно, важную роль в подготовке спортсменов играет развитие координационных способностей, равновесия и, как следствие этого, улучшение устойчивости системы «стрелок-оружие» [2, 3]. Добиться этого можно как тренировочными воздействиями, так и техническими манипуляциями с оружием и изготовкой.

В связи с введением в правила соревнований десятичной системы счисления пробоин (стрельба с десятными долями очка) во время квалификационной стрельбы, пришедшей на смену округляющей (стрельба с габаритами), стрельба стала еще более ювелирной.

Наиболее сложным положением в плане устойчивости является стрельба из положения стоя. Меньшая устойчивость изготoвки обусловлена здесь, во-первых, тем, что общий центр тяжести системы «стрелок-оружие» находится значительно выше над площадью опоры, а сама площадь опоры намного меньше относительно других

положений для стрельбы, так как она ограничивается только стопами обеих ног и площадью, заключенной между ними. Во-вторых, при стрельбе из положения стоя больше напряжен мышечный аппарат, что необходимо для закрепления подвижных звеньев тела и удерживания его в вертикальном положении; при этом действие и противодействие мышц не могут создать абсолютной неподвижности тела, в связи с чем происходит большее и меньшее покачивание его. Поэтому стрельба из положения стоя является самым сложным и трудным упражнением в стрелковом спорте [4].

Трудности подбора для себя изготовления, прежде всего, заключаются в том, что стрелок, находясь в таком малоустойчивом положении, сохранение которого само по себе требует значительных мышечных усилий, должен еще удерживать и винтовку, то есть довольно большой груз, который усиливает напряжение мышц и поднимает общий центр тяжести стрелка выше (причем центр тяжести винтовки находится на значительном удалении от вертикальной оси тела стрелка). Как известно, сохранение равновесия системы «стрелок-оружие» требует определенного компенсаторного отклонения туловища для создания противовеса винтовке и расположения ее над центром опорной площади изготовления. Такое отклонение туловища (при условии сохранения общего центра тяжести над центром площади опоры) изменяет всю позу стрелка, делая положение его тела несимметричным, что, в свою очередь, изменяет схему и степень загрузки мышечного аппарата [2, 3].

Какую же позу должен придать своему телу стрелок, чтобы при изготовке для стрельбы из положения стоя удерживание винтовки требовало меньшей затраты мышечных усилий? Вполне очевидно, что удерживать груз на весу всегда тем легче, чем больше его приблизить к себе. Однако этому препятствуют большие линейные размеры груза – винтовки (большое расстояние между ее центром тяжести и затылком приклада); приближение же центра тяжести винтовки к себе за счет большего отклонения туловища неизбежно вызывает большую асимметрию изготовления стрелка и, следовательно, большую дисорганизацию в работе мышц над устойчивостью тела в пространстве. Исходя из этого следует смещать центр тяжести винтовки ближе к туловищу за счет придвижения ложи винтовки к стрелку и изменения баланса винтовки без нарушения управляемости ею [5].

Принятие изготовления для стрельбы из положения стоя начинается снизу, с правильной постановки ступней ног (рисунок 1 А). Положение ступней создает фундамент для стабильности изготовления. Центр тяжести при такой изготовке расположен очень высоко относительно небольшой опорной поверхности – ступней ног.



Рисунок 1 – Уровни и точки наибольшей важности при принятии изготовления для стрельбы из положения стоя

Стабильность, которая благодаря правильному положению ног передается на бедро, далее через таз сообщается позвоночнику. Позвоночник является важнейшим связующим звеном для достижения стабильности на всем протяжении от стоп до плечевого пояса. Плечо – верхняя часть «колонны стабильности».

Винтовка упирается в плечо (рисунок 1 Б). Таким образом, затыльник приклада по возможности используется на всю его длину и представляет собой важный подвижный элемент соединения между стрелком и оружием. Динамическая связь здесь достигается благодаря пассивному тяговому усилию руки, лежащей на спусковом крючке, в сторону плеча. Опорная рука и кисть поддерживают винтовку и являются частью «опорной колонны». Кроме кисти опорной руки и плеча, рука, лежащая на

спусковым крючке, представляет собой третью контактную точку между стрелком и оружием. Соприкосновение головы с гребнем приклада образует четвертую контактную точку стрелка с оружием. Система «стрелок-оружие» полностью завершена. Взгляд стрелка должен проходить строго через середину прорези прицела [4].

На современном этапе стрельбы высококвалифицированные стрелки начали активно экспериментировать с изготовкой и элементами винтовки, проводя определенные манипуляции по изменению общего центра тяжести (ОЦТ), с целью улучшения устойчивости.

Вследствие этого целью нашего исследования явилось изучение влияния изменения общего центра тяжести системы «стрелок-оружие» на результат стрельбы из положения стоя.

Предполагается, что понижение общего центра тяжести системы «стрелок-оружие» вследствие манипуляций с оружием и изготовкой позволит улучшить устойчивость системы «стрелок-оружие» и спортивный результат в целом.

#### *Методы и организация исследования*

Для решения поставленной цели применялись следующие методы: анализ научно-методической литературы, педагогический эксперимент, тестирование, инструментальный метод, математическая статистика.

Наше исследование проводилось на базе стрелкового тира УП «РССК» ДОСААФ г.Минска. В эксперименте принимало участие 10 спортсменов-стрелков, (КМС – 4 человека, МС – 6 человек). В начале эксперимента был проведен первичный сбор данных параметров техники стрельбы с использованием стрелкового тренажера «СКАТТ».

Тренажер «СКАТТ» предоставляет получить множество параметров техники, в нашем исследовании были использованы следующие:

1) общий результат стрельбы – количество очков, набранных за выполнение зачетной стрельбы в упражнении ВП-4;

2) среднее время выстрела – показатель отражает среднее время, затраченное на выстрел. Как показывает практика, чем лучше у спортсмена устойчивость, тем меньше он тратит времени на выстрел;

3) устойчивость в «10.0» – выражает, сколько времени до выстрела точка прицеливания находилась в «10.0» из установленного для анализа времени (1 сек.);

4) длина траектории – отражает длину траектории финальной фазы выстрела (мм) из установленного для анализа времени. Чем меньше длина траектории, тем лучше устойчивость оружия [6].

Испытуемым было предложено выполнить упражнение ВП-4 в условиях, максимально приближенных к соревновательным. Далее в течение двух недель осуществлялся переход и доводка экспериментальной изготовки у спортсменов. В конце эксперимента было проведено повторное тестирование.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Из результатов первоначального тестирования (таблица 1) видно, что спортсмены группы находятся примерно на одном уровне подготовленности.

Таблица 1 – Параметры техники стрельбы первоначального тестирования

Испытуемый	Общий результат, очки	Среднее время, сек.	Устойчивость в «10.0», %	Длина траектории, мм
А.В.	381	19,0	65	11,0
З.М.	380	15,4	58	11,0
Ф.И.	387	5,9	70	9,9
К.А.	380	12,3	64	10,0
С.И.	383	13,2	69	10,3
Ж.А.	383	17,5	59	10,5
Г.В.	387	10,7	71	9,2
П.М.	385	8,9	68	10,0
Б.П.	382	13,8	66	10,3
Ч.И.	381	13,9	63	10,2
$\bar{x} \pm \sigma$	<b>382,9±2,64</b>	<b>13,06±3,89</b>	<b>65,3±4,42</b>	<b>10,24±0,53</b>

Рассмотрим изменения в изготовке на примере Г.В. (рисунок 2).

Слева мы наблюдаем изготовку Г.В. до начала эксперимента. Она является полностью классической, высота ОЦТ составила 93 сантиметра от уровня пола.

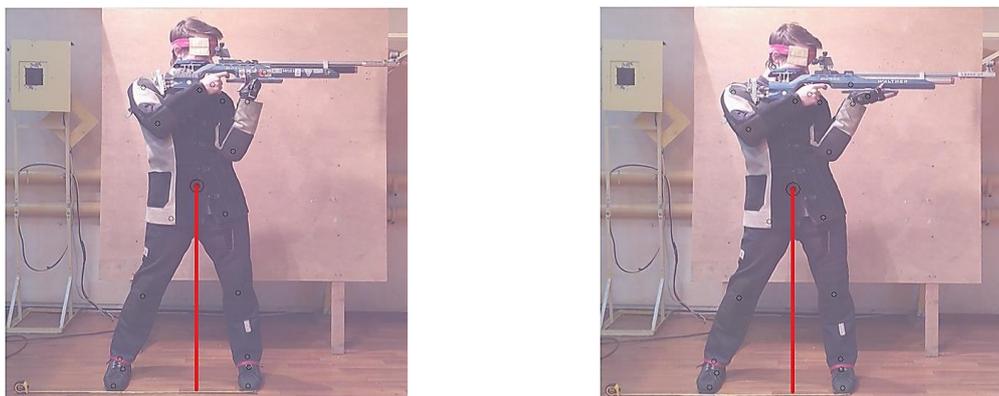


Рисунок 2– Изготовка Г.В. до и после внедрения экспериментальной изготовки

Затем к изготовкам спортсменов начали применяться следующие манипуляции по переходу к экспериментальной изготовке, а именно:

1) манипуляции с оружием:

- смещение положения ложи и приклада винтовки в изготовке ниже относительно исходного ее положения, как наиболее тяжелых элементов винтовки, с целью смещения книзу ее центра тяжести;

- поднятие прицельной линии относительно канала ствола с целью компенсации ухода прицельной линии вниз вместе с винтовкой;

- поднятие гребня приклада с целью компенсации его смещения вниз вместе с винтовкой;

- смещение рукоятки и затыльника вперед с целью придвижения ложи винтовки и приклада к стрелку;

- смещение центра тяжести винтовки кзади с сохранением управляемости винтовки стрелком;

2) манипуляции с изготовкой:

- изменение хвата опорной руки с кулака на ладонь для высвобождения пространства для большей возможности опускания винтовки книзу;

- расположение ног с акцентом на увеличение ширины их постановки с целью смещения ОЦТ изготовки книзу;

- постановка опорной руки на ложу с акцентом на отдаление от стрелка, с целью высвобождения дополнительного пространства для опускания винтовки книзу.

Стоит отметить, что манипуляции с изготовкой являются вытекающими из манипуляций с оружием.

Итоговый вариант экспериментальной изготовки можно наблюдать на иллюстрации справа (рисунок 2). В случае с Г.В. данная изготовка обеспечила смещение ОЦТ книзу на 2 см и составила 91 см от пола. Если говорить о группе в целом, то диапазон смещения составил от 1,5 до 3,0 см.

В конце исследования было проведено контрольное тестирование (таблица 2).

Общий результат стрельбы не является точным показателем улучшения устойчивости спортсмена-стрелка, однако косвенно он способен отразить изменения.

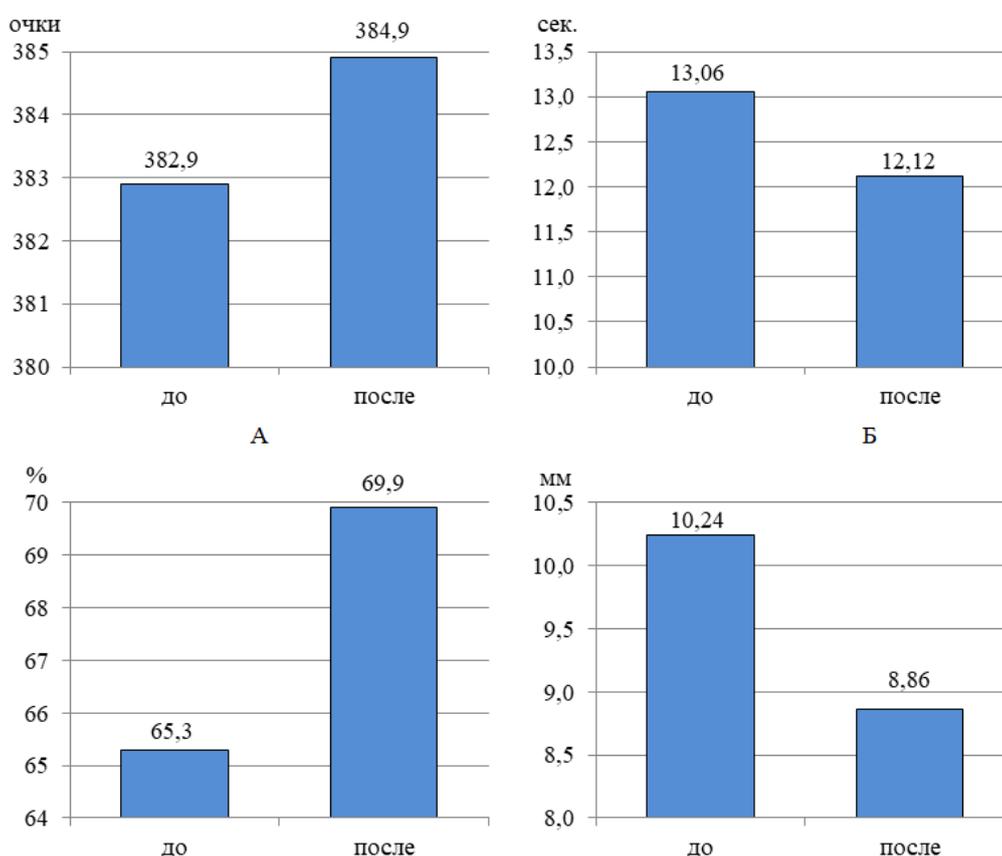
Положительные изменения общего результата стрельбы наблюдались у 8 испытуемых. Максимальный прирост в 4 очка показали два спортсмена группы – З.М., Ф.И. Средний результат стрельбы у группы до начала исследования составлял  $382,9 \pm 2,64$  очка, после  $384,9 \pm 3,38$  очка, что говорит о приросте в 2 очка (рисунок 3 А).

Среднее время выстрела напрямую отражает зависимость темпа стрельбы от устойчивости спортсмена, что делает его одним из основных показателей.

Таблица 2 –Параметры техники стрельбы повторного тестирования

Испытуемый	Общий результат, очки	Среднее время, сек.	Устойчивость в «10.0», %	Длина траектории, мм
А.В.	381 (0)	16,7 (-2,3)	70 (+5)	8,9 (-2,1)
З.М.	384 (+4)	15,0 (-0,4)	64 (+6)	9,1 (-1,9)
Ф.И.	391 (+4)	5,8 (-0,1)	80 (+10)	7,8 (-2,1)
К.А.	382 (+2)	10,1 (-2,2)	69 (+5)	9,5 (-0,5)
С.И.	386 (+3)	11,3 (-1,9)	74 (+5)	8,0 (-2,3)
Ж.А.	383 (0)	17,4 (-0,1)	60 (+1)	10,5 (0)
Г.В.	390 (+3)	9,6 (-1,1)	78 (+7)	7,0 (-2,2)
П.М.	386 (+1)	8,3 (-0,6)	71 (+3)	7,9 (-2,1)
Б.П.	384 (+2)	13,3 (-0,5)	69 (+3)	9,7 (-0,6)
Ч.И.	382 (+1)	13,7 (-0,2)	64 (+1)	10,2 (0)
$\bar{x} \pm \sigma$	<b>384,9±3,38</b>	<b>12,12±3,75</b>	<b>69,9±6,28</b>	<b>8,86±1,15</b>

Для полноты анализа рассмотрим каждый показатель в отдельности (рисунок 3).



А – общий результат стрельбы (очки), Б – среднее время выстрела (сек.),  
 В – устойчивость в «10.0» (%), Г – длина траектории (мм)

Рисунок 3 – Параметры техники стрельбы до и после внедрения экспериментальной изготовления

Максимальное сокращение скорости выполнения выстрела составило 2,3 секунды (А.В.) и 2,2 секунды (К.А.). В целом у испытуемых изначально время выполнения выстрела составило  $13,06 \pm 3,89$  сек., после –  $12,12 \pm 3,75$  сек., соответственно, время уменьшилось на 0,94 секунды (рисунок 3 Б).

Показатель устойчивости в «10.0» считается наиболее важным, так как в большей степени характеризует непосредственно устойчивость системы «стрелок-оружие».

Наибольший прирост в показателях устойчивости составил 10 % (Ф.И.). В целом по группе устойчивость в районе «10.0» до исследования составляла  $65,3 \pm 4,42$  %, после увеличилась до  $69,9 \pm 6,28$  %, соответственно, прирост составил 4,6 % (рисунок 3 В).

Устойчивость мушки в момент обработки выстрела играет не менее важную роль, чем устойчивость в целом, ведь если система «стрелок-оружие» не позволяет сделать выстрел правильно, то качественные показатели устойчивости не имеют смысла, какие бы они не были.

Положительные изменения длины траектории наблюдались у 8 участников эксперимента и в своем максимуме составили 2,3 мм (С.И.). В целом по группе средняя длина траектории финальной фазы выстрела до исследования составляла  $10,24 \pm 0,53$  мм, после сократилась до  $8,86 \pm 1,15$  мм, соответственно, уменьшение составило 1,38 мм (рисунок 3 Г).

#### *Заключение*

Таким образом, полученные результаты подтверждают выдвинутую гипотезу.

Манипуляции с оружием и изготовкой позволили понизить ОЦТ спортсмена-стрелка от 1,5 до 3,0 см, что позволило достоверно улучшить у испытуемых параметры техники выстрела, такие как: среднее время выстрела сократилось на 0,94 сек., устойчивость в «10.0» улучшилась на 4,6 %, длина траектории сократилась на 1,38 мм, и как следствие этих изменений общий результат стрельбы увеличился на 2 очка.

По результатам проведенного эксперимента отмечены достоверные изменения в параметрах техники выстрела и результата стрельбы в целом (при  $p < 0,05$ ).

Рост спортивных результатов на мировой арене требует постоянного поиска новых средств и методов, изучения и внедрения последних технологий в тренировочный процесс спортсменов, т.к. результаты высококвалифицированных стрелков на современном уровне разнятся на десятые доли очка.

#### *Список использованных источников*

1. Биомеханика двигательной деятельности: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования / Г. И. Попов, А. В. Самсонова. – 3 е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 320 с.
2. Вайнштейн, Л. М. Путь на Олимп / Л. М. Вайнштейн. – М., 2005. – 161 с.
3. Новицкий, А. А. Повышение специальной работоспособности спортсменов в пулевой стрельбе / А. А. Новицкий, В. Т. Пятков. – Львов, 1986. – 80 с.
4. Пулевая стрельба: учеб.-метод. пособие / И. Золотарев. – М.: Стрелковый Союз России, 2010. – 315 с.
5. Спортивная стрельба: Учебник для ин-тов физ. культ. / Под общ. ред. А. Я. Корха. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 255 с.
6. Стрелковый тренажер SCATT. Руководство пользователя. – М., 2000. – 20 с.

15.10.2021

УДК 796.012.1

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕНЗОДИНАМОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИЛОВЫХ И СКОРОСТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА**

**Е. В. Хроменкова, Е. Г. Тычина,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»

#### *Аннотация*

*Соревновательный результат во многом зависит от уровня развития двигательных способностей. Физические качества не проявляются изолированно друг от друга, а находятся в тесной взаимосвязи. В статье представлен корреляционный анализ данных тензодинамометрического тестирования скоростных, силовых и скоростно-силовых способностей мышц нижних конечностей спортсменов игровых видов спорта. Выявлены направленность и величина корреляционных зависимостей*

*между тензодинамометрическими показателями тэппинг-теста и вертикального прыжка с противодействием у спортсменов с разной спецификой игровой деятельности.*

## **CORRELATION OF TENSODYNAMOMETRIC INDICES OF ATHLETE'S STRENGTH AND SPEED ABILITIES IN COMPETITIVE SPORTS**

### *Abstract*

*Competitive performance depends largely on the level of motor skills development. Physical qualities do not manifest themselves in isolation, instead they are closely entwined with each other. The article presents a correlation analysis of tensodynamometric testing data concerning speed, strength and speed-strength abilities of the lower limbs muscles in athletes of playing sports. The direction and magnitude of correlation relations between tensodynamometric indices of the tapping test and vertical jump with counteraction in athletes with different specificity of playing activity have been revealed.*

### *Введение*

Уровень развития двигательных (физических) качеств играет решающую роль для достижения высокого уровня мастерства в разных видах спорта.

Данные научно-методической литературы и спортивной практики доказывают, что существует взаимосвязь, иногда очень тесная, между различными физическими качествами, как, например, взаимосвязь между силой и быстротой, которая определяет особенности проявления силовых, скоростно-силовых и скоростных способностей спортсмена [1].

Скоростно-силовые способности являются одним из видов силовых способностей и проявляются в двигательных действиях, где наряду со значительной силой мышц требуется и значительная быстрота движений. Развитие скоростно-силовых способностей тесно связано с трансформацией имеющихся и формированием новых биомеханических особенностей движений, обеспечивающих более высокий уровень соревновательного результата. Как пример можно привести увеличение концентрации усилий в определенных фазах бега на скорость, в прыжках, метаниях и т.д. [2–5]. Обнаружена тесная взаимосвязь между уровнем развития скоростно-силовых способностей и качеством технико-тактических действий в игровых видах спорта [6]. Так, развиваемая мышцами мощность, а также быстрота двигательных действий являются важными физиологическими характеристиками футболистов и хоккеистов в процессе эффективной реализации ускорений, остановок, технических действий, связанных с изменением направления и т.п. Исследователи связывают уровень развития силы мышц нижних конечностей у представителей этих видов спорта с высотой вертикального прыжка и показателями в спринтерском беге [7–11]. Подчеркивается, что при выполнении скоростных действий спортсмен должен обеспечивать необходимый уровень быстроты за счет максимальной мобилизации силы при наибольшей амплитуде движений [12]. Реализация этого постулата возможна только при использовании в тренировочном процессе широкого спектра скоростно-силовых упражнений [11, 13, 14].

Целью нашего исследования явилось изучение взаимосвязи тензодинамометрических показателей силовых и скоростно-силовых способностей со скоростными способностями спортсменов игровых видов спорта.

### *Методы и организация исследования*

В исследовании приняли участие спортсмены различной квалификации мужского и женского пола в возрасте от 13 до 36 лет. Из 679 спортсменов 343 человека представляли футбол, 84 – хоккей, 42 – хоккей на траве, 128 – гандбол, 48 – теннис, 25 – баскетбол, 9 – настольный теннис. По данным анамнеза спортсмены не были травмированы и не предъявляли жалоб, связанных с мышечным утомлением.

Для изучения силовых способностей мышц ног был выбран метод тензодинамометрии с использованием тензоплатформы Contemplas. Силовые способности мышц ног тестировались четырехкратным выполнением вертикального прыжка с противодействием «Countermovement». Перед тестированием спортсмены

выполняли разминку в течение 10 минут, с обязательным выполнением в течение 5 минут велоэргометрической нагрузки умеренной интенсивности, в течение последующих 5 минут общеразвивающих динамических упражнений для мышц всего тела, а также выполнением 3–5 пробных прыжков и бега на месте с субмаксимальной интенсивностью. Тестирование выполнялось в следующем порядке: спортсмен, стоя на платформе с зафиксированными на поясе руками, выполнял выпрыгивание вверх с предварительным приседанием до угла в коленных суставах  $90^\circ$ .

Для тестирования скоростных способностей мышц нижних конечностей использовался теппинг-тест, позволяющий выявить уровень развития элементарной формы проявления скоростных способностей – частоты движений. По команде спортсмен выполнял бег на месте, стараясь поддерживать максимальный темп в течение 15 секунд. Осуществлялось 2 попытки с интервалом отдыха 3 минуты.

Статистический анализ проводился с использованием непараметрических методов при помощи компьютерной программы StatSoft Inc. Statistica 10. Корреляционный анализ был проведен с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. При анализе полученных данных исходили из того, что коэффициент ранговой корреляции в рамках 0,5–6,9 является признаком средней взаимосвязи, 0,7–0,9–1,00 – сильной и очень сильной; знак «-» перед коэффициентом корреляции указывает на обратную связь, а его отсутствие – на прямую. В анализе не принимались в расчет статистически не значимые (при  $p < 0,05$ ) и слабые ( $p < 0,49$ ) взаимосвязи.

Программное обеспечение тензодинамометрической платформы позволяет измерить и рассчитать более 100 показателей – отдельно для левой и правой ног, а также суммарно. Для корреляционного анализа были выбраны наиболее важные показатели суммарных значений вертикального прыжка и теппинг-теста. Предварительно база данных была очищена от выпадающих значений, связанных с ошибками первого и второго уровня.

#### *Результаты и обсуждение*

Корреляционный анализ показал отсутствие значимых связей тензодинамометрических показателей вертикального прыжка с показателями теппинг-теста или наличие только слабых зависимостей в футболе, хоккее и хоккее на траве, а также одну прямую среднюю взаимосвязь показателя взрывной силы мышц ног со средней частотой теппинга ( $\rho = 0,55$ ) у баскетболистов.

В таблице 1 представлены данные взаимосвязи тензодинамометрических показателей вертикального прыжка «Countermovement» спортсменов игровых видов спорта с показателями теппинг-теста, имеющих средние, сильные и очень сильные взаимосвязи. Определено, что показатель среднего времени контакта ноги с опорой в теппинг-тесте имеет обратную связь со всеми показателями прыжкового теста. Как следует из таблицы, наибольшее количество сильных и средних статистически значимых связей наблюдается у представителей тенниса и настольного тенниса.

У спортсменов в настольном теннисе коэффициент корреляции между большинством показателей отражает наличие сильной взаимосвязи. Так, показатель «частота теппинга» имеет значимые прямые сильные связи в диапазоне от  $\rho = 0,70$  до  $\rho = 0,78$  с показателями высоты прыжка, скорости, импульсов, абсолютных и относительных средних и максимальных значений механической мощности и силы (в том числе концентрической). Среднее время контакта с опорой имеет обратные сильные связи с показателями высоты прыжка, скорости, индекса реактивной силы, абсолютными и относительными значениями средней механической мощности и значением относительной максимальной механической мощности (от  $\rho = -0,70$  до  $\rho = -0,80$ ). Еще более сильные прямые связи (от  $\rho = 0,72$  до  $\rho = 0,90$ ) имеет теппинг-коэффициент с показателями высоты прыжка, скорости, индекса реактивной силы, абсолютных и относительных средних и максимальных значений механической мощности, взрывной силы, относительных значений максимальной силы и относительных средних значений силы (в том числе концентрической), а с показателями «импульс» и «соотношение импульсов» теппинг-коэффициент имеет средние прямые связи  $\rho = 0,67$ ,  $\rho = 0,68$  соответственно.

Таблица 1 – Взаимосвязь тензодинамометрических показателей вертикального прыжка «Countermovement» спортсменов игровых видов спорта с показателями теппинг-теста

Показатели вертикального прыжка	Показатели теппинг-теста								
	Настольный теннис (n =9)			Теннис (n =48)			Гандбол (n =128)		
	Частота теппинга, Гц	Среднее время контакта, мс	Теппинг- коэффициент, %	Частота теппинга, Гц	Среднее время контакта, мс	Теппинг- коэффициент, %	Частота теппинга, Гц	Среднее время контакта, мс	Теппинг- коэффициент, %
Высота прыжка (рассчитанная по длительности полета), см	<b>0,75*</b>	<b>-0,80*</b>	<b>0,90*</b>	<b>0,68*</b>	<b>-0,71*</b>	<b>0,72*</b>	0,28	<b>-0,57*</b>	<b>0,52*</b>
Вертикальная скорость отрыва от опоры (рассчитанная по длительности полета), м/с	<b>0,75*</b>	<b>-0,80*</b>	<b>0,90*</b>	<b>0,67*</b>	<b>-0,70*</b>	<b>0,71*</b>	0,28	<b>-0,57*</b>	<b>0,52*</b>
Максимальная скорость, м/с	<b>0,75*</b>	<b>-0,80*</b>	<b>0,90*</b>	<b>0,62*</b>	<b>-0,62*</b>	<b>0,65*</b>	0,26	<b>-0,54*</b>	0,49
Индекс реактивной силы (реактивной способности)	0,60	<b>-0,70*</b>	<b>0,80*</b>	0,29	-0,49	0,4	0,14	<b>-0,52*</b>	0,41
Положительный импульс, Нс	<b>0,77*</b>	-0,52	0,63	0,45	<b>-0,51*</b>	0,49	0,09	-0,16	0,15
Импульс, Нс	<b>0,77*</b>	-0,57	<b>0,67*</b>	<b>0,52*</b>	<b>-0,50*</b>	<b>0,54*</b>	0,15	-0,25	0,24
Соотношение импульсов, %	<b>0,72*</b>	-0,45	<b>0,68*</b>	0,14	0,12	0,06	0,11	-0,16	0,17
Средняя механическая мощность, Вт	<b>0,77*</b>	<b>-0,72*</b>	<b>0,83*</b>	<b>0,52*</b>	<b>-0,56*</b>	<b>0,55*</b>	0,16	-0,33	0,30
Максимальная механическая мощность, Вт	<b>0,78*</b>	-0,58	<b>0,73*</b>	<b>0,57*</b>	<b>-0,54*</b>	<b>0,59*</b>	0,18	-0,32	0,30
Максимальное значение силы, Н	<b>0,70*</b>	-0,42	0,62	<b>0,51*</b>	<b>-0,52*</b>	<b>0,54*</b>	0,08	-0,15	0,14
Среднее значение силы, Н	<b>0,70*</b>	-0,38	0,50	0,42	-0,46	0,46	0,05	-0,04	0,04
Взрывная сила, Н/с	0,62	-0,65	<b>0,85*</b>	0,36	-0,49	0,42	0,15	-0,33	0,28
Относительное значение максимальной силы, Н/кг	0,58	-0,52	<b>0,72*</b>	0,42	<b>-0,51*</b>	0,5	0,13	-0,44	0,37
Максимальное значение концентр. силы, Н	<b>0,70*</b>	-0,42	0,62	<b>0,51*</b>	<b>-0,52*</b>	<b>0,54*</b>	0,08	-0,15	0,14
Среднее значение концентрической силы, Н	<b>0,75*</b>	-0,45	0,65	0,50	<b>-0,51*</b>	<b>0,52*</b>	0,11	-0,17	0,17
Относительное значение максимальной концентрической силы, Н/кг	0,58	-0,52	<b>0,72*</b>	0,43	<b>-0,52*</b>	<b>0,51*</b>	0,12	-0,44	0,36
Относительное среднее значение концентрической силы, Н/кг	<b>0,72*</b>	-0,53	<b>0,80*</b>	0,33	-0,48	0,43	0,12	-0,43	0,35
Относительная средняя механическая мощность, Вт/кг	0,65	<b>-0,70*</b>	<b>0,83*</b>	0,42	<b>-0,55*</b>	0,48	0,18	<b>-0,53*</b>	0,44
Относительное максимальное значение механической мощности, Вт/кг	<b>0,75*</b>	<b>-0,80*</b>	<b>0,90*</b>	<b>0,67*</b>	<b>-0,63*</b>	<b>0,70*</b>	0,25	<b>-0,58*</b>	<b>0,52*</b>

Примечание: \* – показатели, имеющие значимую связь  $p < 0,05$ .

Показатели тестирования теннисистов демонстрируют доминирование средних связей. Прямые средние связи видны у показателя «частота теппинга» с показателями высоты прыжка, скорости, индекса реактивной силы, импульса, средней и максимальной механической мощности (абсолютной и относительной), максимальных значений силы и концентрической силы (от  $\rho = 0,51$  до  $\rho = 0,68$ ). Среднее время контакта с опорой показывает обратные сильные связи с высотой прыжка и вертикальной

скоростью отрыва от опоры  $\rho=0,71$ ,  $\rho=0,70$  соответственно, а также обратные средние связи с максимальной скоростью ( $\rho=-0,62$ ), с положительным импульсом и импульсом ( $\rho=-0,51$ ,  $\rho=-0,50$  соответственно), средней и максимальной механической мощностью ( $\rho=-0,56$ ,  $\rho=-0,54$  соответственно), с абсолютным и относительным максимальным значением силы ( $\rho=-0,52$ ,  $\rho=-0,51$  соответственно), абсолютным и относительным максимальным значением концентрической силы ( $\rho=-0,52$ ,  $\rho=-0,52$  соответственно), средним значением концентрической силы ( $\rho=-0,51$ ), с относительной механической мощностью средней и максимального значения ( $\rho=-0,55$ ,  $\rho=-0,63$  соответственно). Прямая сильная корреляционная связь просматривается у теппинг-коэффициента с высотой прыжка, вертикальной скоростью отрыва от опоры и относительным максимальным значением механической мощности –  $\rho=0,72$ ,  $\rho=0,71$ ,  $\rho=0,70$  соответственно. Показатели максимальной скорости, импульса, средней и максимальной механической мощности, максимальных значений силы и концентрической силы, среднего значения концентрической силы и относительного значения максимальной концентрической показывают прямые средние связи в рамках от  $\rho=0,51$  до  $\rho=0,65$  с теппинг-коэффициентом.

В гандболе выявлено небольшое количество взаимосвязей показателей теппинг-теста с показателями вертикального прыжка. Статистически не значимые или только слабые взаимосвязи имеют показатели прыжка с частотой теппинга. Показатель среднего времени контакта гандболистов с опорой демонстрирует обратную среднюю связь с показателями высоты прыжка, скорости, индексом реактивной силы, относительными показателями средней механической мощности и ее максимальным значением (от  $\rho=-0,52$  до  $\rho=-0,58$ ). Теппинг-коэффициент имеет 3 прямые средние связи с высотой прыжка, вертикальной скоростью отрыва от опоры и относительным максимальным значением механической мощности –  $\rho=0,52$ ,  $\rho=0,52$ ,  $\rho=0,52$  соответственно.

#### *Заключение*

1 В результате исследования у спортсменов, представляющих футбол, хоккей и хоккей на траве, не выявлено статистически значимой средней и сильной корреляции между тензодинамометрическими показателями прыжкового и бегового теста.

2 При тестировании баскетболистов определена единичная значимая средней силы корреляция между значением взрывной силы и средней частотой теппинга. У гандболистов средней силы взаимосвязь наблюдается между шестью показателями прыжкового теста (высота прыжка, вертикальная скорость отрыва от опоры, максимальная скорость, индекс реактивной силы, относительное значение максимальной и средней механической мощности) и двумя показателями теппинг-теста (среднее время контакта, теппинг-коэффициент).

3 Наибольшее количество корреляционных связей наблюдается между тензодинамометрическими показателями прыжкового и бегового теста у спортсменов в настольном теннисе и теннисе.

Таким образом, результаты проведенного исследования позволили сделать вывод, что изменение значимых тензодинамометрических показателей прыжкового теста, отражающих уровень проявления скоростно-силовых способностей, у спортсменов в теннисе и настольном теннисе с большой долей вероятности связано с изменением значимых тензодинамометрических показателей теппинг-теста, отражающих проявление скоростных способностей (частоты движений). Следовательно, в скрининговом тестировании при лимите времени для получения достаточного объема информации допускается проведение одного из представленных в исследовании тестов.

#### *Список использованных источников*

1. Уткин, В. А. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие для ф-тов физического воспитания / В. А. Уткин. – М.: Просвещение, 1989. – 210 с.
2. Холодов, Ж. К. Теория и методика физического воспитания и спорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ж. К. Холодов, В. С. Кузнецов. – 3-е изд. – М.: Академия, 2004. – 480 с.
3. Теория и методика физической культуры: учеб. / под ред. Ю. Ф. Курамшина. – М.: Советский спорт, 2003. – 464 с.

4. Макеева, В. С. Теория и методика физической культуры: учеб.-метод. пособие / В. С. Макеева. – Орел: МАБИВ, 2014 – 158 с.
5. Крысанкин, И. В. Воспитание скоростно-силовых качеств у студентов средствами футбола: учеб.-метод. пособие к практическим занятиям / И. В. Крысанкин. – М.: РУТ (МИИТ), 2019. – 50 с.
6. Платонов, В. Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов / В. Н. Платонов. – Киев: Олимпийская литература, 2017. – 656 с.
7. Strength and speed characteristics of elite, subelite, and recreational young soccer players / Gissisloannis [et al.] // Research in sports medicine (Print). – 2006. – Vol. 14. – P. 205–214.
8. Гурин, Я. В. Базовые физические качества, физиологические, педагогические и организационные особенности спортивной подготовки при группировке видов спорта / Я. В. Гурин, О. А. Башмаков, К. И. Братков // Евразийское научное объединение. – 2018. – № 8-2(42). – С. 63–67.
9. Hassan, IHI Relationship between strength, speed and change direction performance in field hockey players / IHI Hassan // MOJ Sports Med. – 2018. – № 2(1). – С. 54–58.
10. Barun Hanjabam Study of ball hitting speed and related physiological and anthropometric characteristics in field hockey players / Barun Hanjabam, Jyotsna Kailashiya // AARJMD. – 2014. – Vol. 17, № 1. – P. 2319–2801.
11. Singh, J. Effect of plyometric training on speed and change of direction ability in elite field hockey players / J. Singh, B. B. Appleby, A. P. Lavender // Sports (Basel). – 2018. – № 6(4). – P. 144.
12. Шестаков, М. М. Развитие скоростных и координационных способностей юных футболистов 10–12 лет / М. М. Шестаков, М. Д. Масри // Материалы науч. и науч.-метод. конф. профессорско-преподавательского состава Кубанского гос. ун-та физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, 21–28 сент. 2020 г. / редкол. С. М. Ахметов [и др.]. – Краснодар: КГУФКСТ, 2020. – С. 67–68.
13. Губа, В. П. Теория и методика футбола: учеб. для студ. высших учеб. заведений / В. П. Губа, А. В. Лексаков. – М.: Советский спорт, 2013. – 534 с.
14. Драндров, Г. Л. Взаимосвязь двигательных способностей и технической подготовленности у футболистов 9–14 лет / Г. Л. Драндров, А. Р. Давлятчина, Н. Х. Кудяшев // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4 – С. 126.

15.10.2021

УДК 796.42

**МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ:  
Сообщение 1. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК**

**Т. И. Чегерова, канд. техн. наук, доцент,**

Учреждение образования «Могилевский государственный университет им. А. А. Кулешова»;

**Е. В. Нехай,**

Частное учреждение образования «Колледж бизнеса и права»;

**Н. Г. Кручинский, д-р мед. наук, доцент,**

Учреждение образования «Полесский государственный университет»

*Аннотация*

*Предложена методика агрегированной оценки состояния подготовленности спортсмена к соревнованиям на основе комплекса педагогических, психологических и медико-биологических показателей, основанная на методах математического прогнозирования. Методика апробирована на результатах пятилетнего мониторинга данных углубленного комплексного обследования легкоатлетов различных специализаций.*

**MATHEMATICAL PREDICTIVE METHODS FOR MANAGING THE TRAINING  
PROCESS OF SKILLED ATHLETES:  
Report 1. DEVELOPMENT OF EXPERT ASSESSMENTS**

*Abstract*

*A method of aggregated assessment of the state of an athlete's readiness for competitions based on a set of pedagogical, psychological, medical and biological indicators, using the methods of mathematical prediction, is proposed. The methodology has been validated through five years of monitoring data from an in-depth complex examination of track and field athletes of various specializations.*

*Введение*

Точный прогноз выступлений на крупнейших соревнованиях является не только важным фактором улучшения качества подготовки спортсменов к ответственным стартам, но также и социальным фактором, связанным с проблемой оптимального расходования материальных и финансовых ресурсов государства.

Прогнозирование результатов соревновательной деятельности в спорте высших достижений приобретает все большую актуальность и относится к категории сложных комплексных проблем с выделением его социально-экономических, психолого-педагогических и медико-биологических аспектов [5]. В настоящее время ведущим принципом оценки перспективности является комплексная оценка потенциальных возможностей спортсмена, так как выделить какой-то один критерий этих способностей достаточно сложно. Это диктует необходимость разработки систем управления тренировочным процессом, основанных на методах математического прогнозирования. Следует заметить, что подобный методический подход показал свою эффективность в экономике, машиностроении, экологии и здравоохранении [1–4, 6].

Оценка функционального состояния спортсмена включает целый комплекс педагогических, психологических и медико-биологических показателей. Для построения интегрального показателя подготовленности спортсмена предлагается методика, позволяющая формализовать частные показатели (медико-биологические, психолого-педагогические и др.) с использованием синтеза математических аппаратов теории нечетких множеств и математической статистики. Данная работа проводилась в рамках выполнения НИР «Разработать модель прогнозирования результативности спортсменов циклических видов спорта, на основе оценки различных сторон подготовленности (на примере легкой атлетики)» (ГР 20114682) в рамках задания научного раздела Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2011–2015 годы [7].

*Цель исследования* – разработка модели прогнозирования результативности легкоатлетов на основе оценки различных сторон подготовленности.

*Объект исследования* – модель агрегирования педагогических, психологических и медико-биологических показателей состояния спортсмена.

*Предмет исследования* – программа прогнозирования результативности спортсмена на основе оценки различных сторон подготовленности легкоатлетов на этапах годичного цикла подготовки.

*Контингент обследуемых* – спортсмены национальной команды и ближайшего резерва специализации легкой атлетики (метание, бег, прыжки) различного возраста, пола, обследованные в пятилетний период в рамках углубленных комплексных обследований.

*Задачи исследования:*

1. Обосновать модель агрегирования педагогических, психологических и медико-биологических показателей состояния спортсменов.

2. Определить информативные педагогические, психологические и медико-биологические показатели состояния спортсмена для разработки обобщенных частных критериев.

3. Провести формализацию и ранжирование частных педагогических, психологических и медико-биологических показателей состояния спортсмена и разработать обобщенные критерии состояния спортсмена.

4. Исследовать динамику и взаимосвязи обобщенных критериев состояния спортсмена с соревновательным результатом и разработать программу определения состояния спортсмена с помощью обобщенных критериев на этапах годичного цикла подготовки. Провести анализ взаимосвязи обобщенных критериев состояния спортсмена с соревновательным результатом и их динамики в годичном цикле подготовки.

5. Разработать компьютерную модель прогнозирования результативности спортсмена на основе обобщенных критериев состояния легкоатлетов и соревновательных результатов на этапах годичного цикла подготовки.

*Методы исследования:*

– педагогические, психологические и медико-биологические методы исследований;

– формализация и ранжирование частных педагогических, психологических и медико-биологических показателей состояния спортсмена;

– современные методы прогнозирования, основанные на интерактивных статистических методах с использованием баз данных педагогических, психологических и медико-биологических показателей спортсменов;

– исследование механизмов агрегирования многомерной информации из реляционных баз данных спортивных результатов;

– современные методы прогнозирования, основанные на интерактивных статистических методах с использованием баз данных педагогических, психологических и медико-биологических показателей спортсменов;

– современные методы автоматизированной обработки данных и создания программного обеспечения.

Для апробации предлагаемой методики были исследованы медико-биологические показатели легкоатлетов различных специализаций.

*Материал и методы исследования*

*Состояние подготовленности спортсменов-легкоатлетов с различной направленностью тренировочного процесса (выносливость, спринт, скоростно-силовые виды) оценивалось по морфологическим, биохимическим, функциональным показателям.*

*В группу выносливости вошли спортивная ходьба, бег на средние и длинные дистанции, в группу спринта включены бег на короткие дистанции и в группу скоростно-силовых видов – прыжковые (высота, шест, длина, тройной) виды и виды метания: копье, диск, молот и толкание ядра.*

Опираясь на анализ материалов научных исследований других авторов, выполненных на спортсменах различных групп видов спорта, следует подчеркнуть, что иерархия значимости факторов спортивной результативности в процессе становления спортивного мастерства на этапах многолетней тренировки имеет общие тенденции (таблица 1).

Таблица 1 – Иерархия значимости факторов спортивной результативности на этапах многолетней подготовки (цитируется по [5])

Категория факторов, влияющих на достижение спортивной результативности	Этап подготовки		
	предварительной подготовки и начальной спортивной специализации	углубленной тренировки и спортивного совершенствования	высшего спортивного мастерства
Морфологические (соматические), включая уровень биологической зрелости	****	**	*
Энергетические (функциональные)	**	****	**
Технико-тактические	*	**	***
Личностно-психические	*	**	****

*Примечание – Факторная нагрузка в общей дисперсии выборки: \*\*\*\* – 30–40 %; \*\*\* – 20–25 %; \*\* – 10–15 %; \* – менее 10 %*

Комплексная оценка медико-биологических и педагогических показателей представляет собой весьма сложную в методологическом плане проблему. При этом ее главными методическими особенностями являются обработка и интерпретации получаемых данных, в том числе:

– многофакторность и необходимость принятия диагностических решений по каждому обследуемому путем рассмотрения одновременно многих параметров состояния системы;

– многокритериальность решаемой задачи по комплексной оценке функционального состояния спортсмена по множеству данных, и вследствие этого, неизбежное и существенное влияние субъективной неопределенности на эту оценку;

– наличие для каждого из оцениваемых факторов весьма широкой области промежуточных состояний между условной нормой (высокая степень функциональной готовности) и «патологией» (низкой функциональной подготовленностью), что ставит под сомнение реальную эффективность использования нормативов, полученных традиционным путем.

Эти проблемы в определенной степени помогают разрешить методический подход с использованием теории нечетких множеств, представляющей богатые возможности для работы с нечетко заданными вербальными значениями переменных и не резко очерченными классами, которые нашли достаточно широкое применение в технике, экономике и медицине [2, 3].

Для количественной критериальной оценки медико-биологических показателей спортсменов использовались функции желательности, возрастающие от минимального нулевого значения (гарантированная «патология», т.е. наихудшее функциональное состояние спортсмена) до максимума, равного 1, в области гарантированной нормы – наилучшее функциональное состояние спортсмена.

За основу при построении функций желательности брались существующие нормативные диапазоны, ширина переходной зоны в каждом конкретном случае оценивалась экспертом, исходя из накопленного опыта, интуиции с учетом возможных погрешностей анализа и типичных отклонений от нормы, а также из поведения построенной модели. Такие оценки проводятся путем прямого численного интегрирования полученных при обработке данных обследования гистограмм.

Границы областей гарантированной патологии находятся путем привлечения экспертных оценок. На рисунке 1 приведен пример построения функции желательности показателя гемоглобина (Hb) для мужчин-легкоатлетов со специализацией «спринт-скорость».

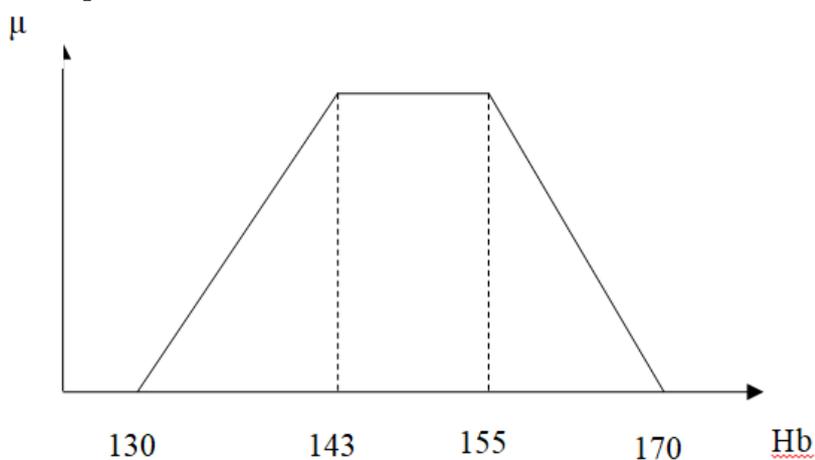


Рисунок 1 – Функция желательности ( $\mu$ ) показателя гемоглобина (Hb) для мужчин специализации «спринт-скорость»

В тех случаях, когда частный признак может быть представлен лишь на вербальном уровне, использование функций желательности является наиболее адекватным способом математической формализации подобного рода информации [8].

Для решения этой задачи было предложено ввести функцию желательности, характеризующую степень выраженности вербально задаваемого признака, с использованием лингвистических градаций степени его выраженности и соответствующих им числовых оценок из интервала [от 0 до 1], что проиллюстрировано на рисунке 2.

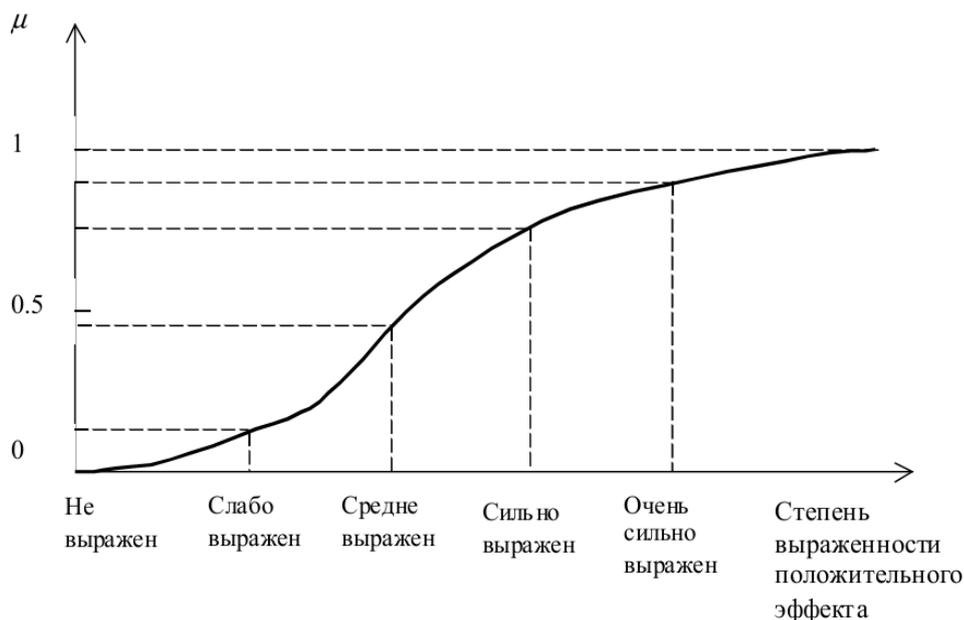


Рисунок 2 – Нечеткий интервал, соответствующий частному критерию, заданному на качественном (лингвистическом) уровне

Такой методический подход позволяет в значительной мере унифицировать процесс математической формализации частных критериев, характеризующих состояния спортсмена на определенном этапе подготовки.

Далее функции желательности сворачиваются в так называемый глобальный критерий [4]. Наиболее предпочтительными для построения глобального критерия в наших целях представляются следующие варианты:

1) вариант максимального пессимизма:

$$D1 = \min(\mu_1^{\alpha_1}, \mu_2^{\alpha_2}, \dots, \mu_n^{\alpha_n}) \quad (1)$$

2) аддитивная свертка

$$D2 = (\alpha_1 \cdot \mu_1 + \alpha_2 \cdot \mu_2 + \dots + \alpha_n \cdot \mu_n) / n \quad (2)$$

3) мультипликативная свертка

$$D3 = \mu_1^{\alpha_1} \cdot \mu_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot \mu_n^{\alpha_n}, \quad (3)$$

где D1, D2, D3 – альтернативные варианты построения глобального критерия;

$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$  – функции желательности исследуемых характеристик;

n – общее число исследуемых составляющих;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  – коэффициенты относительной важности отдельных показателей качества исследуемой системы для оценки ее качества в целом.

По построению каждая из входящих в (1)–(3) функций желательности изменяет свои значения от 0 до 1, поэтому значения D1, D2 и D3 могут изменяться от нуля (наихудшее функциональное состояние) до единицы (гарантированная норма).

Обобщенный критерий типа D1 оценивает состояние спортсмена на определенном этапе подготовки (спортивного мастерства) «с точки зрения максимального пессимизма», т.е. всегда равен значению функции желательности (возведенному в степень, равную коэффициенту относительной важности) частной характеристики исследуемой системы, для которой у исследуемого индивидуума получены наихудшие показатели.

Предлагаемая методика агрегирования частных критериев в обобщенные позволяет характеризовать качество состояния готовности спортсмена к соревнованиям. Частные критерии состояния спортсмена и успешного выступления определялись на основании данных оценки различных сторон подготовленности легкоатлетов на этапах годового цикла подготовки. Состояние спортсмена оценивалось по данным педагогических, психологических и медико-биологических показателей.

Каждая группа показателей состоит из различного количества частных критериев, которые, в свою очередь, могут образовывать группы, организованные по характеру влияния их на состояние готовности спортсмена.

Были выделены следующие блоки отобранных показателей:

- морфологический (относительные показатели массы мышечной ткани и массы жировой ткани);

- функциональный, характеризующий состояние сердечно-сосудистой системы и функции внешнего дыхания (9 параметров: частота сердечных сокращений; систолическое, диастолическое и среднее артериальное давление; ударный объем крови; минутный объем кровообращения; сердечный индекс; частота дыханий в 1 минуту и параметры спирометрии);

- педагогический (показатели уровня общей физической работоспособности);

- биохимический и гематологический (11 параметров: развернутый общий анализ крови; концентрация молочной кислоты; концентрация ферментов (сукцинат-дегидрогеназа, митохондриальная  $\alpha$ -глицерофосфат-дегидрогеназа, аминотрансферазы); концентрация мочевины, концентрация креатинина);

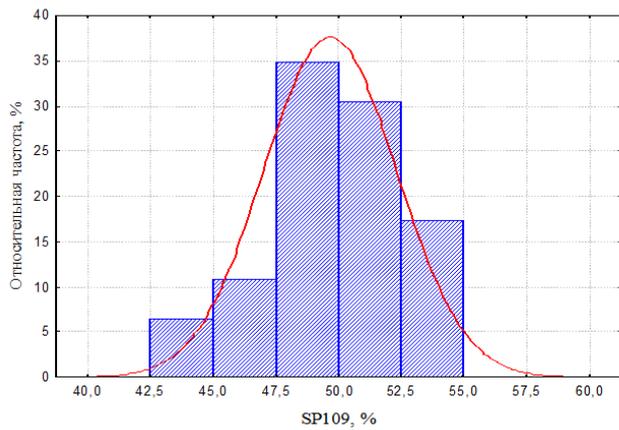
- психофизиологический (5 параметров: простая зрительно-моторная реакция; реакция различения; реакция на движущийся объект; экспресс-методика «Теппинг-тест»; шкала ситуативной тревожности Спилбергера).

Для построения комплексной оценки такой многоуровневой системы использовалась методика, позволяющая естественным образом строить разветвленные иерархические структуры [2] со специально разработанным для этого специализированным программным обеспечением [7], что позволяет рассчитать частные и глобальные критерии, характеризующие состояние готовности спортсмена к стартам, оценить его в динамике и провести сравнительный анализ с его результативностью с целью прогнозирования результатов соревнований, а также использовать полученные результаты для оптимизации тренировочного процесса.

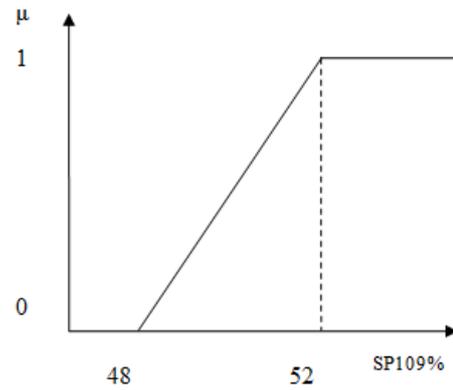
Далее в качестве примера реализации описанного выше методологического подхода для решения поставленных задач приведем результаты, полученные нами при обработке данных многолетнего обследования спортсменов-легкоатлетов и построения комплексной оценки частных и глобальных критериев, характеризующие его состояние и готовность к стартам на примере блоков морфологических, биохимических и функциональных параметров.

*Расчет глобально критерия блока морфологических показателей спортсменов-легкоатлетов различной специализации*

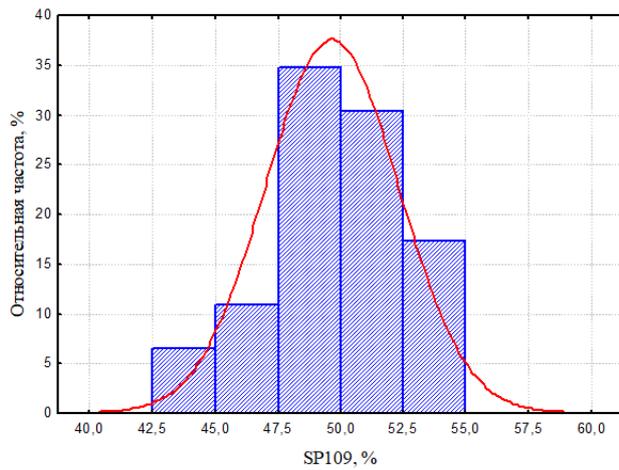
Проведен расчет частных критериев блока морфологических показателей «несущих наибольший вклад в результат»: относительные показатели массы мышечной ткани (SP109, %) и массы жировой ткани (SP111, %). Частотное распределение кумулята и пример построения функции желательности, которая строилась по типу 5 для относительного показателя массы мышечной ткани спортсменов-легкоатлетов, представлены на рисунке 3.



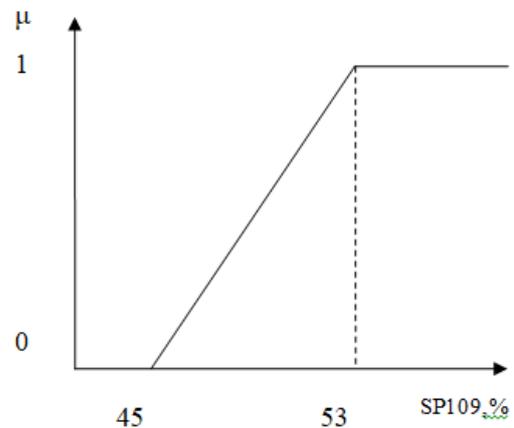
а)



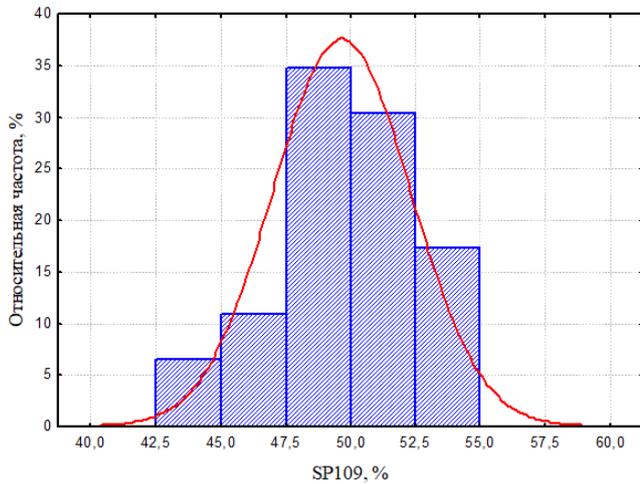
б)



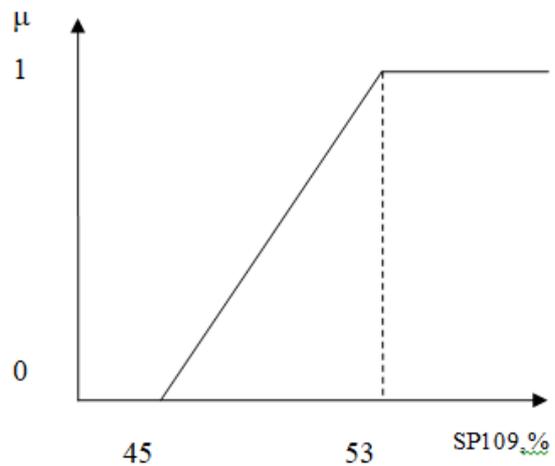
в)



г)



д)



е)

Рисунок 3 – Частотное распределение и функция желательности ( $\mu$ ) для относительного показателя массы мышечной ткани (SP109, %) мужчин специализации «спринт-скорость» (а, б), «скоростно-силовые виды» (в, г), «выносливость» (д, е)

Опорные точки и типы функций желательности по каждой выделенной специализации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Опорные точки функций желательности по блоку морфологических показателей, %

Показатели	Масса мышечной ткани	Масса жировой ткани	Масса мышечной ткани	Масса жировой ткани
Тип функции желательности				
	мужчины		женщины	
Специализация «выносливость»				
x1	45		41	
x2	53	8	52	12
x3		16		25
Специализация «спринт»				
x1	48		41	
x2	52	8	52	12
x3		18		25
Специализация «скоростно-силовые виды»				
x1	42		40	
x2	54	10	50	14
x3		28		35

Морфологические показатели (мышечный и жировой компоненты) были признаны экспертами, равнозначными в оценке морфологического статуса спортсмена, поэтому коэффициенты относительной важности для расчета обобщенного критерия для них были приняты равными единице.

Расчет глобального критерия морфологических показателей по формуле аддитивной свертки (4):

$$Gl_m = (1 \cdot \mu_{SP109} + 1 \cdot \mu_{SP111}) / 2, \quad (4)$$

где  $Gl_m$  – глобальный критерий морфологического блока показателей;

$\mu_{SP109}$ ,  $\mu_{SP111}$ , – частные (локальные) критерии относительных показателей массы мышечной (SP109, %) и жировой ткани (SP111, %);

1 – коэффициенты относительной важности отдельных показателей качества исследуемой системы для оценки ее качества в целом.

Аналогичным образом были проанализированы данные показателей жировой массы различных специализаций мужчин и показатели мышечной и жировой массы женщин.

#### Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования впервые для спортивной отрасли разработана методика агрегирования частных критериев по данным педагогических, психологических и медико-биологических показателей в обобщенные критерии, характеризующие качество состояния готовности спортсмена к соревнованиям.

Создана агрегированная модель педагогических, психологических и медико-биологических показателей легкоатлетов и проведена оценка ее адекватности и апробирована методика агрегирования частных критериев по данным педагогических, психологических и медико-биологических показателей в обобщенные критерии, характеризующие качество состояния готовности спортсмена к соревновательной практике.

Разработан обобщенный алгоритм решения комплекса задач пользователя и детальный алгоритм обработки данных:

– определен состав объектов и их свойств, методов обработки, событий, запускающих методы обработки с учетом принятого подхода к проектированию программного продукта;

- установлен состав общесистемного программного обеспечения, включающий базовые средства (операционную систему, модель СУБД, электронные таблицы);
- разрабатывается внутренняя структура программного продукта, образованная отдельными программными модулями.

#### Список использованных источников

1. Гветадзе, Р. Ш. Разработка экспертной оценки качества стоматологической помощи / Р. Ш. Гветадзе, С. Н. Андреева, В. Г. Бутова, Т. И. Чегерова // *Стоматология*. – 2021. – № 100 (1). – С. 73–78.
2. Дилигинский, Н. В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н. В. Дилигинский, А. Г. Дымова, П. В. Севастьянов // *Монография под. общ. ред. Н. В. Дилигинского*. – М.: «Машиностроение», 2004. – 336 с.
3. Интегральная оценка влияния производственных и непроизводственных условий на состояние здоровья работающих во вредных и опасных условиях труда: новые методические подходы: метод. рекомендации / А. И. Тепляков [и др.] // *Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний: в 7 т.* – Минск: ГУ РНМБ, 2005. – Т. 1: Медико-социальная экспертиза и реабилитация больных. Гигиена труда и профессиональная патология. – С. 208–268.
4. Методика комплексной оценки экологического состояния регионов для принятия оптимальных управленческих решений: метод. рекомендации / П. В. Севастьянов, Дымова А. Г., Чегерова Т. И. [и др.] / БелНИИЭПП. – Могилев, 2000. – 29 с.
5. Никитушкин, В. Г. Организационно-методические основы подготовки спортивного резерва: монография / В. Г. Никитушкин, П. В. Квашук, В. Г. Бауэр. – М.: Советский спорт, 2005. – 232 с.
6. Поворова, О. В. Возрастные особенности иммунного статуса детей с частыми респираторными заболеваниями / О. В. Поворова, В. А. Ливинская, Т. И. Чегерова // *Вест. Могил. госуд. ун-та*. – 2021. – № 1. – С. 103–114.
7. Разработать модель прогнозирования результативности спортсменов циклических видов спорта на основе оценки различных сторон подготовленности (на примере легкой атлетики): отчет о НИР (заключ.) / НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь; рук. Н. Г. Кручинский, Е. В. Нехай – Минск, 2012. – 180 с. – № ГР 20114682.
8. Zadeh, L. A. Fuzzy Sets / L. A. Zadeh // *Inf. Contr.* – 1965. – Vol. 8. – P. 338–358.

05.11.2021

УДК 796.322

### **ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УВЕЛИЧЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНИМАЮЩИХСЯ ГАНДБОЛОМ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧЕБНО-СПОРТИВНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**И. Г. Шестаков,**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

#### *Аннотация*

*Поступательное развитие гандбола в Республике Беларусь как одного из олимпийских видов спорта связано с решением целого комплекса задач. Одной из таких задач является повышение общего количества занимающихся гандболом в Республике Беларусь с минимальными финансовыми, трудовыми и другого рода затратами.*

*Автор статьи представил не только перечень нормативно-правовых документов, изменение которых позволит создать необходимую правовую основу для увеличения численности занимающихся гандболом в Республике Беларусь,*

но и разработал конкретные предложения по изменению содержания документов, регламентирующих деятельность специализированных учебно-спортивных учреждений (СУСУ).

## **WAYS TO INCREASE THE NUMBER OF HANDBALL PLAYERS IN SPECIALISED EDUCATIONAL AND SPORTS INSTITUTIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

### *Abstract*

*The progressive development of handball in the Republic of Belarus as one of the Olympic sports is connected with the solution of a whole set of problems. One of these tasks is to increase the total number of handball players in the Republic of Belarus with minimum financial, labour and other expenses.*

*The author of the article has not only presented a list of normative legal documents, the modification of which will create the necessary legal basis for increasing the number of handball players in the Republic of Belarus, but has also developed specific recommendations on modifying the content of documents regulating the activities of specialized educational and sports institutions (SESI).*

### *Введение*

Поиску решения одного из наиболее острых вопросов, связанного с созданием необходимых условий для повышения количества занимающихся в СУСУ по различным видам спортивных игр в целом и гандбола в частности, уделяется особое внимание не только Министерством спорта и туризма Республики Беларусь, но и различными общественными организациями в лице федераций по видам спорта. Актуальность данной проблематики подтверждается рядом положений, закрепленных в Концепциях развития различных игровых видов спорта. Например, в Концепции развития гандбола в Республике Беларусь на период 2020–2028 гг. говорится: « ... увеличить общее количество занимающихся гандболом за счет уменьшения количества детей, заканчивающих заниматься гандболом в раннем и среднем возрасте» [3]. В связи с этим результаты, полученные в ходе исследования и изложенные в данной статье, имеют высокую теоретическую и практическую значимость.

Целью исследования является поиск решений, способствующий повышению количества занимающихся в СУСУ по гандболу Республики Беларусь без привлечения дополнительных финансовых средств и задействованию новых спортивных сооружений.

### *Задачи исследования:*

1. Произвести анализ фактического количества занимающихся в СУСУ по гандболу Республики Беларусь.

2. Адаптировать действующую систему многолетней подготовки гандболистов в Республике Беларусь к современным теоретико-методическим основам программирования макроциклов в спортивных играх.

3. Разработать предложения об изменении нормативно-правовых документов, позволяющих повысить общее количество занимающихся гандболом в Республике Беларусь.

Объектом исследования является система многолетней подготовки гандболистов в Республике Беларусь.

На первом этапе исследования проводился системный анализ показателей, отражающих фактическое количество занимающихся гандболом в СУСУ Республики Беларусь в целом и в каждой области отдельно. Дополнительному анализу были подвергнуты количественные показатели занимающихся гандболом в СУСУ, проходящих обучение на различных этапах спортивной подготовки и в разных учебных группах.

В дальнейшем на основании результатов, полученных на первом этапе исследования, были определены теоретические положения, реализация которых на практике позволит значительно повысить общее количество занимающихся гандболом в Республике Беларусь без изменения условий финансирования деятельности СУСУ по гандболу и на основе имеющейся инфраструктуры спортивных сооружений.

В заключительной части исследования автором статьи был определен не только перечень нормативно-правовых документов, подлежащих изменению, но и разработаны конкретные предложения по обновлению их содержательной составляющей.

В ходе исследования были проанализированы показатели, отражающие фактическое количество занимающихся в учебных группах различных годов обучения, изложенные в документах «Справаздача аб рабоце сярэдняй школы – вучылішча алімпійскага рэзерву за 2019 г.» [8] и «Справаздача аб рабоце спецыялізаванай вучэбна-спартыўнай установы, дзіцяча-юнацкай спартыўнай школы (спецыялізаванай дзіцяча-юнацкай школы алімпійскага рэзерву), уключанай у структуру клуба па віду (відах) спорту ў выглядзе адасобленага структурнага падраздзялення» [9], подготовленных Министерством спорта и туризма Республики Беларусь в 2019 году.

На основании официальных данных Министерства спорта и туризма Республики Беларусь на начало 2020 года подавляющее большинство занимающихся гандболом зарегистрировано в детско-юношеских спортивных школах (ДЮСШ) и специализированных детско-юношеских спортивных школах олимпийского резерва (СДЮШОР). На их долю приходится 98,8 % от общего количества учащихся, или 6112 человек. В системе училищ олимпийского резерва обучаются 75 учащихся (1,2 %).

Результаты, полученные в ходе системного анализа, позволяют утверждать, что из 6112 учащихся ДЮСШ, СДЮШОР, ЦОР 3603 человек, или 58,9 %, проходят обучение на этапе начальной подготовки (рисунок 1). Так, в группах начальной подготовки первого года обучения (ГНП-1) зарегистрировано 1780 юных гандболистов или 29,1 %, а в группах начальной подготовки второго года обучения (ГНП-2) – 1823 человека, или 29,8 %. Данные о количестве занимающихся в группах начальной подготовки третьего года обучения (ГНП-3) отсутствуют. При этом на учебно-тренировочном этапе, продолжительность которого значительно больше, обучение приходят 2386 занимающихся, что составляет 39 %. Распределение занимающихся по учебным группам на данном этапе спортивной подготовки следующее: в учебно-тренировочных группах первого года обучения (УТГ-1) занимаются 804 юных гандболиста (13,1 %), УТГ-2 – 582 (9,5 %), УТГ-3 – 490 (8 %), УТГ св. 3 лет – 510 (8,4 %). На этапах спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства обучение проходят 121 и 2 занимающихся, или 2 и 0,03 % соответственно. В группах спортивного совершенствования первого года обучения (СПС-1) зарегистрировано 64 спортсмена (1,1 %), СПС-2 – 30 (0,5 %), СПС св. 2 лет – 27 (0,4 %) и в группах высшего спортивного мастерства (ВСМ) – 2 человека (0,03 %).

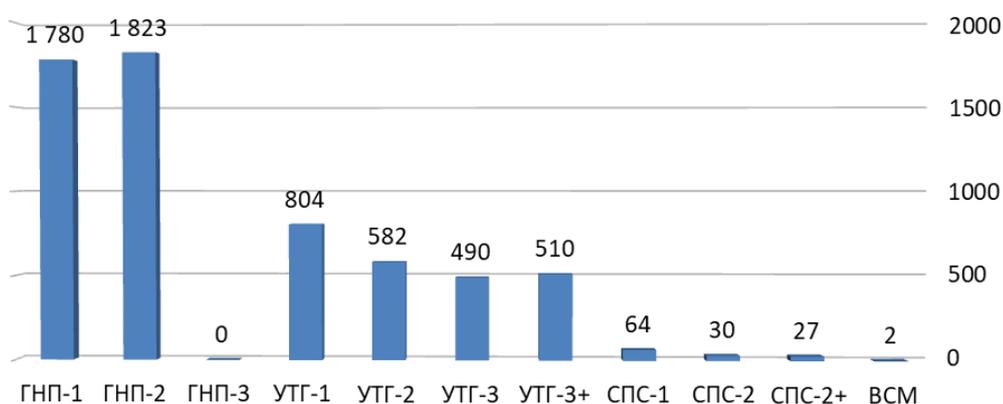


Рисунок 1 – Фактическое количество занимающихся в учебных группах различных годов обучения в ДЮСШ, СДЮШОР, ЦОР Республики Беларусь

Наибольшее количество занимающихся в группах начальной подготовки первого года обучения (ГНП-1) зафиксировано в Гродненской области, где этот показатель составляет 495 юных гандболистов. Далее следует Гомельская область с показателем 319 занимающихся, г.Минск – 284, Могилевская область – 207, Брестская область – 179, Минская область – 166, Витебская область – 130 (рисунок 2).

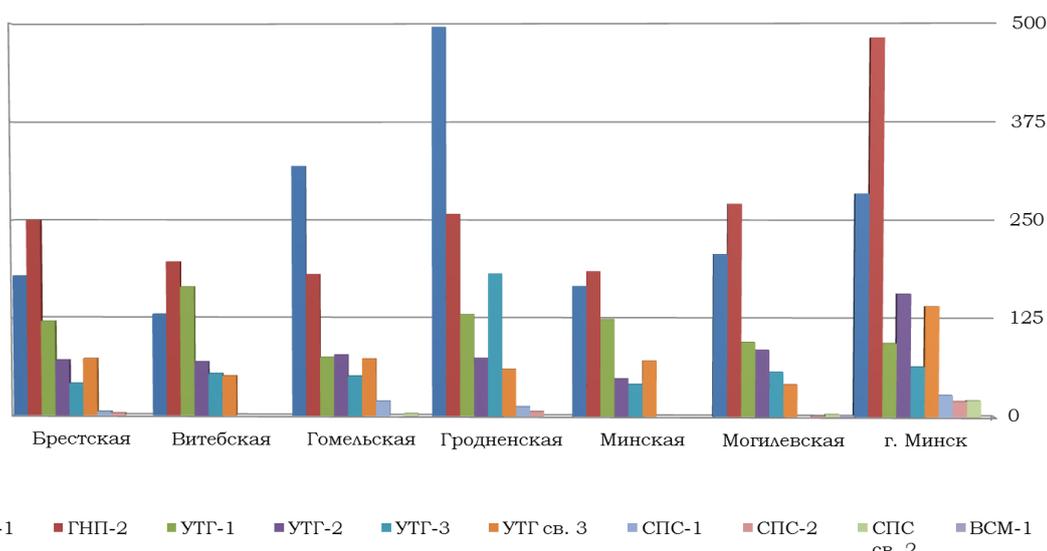


Рисунок 2 – Фактическое количество занимающихся в учебных группах различных годов обучения в ДЮСШ, СДЮСШОР, ЦОР шести областей Республики Беларусь и г.Минска

Для групп начальной подготовки второго года обучения (ГНП-2) существует следующая наполняемость: г.Минск – 481 занимающихся, Могилевская область – 271, Гродненская область – 258, Брестская область – 250, Витебская область – 197, Минская область – 185, Гомельская область – 181.

Сведения о наполняемости групп начальной подготовки третьего года обучения (ГНП-3) отсутствуют.

Для учебно-тренировочных групп первого года обучения (УТГ-1) зафиксирована следующая наполняемость: Витебская область – 165 спортсменов, Гродненская область – 130, Минская область – 124, Брестская область – 121, Могилевская область – 95, г.Минск – 94, Гомельская область – 75.

Для учебно-тренировочных групп второго года обучения (УТГ-2) сложилась следующая наполняемость: г.Минск – 157 человек, Могилевская область – 85, Гомельская область – 78, Гродненская область – 74, Брестская область – 71, Витебская область – 69, Минская область – 48.

Для учебно-тренировочных групп третьего года обучения (УТГ-3) существует следующая наполняемость: Гродненская область – 182 занимающихся, г.Минск – 64, Могилевская область – 57, Витебская область – 54, Гомельская область – 51, Брестская область – 41, Минская область – 41.

Для учебно-тренировочных групп свыше 3 лет (УТГ св. 3 лет), объединяющих две возрастные группы, а именно: учебно-тренировочные группы четвертого и пятого годов обучения (УТГ-4, УТГ-5), зафиксирована следующая наполняемость: г.Минск – 141 человек, Брестская область – 73, Гомельская область – 73, Минская область – 71, Гродненская область – 60, Витебская область – 51, Могилевская область – 41.

Для групп спортивного совершенствования первого года обучения (СПС-1) сложилась следующая наполняемость: г.Минск – 28 спортсменов, Гомельская область – 19, Гродненская область – 12, Брестская область – 5. В Могилевской, Витебской и Минской областях группы СПС-1 отсутствуют.

Для групп спортивного совершенствования второго года обучения (СПС-2) существует следующая наполняемость: г.Минск – 20 занимающихся, Гродненская область – 6, Брестская область – 5, Могилевская область – 1. В Гомельской, Витебской и Минской областях группы СПС-2 отсутствуют.

Для групп спортивного совершенствования свыше 2 лет обучения (СПС- св. 2 лет) зафиксирована следующая наполняемость: г.Минск – 21 человек, Гомельская область – 3, Могилевская область – 3. В Гродненской, Брестской, Витебской и Минской областях группы СПС св. 2 лет отсутствуют.

Для групп высшего спортивного мастерства (ВСМ) сложилась следующая наполняемость: Могилевская область – 2 занимающихся. В г.Минске, Гомельской, Гродненской, Брестской, Витебской и Минской областях группы ВСМ отсутствуют.

Уменьшение общей численности занимающихся гандболом в ДЮСШ, СДЮСШОР, ЦОР по гандболу Республики Беларусь происходит каждый раз при переходе занимающихся в более старшую возрастную группу, за исключением перехода из ГНП-1 в ГНП-2. Такого рода снижение общего количества гандболистов имеет четко выраженную тенденцию.

Сопоставление количества занимающихся в учебных группах разных годов обучения позволило выявить, что наибольшее сокращение происходит при переходе из групп начальной подготовки второго года обучения (1823 человека) в учебно-тренировочные группы первого года обучения (804 человека). При переходе из одной учебной группы в другую 1019 занимающихся, или 17 % от общего количества учащихся, проходящих обучение в ДЮСШ, СДЮСШОР, ЦОР по гандболу Республики Беларусь, полностью прекращают заниматься гандболом. Наиболее ярко данная ситуация выражена в г.Минске, где сокращение занимающихся при переходе из ГНП-2 (481 человек) в УТГ-1 (94 человека) достигает 387 человек, или 80,4 % от ранее зарегистрированных юных гандболистов.

Наиболее значимыми для оценки фактического количества занимающихся гандболом в Республике Беларусь служат показатели общей численности юных гандболистов, обучающихся в ДЮСШ, СДЮСШОР, ЦОР в течение первых трех лет из двенадцати. Установлено, что в течение этого периода секции гандбола посещают 4407 человек, или 72 % от общего количества занимающихся гандболом. При этом численность гандболистов в последующие девять лет составляет всего 1705 человек, или 28 % от общего количества. Отдельно стоит отметить, что только 123 спортсмена, или 2,03 % от общего количества занимающихся проходят обучение в группах спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства, функционирование которых связано с заключительными четырьмя годами.

Как отмечалось ранее, общая численность занимающихся гандболом в СУСУ Республики Беларусь составляет 6187 человек. Данного количества занимающихся недостаточно для эффективной работы системы многолетней подготовки гандболистов. В связи с этим в Концепции развития гандбола [3] определен планируемый показатель общего количества занимающихся гандболом в СУСУ Республики Беларусь, который составляет 12 800 человек.

Системный анализ показателя, отражающего фактическое количество занимающихся гандболом в Республике Беларусь, позволил установить, что решение задачи по увеличению общей численности занимающихся лежит не только в изменении имеющейся тенденции неуклонного снижения численности занимающихся, связанного с переходом в более старшую возрастную группу, но и в двукратном отставании фактических от планируемых показателей общей численности гандболистов.

Для устранения выявленных негативных тенденций по оттоку детей из секций гандбола в СУСУ и выхода на запланированные показатели общего количества гандболистов в Республике Беларусь предлагаются следующие решения:

#### *1. Увеличение этапов спортивной подготовки в гандболе*

Достижение поставленной цели исследования возможно, в том числе за счет внедрения в систему многолетней подготовки гандболистов современных теоретико-методических основ, раскрывающих технологию проектирования макроциклов в спортивных играх с одновременным изменением действующих нормативно-правовых документов, регламентирующих деятельность СУСУ по гандболу в Республике Беларусь.

В работе на соискание ученой степени доктора педагогических наук, выполненной М. В. Сахаровой [7], научно обоснована необходимость использования в системе многолетней подготовки спортсменов в игровых видах спорта дополнительного этапа спортивной подготовки под названием «Предварительная общеигровая физкультурно-спортивная подготовка (ПСП)», ориентированного на детей от 4 до 8 лет. Отличительной особенностью дополнительного этапа является полный отказ от ранней избирательной специализации. Основное тренировочное воздействие на этапе ПСП направляется на создание предпосылок для дальнейшего обучения и развития тех физических качеств и способностей, которые в оптимальные для занятий возрастные периоды смогут обеспечить успешность в игровых видах спорта [7].

Исходя из вышеизложенного необходимо обновить два нормативно-правовых документа, а именно: «Положение о стандарте спортивной подготовки» [5], «Гандбол: учебная программа для специализированных учебно-спортивных учреждений и училищ олимпийского резерва» [1] и перейти к использованию в системе многолетней подготовки как гандболистов, так и юных спортсменов в других видах спортивных игр, пяти этапов спортивной подготовки взамен четырех, функционирующих на данный момент времени.

Вследствие того, что система многолетней подготовки гандболистов в СУСУ в организационном плане неразрывно связана с системой общего среднего образования, целесообразно объединить их между собой, привязав годы обучения в СУСУ к годам обучения в общеобразовательных школах.

Таблица 1 – Соотношение фактических и рекомендуемых этапов спортивной подготовки гандболистов

Фактические этапы спортивной подготовки	Фактическая продолжительность этапов (в годах)	Минимальный возраст для зачисления в учебные группы	Рекомендуемая продолжительность этапов (в годах)	Рекомендуемые этапы спортивной подготовки
Отсутствует	Отсутствует	6 лет – 1-й класс	ПСП-1	Предварительной общеигровой физкультурно-спортивной подготовки
Начальной подготовки	ГНП-1	7 лет – 2-й класс	ПСП-2	
	ГНП-2	8 лет – 3-й класс	ПСП-3	
Учебно-тренировочный	ГНП-3	9 лет – 4-й класс	ГНП-1	Начальной подготовки
	УТГ-1	10 лет – 5-й класс	ГНП-2	
	УТГ-2	11 лет – 6-й класс	ГНП-3	Учебно-тренировочный
	УТГ-3	12 лет – 7-й класс	УТГ-1	
	УТГ-4	13 лет – 8-й класс	УТГ-2	
Спортивного совершенствования	УТГ-5	14 лет – 9-й класс	УТГ-3	Спортивного совершенствования
	СПС-1	15 лет – 10-й класс	СПС-1	
	СПС-2	16 лет – 11-й класс	СПС-2	
Высшего спортивного мастерства	СПС св. 2 лет	17 лет	СПС-3	Высшего спортивного мастерства
	ВСМ-1	18 лет	ВСМ-1	
	ВСМ-2	19 и старше	ВСМ-2	
	ВСМ (не ограничено)	20 и старше	ВСМ (не ограничено)	

## 2. Изменение рекомендуемого минимального возраста начала занятия гандболом

Переход системы многолетней подготовки гандболистов на 5-этапное проектирование макроциклов неминуемо приведет к необходимости внести изменения в постановление Министерства спорта и туризма Республики Беларусь от 16 января 2017 г. № 2/6 «Об установлении рекомендуемого минимального возраста для занятия видами спорта» [4]. Изменению подлежит содержание таблицы 1 «Рекомендуемый минимальный возраст для занятия видами спорта (за исключением видов спорта, включенных в программу Паралимпийских и Дефлимпийских игр)». Предлагается определить возраст 9 лет как рекомендуемый минимальный возраст начала занятия гандболом вместо 7-летнего возраста, указанного в таблице 1 вышеназванного документа.

## 3. Учебная программа для СУСУ на основе подвижных игр и эстафет

Во избежание негативных последствий, связанных с ранней специализацией занятий одним из видов спортивных игр и сокращением оттока занимающихся в первые годы систематических занятий, необходимо разработать инновационную учебную программу для СУСУ по игровым видам спорта, в которой подготовка юных спортсменов на этапе предварительной общеигровой физкультурно-спортивной подготовки будет производиться в основном за счет использования подвижных игр и эстафет. Использование инновационной учебной программы на практике позволит создать условия, при которых занимающиеся в течение первых трех лет получают возможность попробовать свои силы в следующих видах спортивных игр: футболе, гандболе, баскетболе, хоккее с мячом в зале (флорбол), волейболе. Индивидуальный

опыт, приобретенный занимающимися, совместно с результатами контрольных испытаний и опытом тренера-преподавателя позволит выявить наиболее перспективных и талантливых спортсменов, обладающих необходимыми способностями к занятию в определенном виде спортивных игр. В совокупности, это позволит не только сохранить интерес у детей к продолжению спортивной деятельности даже в видах спорта, не связанных со спортивными играми (необходимыми для здоровья), но и предотвратит потерю ими большого количества времени в случае продолжения занятия спортом [2].

Безусловно, использование инновационной учебной программы для СУСУ по игровым видам спорта, основанной на использовании подвижных игр и эстафет, с одновременным принятием участия в учебно-тренировочных занятиях и соревнованиях по различным видам спортивных игр необходимо закрепить соответствующим образом в «Положении о Стандарте спортивной подготовки» [5].

#### *4. Наполняемость учебных групп в СУСУ по гандболу*

Действующие на данный момент времени нормы, регулирующие минимальное количество занимающихся в одной учебной группе и закрепленные в постановлении Министерства спорта и туризма Республики Беларусь от 30 декабря 2019 г. № 48 «Об особенностях регулирования труда работников, осуществляющих педагогическую деятельность в сфере физической культуры и спорта» [6], значительно занижены и находятся в противоречии с учебной программой по гандболу для СУСУ [1]. Противоречие выражается в следующем. Постановление № 48 определяет минимальную наполняемость учебных групп разных годов обучения. Например, для групп начальной подготовки и учебно-тренировочных групп всех годов обучения минимальное количество занимающихся составляет 10 человек, а для групп спортивного совершенствования – 6. Так, в учебной программе по гандболу для СУСУ [1] в разделе тактической подготовки имеется задача по обучению занимающихся командным тактическим взаимодействиям в нападении и командным тактическим системам игры в защите. Решение такого рода педагогических задач предполагает наличие двух команд, состоящих из 7 игроков каждая. При этом игроки одной команды выполняют защитные действия, а игроки второй команды – атакующие. Таким образом, для реализации на практике задач, предусмотренных учебной программой по гандболу, необходимо наличие на одном учебно-тренировочном занятии группы спортсменов, состоящей как минимум из 14 человек.

Для устранения имеющегося противоречия между нормой, регламентирующей минимальную наполняемость учебных групп, и минимальным количеством игроков, необходимым для овладения командной тактикой игры в нападении и защите, рекомендуется внести следующие изменения в постановление № 48. Установить для СУСУ по гандболу следующую минимальную наполняемость для групп начальной подготовки – не менее 18 человек, учебно-тренировочных групп – 16, групп спортивного совершенствования – 14.

С изменением минимального значения наполняемости учебных групп разных годов обучения устраняется не только ранее описанное противоречие, но и решается задача по увеличению количества занимающихся гандболом в Республике Беларусь в целом. При этом автоматическое увеличение количества занимающихся гандболом в СУСУ не влечет дополнительных финансовых средств, увеличения времени использования одного спортивного сооружения, а также задействования дополнительных спортивных сооружений для проведения учебно-тренировочных занятий.

#### *Заключение:*

1 На начало 2020 года фактическое количество занимающихся в СУСУ по гандболу Республики Беларусь составляло 6187 человек.

2 4407 человек, или 72 % от общего количества занимающихся гандболом в учебных группах первых 3 лет обучения из 12 запланированных.

3 Для увеличения количества занимающихся гандболом в Республике Беларусь необходимо адаптировать систему многолетней подготовки гандболистов к современным теоретико-методическим основам программирования макроциклов

в спортивных играх, введя дополнительный этап спортивной подготовки «Предварительная общеигровая физкультурно-спортивная подготовка».

4 Во избежание негативных последствий, связанных с ранней специализацией занятий гандболом, необходимо внести изменения в постановление Министерства спорта и туризма Республики Беларусь от 16 января 2017 г. № 2/6 «Об установлении рекомендуемого минимального возраста для занятия видами спорта» и повысить рекомендуемый минимальный возраст занятия гандболом с 7 до 9 лет.

5 Для уменьшения оттока занимающихся из секций СУСУ по спортивным играм необходимо разработать инновационную учебную программу для начинающих спортсменов на основе использования подвижных игр и эстафет.

6 Для увеличения количества занимающихся гандболом в Республике Беларусь необходимо внести изменения в постановление Министерства спорта и туризма Республики Беларусь от 30 декабря 2019 г. № 48 «Об особенностях регулирования труда работников, осуществляющих педагогическую деятельность в сфере физической культуры и спорта» и увеличить минимальную наполняемость групп начальной подготовки с 10 до 18 человек, учебно-тренировочных групп с 10 до 16, групп спортивного совершенствования с 6 до 14.

#### *Список использованных источников*

1 Гандбол: учеб. программа для специализир. учеб.-спорт. учреждений и училищ олимп. резерва / М-во спорта и туризма Респ. Беларусь, Науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т физ. культуры; авт.-сост. А. Г. Мовсесов, А. А. Шевцов. – Минск, 2009. – 127 с.

2 Губа, В. П. Теория и практика спортивного отбора и ранней ориентации в виды спорта / В. П. Губа. – М.: Советский спорт, 2008. – 304 с.

3 Концепции развития гандбола в Республике Беларусь на 2020–2028 гг. / М-во спорта и туризма Респ. Беларусь, Белорусская федерация гандбола, Национальный олимпийский комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2020. – 64 с.

4 Об установлении рекомендуемого минимального возраста для занятия видами спорта [Электронный ресурс]: постановление М-ва спорта и туризма Респ. Беларусь, 16 янв. 2017 г. № 2/6 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/W21731727\\_1485464400.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/W21731727_1485464400.pdf). – Дата доступа: 02.08.2021.

5 Положение о стандарте спортивной подготовки [Электронный ресурс]: утв. постановлением М-ва спорта и туризма Респ. Беларусь 11 ноября 2014 г. № 70 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [https://www.pravo.by/upload/docs/op/W21429330\\_1418072400.pdf](https://www.pravo.by/upload/docs/op/W21429330_1418072400.pdf) – Дата доступа: 03.03.2021.

6 Постановление об особенностях регулирования труда работников, осуществляющих педагогическую деятельность в сфере физической культуры и спорта М-ва спорта и туризма Респ. Беларусь [Электронный ресурс]: 30 дек. 2019 г., № 48 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/W22035016\\_1579640400.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/W22035016_1579640400.pdf). – Дата доступа: 03.03.2021.

7 Сахарова, М. В. Концептуальные положения и технология проектирования спортивных макроциклов в игровых видах спорта (многолетний аспект): дис. ... д-ра. пед. наук : 13.00.04 / М. В. Сахарова; Рос. гос. ун-т физ. культуры. – М., 2005. – 367 с.

8 Справаздача аб рабоце сярэдняй школы – вучылішча алімпійскага рэзерву за 2019 г. – Мінск: Міністэрства спорту і турызму Рэспублікі Беларусь, 2020. – 12 с.

9 Справаздача аб рабоце спецыялізаванай вучэбна-спартыўнай установы, дзіцяча-юнацкай спартыўнай школы (спецыялізаванай дзіцяча-юнацкай школы алімпійскага рэзерву), уключанай у структуру клуба па віду (відах) спорту ў выглядзе адасобленага структурнага падраздзялення – Мінск: Міністэрства спорту і турызму Рэспублікі Беларусь, 2020. – 26 с.

28.09.2021

# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

---

---

УДК 796.3+796.01:577.1

## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИТАМИНА D У СПОРТСМЕНОВ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА

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

**И. А. Малёваная, канд. мед. наук,**

**Е. А. Барановская, А. В. Ковкова,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»;

**Л. Н. Цехмистро, канд. биол. наук, доцент,**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры»

### *Аннотация*

*В статье представлены результаты исследования уровня витамина D у футболистов и гандболистов в возрасте от 14 до 18 лет. Выявлена большая распространенность недостаточности витамина D у гандболистов, тренирующихся преимущественно в закрытых помещениях (47,3 %), по сравнению с группой футболистов (16,7 %). Недостаточность и дефицит витамина D следует корректировать, оптимизируя образ жизни (регулярное и безопасное воздействие солнечного света, достаточное потребление продуктов, богатых витамином D), в сочетании с приемом добавок витамина D, поскольку восстановление и поддержание нормального уровня витамина D в крови имеет основополагающее значение для поддержания или восстановления физической работоспособности и состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов.*

## ANALYSIS OF VITAMIN D LEVELS OF ATHLETES INVOLVED IN COMPETITIVE SPORTS

### *Abstract*

*The article presents the results of the study of vitamin D levels in football and handball players between the ages of 14 and 18. A high prevalence of vitamin D deficiency was revealed among handball players who train mainly indoors (47.3%), compared with the group of football players (16.7 %). Vitamin D insufficiency and deficiency should be corrected by lifestyle optimization (regular and safe exposure to sunlight, adequate intake of vitamin D-rich foods), combined with vitamin D supplementation, as restoration and maintenance of normal vitamin D levels in blood is fundamental for the maintenance or restoration of physical performance and locomotor system well-being in athletes.*

### *Введение*

В течение последних нескольких десятилетий возрос интерес к исследованиям витамина D, поскольку было обнаружено, что почти каждая ткань организма человека имеет рецептор витамина D, а это означает, что он может прямо или косвенно влиять на их функции. В частности, витамин D влияет на регуляцию дифференцировки, пролиферации и роста клеток; выработку гормонов, иммунную, нервную и мышечную системы. Исследования подтверждают влияние витамина D на состояние организма, однако авторы выявляют новые доказательства влияния витамина D на работоспособность спортсменов.

Zmijewski M., Owens и соавт. доказали взаимосвязь статуса витамина D со спортивными показателями, а также важную роль в мышечных сокращениях и профилактике травм [1, 2]. Оптимальный уровень сывороточного 25-гидроксивитамина D (25 (ОН) D) способствует поддержанию или улучшению общей

работоспособности, усилению сокращения и восстановления мышц у спортсменов [1–4]. Адекватный статус витамина D может играть жизненно важную роль в ремоделировании мышц [3, 4].

Bauer и соавт., Rebolledo и соавт. отмечали, что частота возникновения травм мышц была более высокой среди спортсменов с недостаточностью витамина D [5, 6]. Williams и соавт. отмечали значительное снижение частоты стрессовых переломов с 7,51 % до 1,65 % ( $p=0,009$ ) у спортсменов высокого уровня при приеме витамина D [7, 8].

Широко распространено мнение, что витамин D влияет как на врожденный, так и на приобретенный иммунитет [9, 10]. Поддержание или достижение достаточного количества витамина D может снизить нагрузку на верхние дыхательные пути за счет предотвращения симптомов инфекций дыхательных путей, а также за счет сокращения продолжительности и/или тяжести заболеваний респираторной системы [1, 9–13].

Следует отметить, что дефицит или недостаточность витамина D распространены среди спортсменов. Maroon и соавт. и Hamilton и соавт. сообщили, что распространенность недостаточности витамина D у спортсменов, тренирующихся на открытом воздухе, регистрировалась от 68,8 до 84,0 % случаев [11, 12]. Jung и соавт. установили, что у 100 % спортсменов-таэквондистов отмечалась недостаточность витамина D [13]. Эти неблагоприятные тенденции были также обнаружены среди юных пловцов, указывающих на то, что распространенность недостаточности витамина D варьировалась от 66,2 до 67,1 % [14, 15].

Данные Международного олимпийского комитета и Американского колледжа спортивной медицины также свидетельствуют о том, что недостаточность витамина D широко распространена у спортсменов [16, 17].

Jung и соавт. отмечали, что распространенность недостаточности и дефицита была ниже у спортсменов-подростков (75 %), чем у студентов-спортсменов (100 %), что, вероятно, связано с различным временем воздействия солнечного света и возможностью влияния на концентрацию 25 (ОН) D в сыворотке крови [13].

Исследования указывают на субоптимальный статус витамина D в общей популяции, включая спортсменов, детей и подростков. В совокупности исследования часто свидетельствуют о недостаточном уровне 25 (ОН) D у спортсменов во всем мире [11–17]. Проблема дополнительно усугубляется у юных спортсменов, поскольку подростки имеют повышенный риск из-за повышенной потребности в энергии и питательных веществах, необходимых для оптимального роста и развития.

Авторы сообщают о достаточности витамина D (сывороточный 25-гидроксивитамин D (25 (ОН) D)  $\geq 50$  нмоль/л) в зимнее время года только у 40–65 % спортсменов [13, 16, 18]. Уровень витамина D у спортсменов зависит от географического местоположения (широта), расы, климатических условий и вида спорта (в помещении и на улице).

Обращая внимание на актуальность профилактики D-витаминной недостаточности, Общество эндокринологов Северной Америки в 2011 году пересмотрело клинические рекомендации по оценке, лечению и профилактике недостаточности витамина D, согласно которым дефицит витамина D констатируется при его уровне в крови менее 20 нг/мл [16]. Поэтому рабочая группа предлагает употреблять пищевые добавки и считает необходимым определять содержание 25 (ОН) D в сыворотке крови всем лицам с риском развития недостаточности витамина D [16, 17].

Физически активным людям рекомендуется принимать витамина D3 в дозе 400 МЕ в сутки, чтобы поддерживать достаточность витамина D при недостаточном воздействии окружающего ультрафиолетового излучения: между ранней осенью и поздней зимой, и для тех, кто находится и/или тренируется в помещении в течение большей части дня.

Витамин D можно получить с пищей, но в основном он синтезируется при воздействии на кожу солнечного ультрафиолетового излучения. Известно, что прием витамина D в США и Европе (112–330 МЕ в сутки [19–21]), как правило, меньше рекомендованного (600 МЕ в сутки [21]). Примечательно, что лица, проживающие

в широтах выше 35° или основную часть времени солнечного света проводящих в помещении, в большей степени подвержены высокому риску недостаточности витамина D. Концентрация витамина D в организме отмечается эндемически низкой у тех, кто живет в северных частях Европы из-за недостатка солнечного света. Для поддержания адекватного уровня витамина D требуется около 3,5 часа в сутки воздействия солнечных лучей на руки, шею и лицо. Это означает, что большинство лиц, живущих в Республике Беларусь, имеют недостаточность или дефицит витамина D.

Таким образом, считается, что витамин D играет роль в оптимизации спортивных результатов, поскольку он участвует в физиологии мышечного сокращения, влияет на транспорт кальция через мембраны мышечных клеток, модулирует метаболизм фосфолипидов, индуцирует экспрессию нескольких миогенных факторов транскрипции, что влияет на сократительные филаменты [22–28].

Цель исследований – определить уровень витамина D у спортсменов игровых видов спорта.

#### *Методы и организация исследования.*

В исследовании приняли участие 73 спортсмена, из них – 18 футболистов и 55 гандболистов в возрасте от 14 до 18 лет.

Критерии включения в тестирование: спортсмены игровых видов спорта, мужской пол, возраст 15–18 лет, стадия полового развития по Таннеру IV–V, индекс массы тела (ИМТ) 5–84-я перцентиль для возраста и пола.

Критерии исключения из тестирования: спортсмены неигровых видов спорта, женский пол, возраст менее 15 лет и более 18 лет, стадия полового развития по Таннеру I–III, ИМТ менее 5-й или более 84-й перцентили для возраста и пола, наличие на момент обследования травм, обострений хронических заболеваний.

Критерии допуска спортсмена к обследованию: отсутствие жалоб на состояние здоровья, температура тела в подмышечной впадине (36,0–36,9 °С), отсутствие на момент обследования острых воспалительных заболеваний (ангина, гайморит, ринит, синусит и т.д.).

Протокол исследования был одобрен независимым этическим комитетом Республиканского научно-практического центра спорта, исследование проводилось в соответствии с правилами Хельсинкской декларации 1975 г.

Спортсменам и родителям была предоставлена подробная информация о процедурах исследования, они предоставили письменное информированное согласие до включения потенциальных участников в исследование.

Спортсменов проинструктировали придерживаться нормального режима питания, гидратации и физической активности на протяжении всего исследования.

Уровень витамина D (25 (ОН) D) определяли с помощью анализатора модульного иммунохимического i1000sr.

Статистический анализ проводился с использованием программы STATISTICA 10.0. Так как полученные данные не подчинялись закону нормального распределения по критерию Колмогорова-Смирнова, они были представлены в формате Me [25 %; 75 %], где Me – медиана, 25 % – значение нижнего перцентиля, 75 % – значение верхнего перцентиля. Сравнение данных двух групп проводили с использованием критерия Манна-Уитни, статистически значимыми результаты считались при  $p < 0,05$ .

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Достаточность витамина D определялась как уровень 25 (ОН) D в сыворотке крови более 30 нг/мл, недостаточный уровень – от 20 до 29,9 нг/мл, дефицит – менее 20 нг/мл. Количественный показатель уровня витамина D представлен в виде значений медианы и нижнего и верхнего квартилей (таблица 1).

Таблица 1 – Антропометрические показатели и уровень витамина D у спортсменов

Показатель	Me [ИКР]	
	Футбол (n=18)	Гандбол (n=55)
Рост, см	179,2 [174,3;186]	178,5[176;182]
Вес, кг	65,3[58,3;74,2]	67,0[62,6;70,9]
Витамин D, нг/мл	33,86 [31,80;36,50]*	30,70 [25,70;35,20]*
<i>Примечания: Me – медиана; ИКР – интерквартильный размах; * – <math>p &lt; 0,05</math></i>		

Средний исходный уровень витамина D у футболистов достоверно выше ( $p < 0,05$ ) и составил 33,86 нг/мл, у гандболистов – 30,70 нг/мл, что соответствует нормативным значениям.

Индивидуальный анализ показателей выявил недостаточность витамина D у футболистов в 17 % случаев, у гандболистов – в 47 % случаев (рисунок 1). Дефицит витамина D (<20 нг/мл) не отмечен ни у одного из спортсменов. По результатам определения уровня витамина D в крови спортсменов исследуемой группы минимальное значение показателя составило 20,9 нг/мл, максимальное значение – 64,1 нг/мл. Значений показателя витамина D свыше 100 нг/мл (избыток) не зарегистрировано. Полученные данные подтверждают вывод о том, что у спортсменов, занимающихся спортом в помещении, выше вероятность недостаточности витамина D по сравнению со спортсменами, занимающимися спортом на открытом воздухе. Важно отметить, что тестирование уровня витамина D проведено в конце летнего сезона в период оптимального воздействия солнечного света.

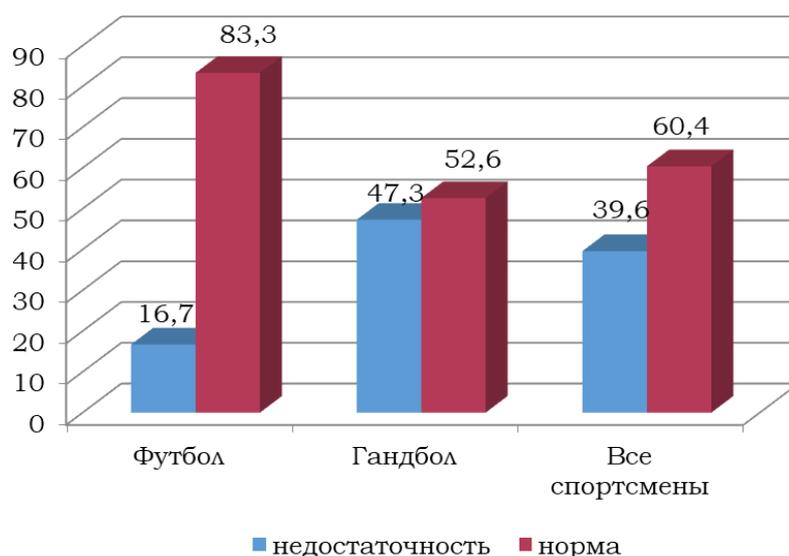


Рисунок 1 – Показатели витамина D у спортсменов, (%)

Следует отметить, что 80 % игроков в команде Национальной футбольной лиги имели дефицит или недостаточный уровень витамина D, из них у 30,4 % обследованных игроков отмечался дефицит витамина D, у 50,6 % – недостаточность, в то время как всего у 20 % футболистов значения витамина D зарегистрированы в пределах нормы. Shindle и соавт. отмечали, что у 18 % игроков, получивших мышечные травмы в предыдущем сезоне, был статистически значимо более низкий уровень витамина D, чем у тех футболистов, которые не имели мышечных травм [29].

Вместе с тем Villacis и соавт. сообщали о дефиците и недостаточности витамина D у 43,5 % футболистов [30]. Кроме этого, по данным Rebolledo, Lovell, Willis и соавт., распространенность дефицита или недостаточности витамина D варьировалась от 59 до 94 % у футболистов и гимнастов [6, 31, 32].

Таким образом, полученные данные согласуются с результатами других исследователей. Для поддержания достаточной концентрации витамина D рекомендуется активный отдых на свежем воздухе. Вместе с тем требуется добавка витамина D в подростковом возрасте для поддержания оптимального статуса 25 (ОН) D, особенно для спортсменов, тренирующихся в закрытых помещениях.

#### Заключение

1. Установлены достоверно более высокие показатели концентрации 25 (ОН) D у футболистов ( $36,85 \pm 10,00$  нг/мл) по сравнению с гандболистами ( $31,86 \pm 8,42$  нг/мл).

2. Выявлена большая распространенность недостаточности витамина D у гандболистов, тренирующихся преимущественно в закрытых помещениях (47,3 %), по сравнению с группой футболистов (16,7 %).

3. Недостаточность и дефицит витамина D следует корректировать, оптимизируя образ жизни (регулярное и безопасное воздействие солнечного света, достаточное потребление продуктов, богатых витамином D), в сочетании с приемом добавок витамина D с целью поддержания или восстановления физической работоспособности и состояния опорно-двигательного аппарата спортсменов.

4. Спортсмены, тренирующиеся в закрытых помещениях, получают пользу от добавок витамина D в связи с недостаточным пребыванием на солнце и/или проживанием в сезонно меняющемся климате.

5. Исследование изменений статуса витамина D необходимо проводить с учетом сезона, погодных условий, периода подготовки, вида спорта (в закрытых помещениях / на открытом воздухе) и возрастных групп спортсменов.

6. Спортивные диетологи и врачи должны регулярно оценивать уровни витамина D в сыворотке крови спортсменов в соответствии с рекомендованными уровнями 25 (ОН) D более 32 нг/мл и предпочтительно более 40 нг/мл [33].

7. Существует необходимость повышения осведомленности о важности витамина D для общего состояния здоровья и физической работоспособности (например, аэробной подготовленности и мышечной силы). Поддержание адекватного уровня 25 (ОН) D в сыворотке крови является важной стратегией для улучшения здоровья и работоспособности спортсменов.

8. Результаты мониторинга уровня витамина D должны внедряться в практику спортивной медицины в качестве составной части программы нутритивно-метаболической поддержки спортсменов.

9. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить взаимосвязь между витамином D и физической работоспособностью, наличием мышечных травм у спортсменов, а также для определения оптимальной дозировки витамина D с целью поддержания достаточности уровня сывороточного 25-гидроксивитамина D.

#### *Список использованных источников*

1. Zmijewski, M. Vitamin D and human health / M. Zmijewski // Int. J. Mol. Sci. – 2019. – № 20. – P. 145. doi: 10.3390/ijms20010145.

2. Owens, D. J. Vitamin D and the athlete: current perspectives and new challenges / D. J. Owens, R. Allison, G. L. Close // Sports Med. – 2018. – Vol. 48. – P. 3–16. doi: 10.1007/s40279-017-0841-9.

3. 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. – № 26. – P. 278–285. doi: 10.5435/JAAOS-D-16-00464.

4. 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). – e0215826. doi: 10.1371/journal.pone.0215826.

5. High prevalence of vitamin D insufficiency in professional handball athletes / P. Bauer [et al.] // Phys. Sportsmed. – 2019. – № 47. – P. 71–77. doi: 10.1080/00913847.2018.1520055.

6. The association of vitamin D status in lower extremity muscle strains and core muscle injuries at the national football league combine / B. J. Rebolledo [et al.] // Arthroscopy. – 2018. – № 34. – P. 1280–1285. doi: 10.1016/j.arthro.2017.10.005.

7. Vitamin D3 Supplementation and Stress Fracture Occurrence in High-Risk Collegiate Athletes / K. Williams [et al.] // Med Sci Sports Exerc. – 2017. – Vol. 49 (5S). – 952 p.

8. Vitamin D3 Supplementation and Stress Fractures in High-Risk Collegiate Athletes– A Pilot Study / K. Williams [et al.] // Orthop. Res. Rev. – 2020. – Vol. 12. – P. 9–17. doi: 10.2147/ORR.S233387.

9. Hewison, M. Vitamin D and immune function: an overview / M. Hewison // Proc Nutr Soc. – 2012. – Vol. 71(1). – P. 50–61.

10. He, C. S. Is there an optimal vitamin D status for immunity in athletes and military personnel? / C. S. He, X. H. Aw Yong, N. P. Walsh, M. Gleeson // Exerc Immunol Rev. – 2016. – P. 42–64.

11. Vitamin D profile in national football league players / J. C. Maroon [et al.] // Am. J. Sports Med. – 2015. – № 43. – P. 1241–1245. doi: 10.1177/0363546514567297.

12. Vitamin D concentration in 342 professional football players and association with lower limb isokinetic function / B. Hamilton [et al.] // *J. Sci. Med. Sport.* – 2014. – № 17. – P. 139–143. doi: 10.1016/j.jsams.2013.03.006.
13. Correcting vitamin D insufficiency improves some but not all aspects of physical performance during winter training in taekwondo athletes / H. C. Jung [et al.] // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* – 2018. – № 28. – P. 635–643.
14. Vitamin D supplementation and physical performance in adolescent swimmers / G. Dubnov-Raz [et al.] // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* – 2015. – № 25. – P. 317–325. doi: 10.1123/ijsnem.2014-0180.
15. Vitamin D supplementation and upper respiratory tract infections in adolescent swimmers: A randomized controlled trial. *Pediatr* / G. Dubnov-Raz [et al.] // *Exerc. Cci.* – 2015. – № 27. – P. 113–119. doi: 10.1123/pes.2014-0030.
16. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete / R. J. Maughan [et al.] // *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* – 2018. – Vol. 28(2). – P. 104–125.
17. Thomas, D. T. American College of Sports Medicine Joint Position Statement: nutrition and athletic performance / D. T. Thomas, K. A. Erdman, L. M. Burke // *Med Sci Sports Exerc.* – 2016. – Vol. 48(3). – P. 543–568.
18. Influence of vitamin D supplementation by sunlight or oral D3 on exercise performance / A. T. Carswell [et al.] // *Med Sci Sports Exerc.* – 2018. – Vol. 50(12). – P. 2555–2564.
19. USDA. Usual Nutrient Intake from Food and Beverages, by Gender and Age, What We Eat in America, NHANES 2013–2016 / Service AR, editor. – 2019. –51 p.
20. Scientific Advisory Committee on Nutrition. Vitamin D and health. In: England PH, editor. London. – 2016. – 140 p.
21. European Food Safety Authority. Scientific opinion on dietary reference values for vitamin D. *ESFA J.* – 2016. – P. 1–145.
22. Pojednic, R. M. The Emerging Biomolecular Role of Vitamin D in Skeletal Muscle / R. M. Pojednic, L. Ceglia // *Exerc. Sport Sci. Rev.* – 2014. – Vol. 42. – P. 76–81. doi: 10.1249/JES.0000000000000013.
23. Vitamin D and Exercise Performance in Professional Soccer Players / N. E. Koundourakis [et al.] // *PLoS ONE.* – 2014. – Vol. 9. – P. e101659. doi: 10.1371.
24. Vitamin D and Stress Fractures in Sport: Preventive and Therapeutic Measures- A Narrative Review / B. Knechtle [et al.] // *Medicina.* – 2021. – Vol. 57. – P. 223. doi: 10.3390.
25. Impact of vitamin D in sports: does vitamin D insufficiency compromise athletic performance? / S. Butscheidt [et al.] // *Sportverletz Sportschaden.* – 2017. – Vol. 31. – P. 37–44.
26. Larson-Meyer, E. Vitamin D supplementation in athletes / E. Larson-Meyer // *Nestle Nutr Inst Workshop Ser.* – 2013. – Vol. 75. – P. 109–121.
27. Dahlquist, D. T. Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery / D. T. Dahlquist, B. P. Dieter, M. S. Koehle // *J Int Soc Sports Nutr.* – 2015. – Vol. 12. – P. 33.
28. Comparison of vitamin D2 and vitamin D3 supplementation in raising serum 25-hydroxyvitamin D status: a systematic review and meta-analysis / L. Tripkovic [et al.] // *Am J Clin Nutr.* – 2012. – Vol. 95. – P. 1357–1364.
29. Vitamin D status in a professional American football team / M. K. Shindle [et al.] // *Medicine & Science in Sports & Exercise.* – 2011. – Vol. 43, Is. 5. – P. 511.
30. Prevalence of Abnormal Vitamin D Levels Among Division I NCAA Athletes / Diego Villacis Anthony Yi [et al.] // *Sports Health.* – 2014 Jul. – Vol. 6(4). – P. 340–347. doi: 10.1177/1941738114524517.
31. Lovell, G. Vitamin D status of females in an elite gymnastics program / G. Lovell // *Clin. J. Sport Med.* – 2008. – № 18. – P. 159–161.
32. Willis, K. S. Should we be concerned about the vitamin D status of athletes? / K. S. Willis, N. J. Peterson, D. E. Larson-Meyer // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* – 2008. – № 18. – P. 204–224.
33. Larson-Meyer, E. Vitamin D supplementation in athletes / E. Larson-Meyer // *Nestle Nutr Inst Workshop Ser.* – 2013. – Vol. 75. – P. 109–121.

20.10.2021

**АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ СПЕЦИФИЧЕСКИХ  
ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ У СПОРТСМЕНОВ БЕЛАРУСИ  
С УЧЕТОМ ПОЛА И КВАЛИФИКАЦИИ**

**Л. А. Кундас, Л. В. Кухтинская,**

Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии  
Национальной академии наук Беларуси»;

**С. Ю. Смирнов,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр  
онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова»

*Аннотация*

*Проведено сравнение молекулярно-генетических профилей профессиональных спортсменов и граждан Республики Беларусь по 12 полиморфным вариантам генов VEGF, UCP2, AMPD1, ACE, EPO, BDKRB2, ACTN3, MB, PPARG2, eNOS, PAI-1 с учетом пола и спортивного звания. Установлено, что генотип Ala/Ala гена UCP2, аллель С гена AMPD1 и аллель 4G гена PAI-1 вносят наибольший вклад в достижение спортивного успеха в группе многоборья. Также нами обнаружены гендерные особенности в частотах встречаемости полиморфных вариантов генов eNOS, BDKRB2 и PPARG2 в группе спортсменов. Результаты работы свидетельствуют о важности учета пола спортсменов при исследовании генов, регулирующих работу сердечно-сосудистой системы и липидного обмена.*

**ANALYSIS OF THE FREQUENCY OF SPECIFIC GENETIC MARKERS  
IN BELARUSIAN ATHLETES ACCORDING TO GENDER AND QUALIFICATION**

*Abstract*

*Molecular-genetic profiles of elite athletes and citizens of Belarus were compared by twelve polymorphic variants of VEGF, UCP2, AMPD1, ACE, EPO, BDKRB2, ACTN3, MB, PPARG2, eNOS and PAI-1 genes according to gender and sport rank. It was discovered that the Ala/Ala genotype of the UCP2 gene, the C allele of the AMPD1 gene and the 4G allele of the PAI-1 gene make the most significant contribution to athletic success in the all-round group. In addition, we also identified gender peculiarities of polymorphic variant frequencies of eNOS, BDKRB2 and PPARG2 genes in the athlete group. The results obtained demonstrate the importance of taking into consideration the gender of athletes while studying the genes of cardiovascular and lipid metabolism systems.*

*Введение*

Изучение уникальных особенностей генома человека в аспекте спортивной деятельности позволит грамотно планировать тренировочный процесс, что будет способствовать не только достижению высоких результатов, но и в сочетании со своевременной профилактикой дезадаптации поможет значительно снизить риски развития профессиональной патологии. Однако, несмотря на многочисленные научные исследования в области спортивной генетики, противоречивость полученных результатов пока не позволяет выявить универсальный «генотип чемпиона» [1, 2].

Наиболее вероятными причинами являются: многофакторная природа предрасположенности к высоким спортивным достижениям, незначительный вклад большинства отдельных взятых полиморфных вариантов в развитие физических качеств человека, малые размеры выборок высококвалифицированных спортсменов в рамках отдельно взятых исследований, а также отсутствие разделения испытуемых по полу в ранних научных работах.

Успех в спортивной деятельности связан как с определенным набором физических, генетических и психических качеств, так и с эффективностью системы

подготовки спортсменов и рядом социально-экономических факторов. Таким образом, национальные исследования, а также исследования, проводимые на базах отдельных спортивных школ, позволяют избежать влияния некоторых из этих факторов на результаты. В то же время локальные научные работы сталкиваются с проблемой малочисленности тестируемых выборок. Для решения данной проблемы можно использовать подход, заключающийся в объединении различных видов спорта в группы по каким-либо схожим признакам [3]. Однако широкое разнообразие имеющихся спортивных классификаций видов спорта и отсутствие в них единых критериев приводит к тому, что один и тот же вид спорта может быть отнесен в различные исследуемые группы. В связи с этим возникают затруднения при интерпретации результатов для отдельных видов спорта.

*Цель работы* заключается в выявлении специфических генетических маркеров, ассоциированных с предрасположенностью к профессиональной спортивной деятельности, у высококвалифицированных спортсменов олимпийских и национальных команд Республики Беларусь с учетом пола и квалификации.

#### *Материалы и методы*

*Дизайн исследования.* В рамках исследования проводили сравнение частот встречаемости полиморфных вариантов генов в различных группах видов спорта и популяционной выборке с учетом пола и уровня мастерства спортсменов (ЗМС+МСМК).

*Характеристика исследуемых групп.* В рамках работы проведено генетическое тестирование 463 спортсменов олимпийских и национальных сборных команд Республики Беларуси и 552 человека, не занимающихся профессиональным спортом, вошедших в популяционную группу. Информация о половой принадлежности людей в обеих группах доступна для 459 и 546 человек соответственно.

В исследование включено 280 высококвалифицированных спортсмена (из них 16 – заслуженные мастера спорта (ЗМС), 85 – мастера спорта международного класса (МСМК), 151 – мастера спорта (МС), 28 – кандидаты в мастера спорта (КМС)), представители 22 видов спорта, объединенных в группы согласно классификации по особенностям проявления физических и технических способностей спортсменов [4]:

- 1) Многоборье (современное пятиборье, биатлон, ПСС).
- 2) Циклические виды спорта, требующие преимущественного проявления выносливости (академическая гребля, марафон, спортивная ходьба, велоспорт).
- 3) Скоростно-силовые виды спорта (метание, тяжелая атлетика, шорт-трек, бег без марафона, плавание, конькобежный спорт).
- 4) Сложнокоординационные виды спорта (спортивная акробатика, спортивная гимнастика, гребной слалом, стрельба из лука).
- 5) Спортивные игры как одиночные, так и командные (хоккей с шайбой, хоккей на траве, баскетбол, теннис, футбол).

Группа единоборств не рассматривалась в настоящем исследовании. Описание исследуемых групп представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика исследуемых групп

Группы	Количество чел.	Пол		Квалификация и пол							
		Мужчины (М)	Женщины (Ж)	ЗМС		МСМК		МС		КМС	
				М	Ж	М	Ж	М	Ж	М	Ж
Многоборье	76	53 (69,7 %)	22 (28,9 %)	3	-	16	4	21	4	2	2
Циклические	79	43 (54,4 %)	36 (45,6 %)	1	6	9	15	14	6	4	2
Скоростно-силовые	120	62 (51,7 %)	58 (48,3 %)	2	2	8	12	27	25	5	10
Сложнокоординационные	36	20 (55,6 %)	16 (44,4 %)	-	-	6	4	10	7	2	1
Спортивные игры	152	112 (73,7 %)	37 (24,3 %)	2	-	8	3	37	-	-	-
Все спортсмены	463	290 (62,6 %)	169 (36,5 %)	8	8	47	38	109	42	13	15
Популяционная выборка	552	323 (58,5 %)	223 (40,4 %)	-							

*Генотипирование.* В качестве биологического материала была использована ДНК, выделенная из лейкоцитов периферической крови либо клеток Buccalного

эпителия. Генотипирование образцов проводилось по 12 полиморфным вариантам 11 генов: G634C гена *VEGF* (rs2010963), Ala55Val гена *UCP2* (rs660339), С34Т гена *AMPD1* (rs17602729), Alu Ins/Del гена *ACE* (rs4646994), -1125 G/T гена *EPO* (rs1617640), I/D гена *BDKRB2* (rs5810761), R577X гена *ACTN3* (rs1815739), G174A гена *MB* (rs7293), Pro12Ala гена *PPARG* (rs1801282), 4a/4b и G894Т гена *eNOS* (rs61722009 и rs1799983), 4G/5G гена *PAI-1* (rs1799762) методом ПЦР с детекцией результатов в режиме реального времени или с помощью гель-электрофореза. Последовательности праймеров и условия проведения ПЦР опубликованы нами ранее [5] и могут быть предоставлены по запросу.

*Статистический анализ.* Статистическая обработка данных проведена с использованием функции `fisher.test` (точный критерий Фишера) пакета `Stats` в программе RStudio (версии 4.0.2). Различия считали статистически достоверными при  $p \leq 0,05$ .

#### Результаты

*Анализ частот встречаемости полиморфных вариантов генов у спортсменов по группам спорта*

При сравнении частот встречаемости аллельных вариантов между мужчинами и женщинами в популяционной группе статистически значимые различия обнаружены только для полиморфного варианта I/D гена *BDKRB2*, что необходимо учитывать при дальнейшей интерпретации результатов. Частота встречаемости аллеля D у мужчин (47,2 %) выше, чем у женщин (40,8 %) в популяционной выборке ( $p=0,04$ ; OR=1,3; 95CI 1,00–1,67).

*Многоборье.* В результате исследования обнаружены статистически значимые различия в частотах встречаемости вариантов С34Т гена *AMPD1* и 5G(-675)4G гена *PAI-1* (*SERPINE1*) между спортсменами группы многоборья и популяционной выборкой. Частота встречаемости генотипа С/С (84,21 % и 71,51 %;  $p=0,019$ ) и аллеля С (91,45 % и 84,57 %;  $p=0,027$ ) гена *AMPD1* выше у спортсменов. Также в группе спортсменов-многоборцев отмечена более высокая частота встречаемости генотипа 4G/4G гена *PAI-1* (42,11 % и 30,64 %;  $p=0,05$ ) и аллеля 4G (65,13 % и 55,41 %;  $p=0,02$ ). Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Частоты встречаемости аллельных вариантов ряда генов в группах спортсменов, спортсменов с высоким уровнем мастерства по сравнению с популяционной выборкой

Гены	Генотипы, аллель, N	СП, %	ПГ, %	p	OR (95CI)	ЗМС и МСМК, %	p	OR (95CI)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Многоборье								
AMPD1	CC	84,21	71,51	<b>0,019</b>	2,10 (1,10-4,44)	79,17	0,494	1,51 (0,53-5,28)
	CT	14,47	26,13	<b>0,033</b>	0,48 (0,22-0,95)	20,83	0,643	0,74 (0,21-2,11)
	TT	1,32	2,36	1,000	0,55 (0,01-3,78)	0,00	1,000	0,00 (0-7,87)
	C	91,45	84,57	<b>0,027</b>	1,95 (1,07-3,84)	89,58	0,417	1,57 (0,61-5,15)
	N	76	551			24		
PAI-1	4G/4G	42,11	30,64	<b>0,050</b>	1,6 (0,97-2,76)	37,50	0,502	1,36 (0,51-3,39)
	4G/5G	46,05	49,54	0,625	0,87 (0,52-1,45)	50,00	1,000	1,02 (0,41-2,53)
	5G/5G	11,84	19,82	0,117	0,54 (0,23-1,14)	12,50	0,597	0,58 (0,11-1,99)
	4G	65,13	55,41	<b>0,023</b>	1,50 (1,04-2,19)	62,50	0,375	1,34 (0,71-2,59)
	N	76	545			24		
UCP2	Ala/Ala	37,33	26,28	0,053	1,67 (0,97-2,84)	43,48	0,091	2,15 (0,83-5,45)
	Val/Ala	44,00	54,01	0,110	0,67 (0,4-1,12)	34,78	0,088	0,45 (0,16-1,16)
	Val/Val	18,67	19,71	1,000	0,94 (0,47-1,77)	21,74	0,791	1,13 (0,32-3,25)
	Ala	59,33	53,28	0,190	1,28 (0,89-1,84)	60,87	0,366	1,36 (0,72-2,65)
	N	74	548			23		
Циклические виды спорта								
PPARG2	Ala/Ala	5,63	1,76	0,065	3,32 (0,71-12,83)	13,33	<b>0,004</b>	8,51 (1,76-34,39)
	Ala/Pro	19,72	27,03	0,244	0,66 (0,33-1,26)	20,00	0,523	0,68 (0,22-1,75)
	Pro/Pro	74,65	71,21	0,671	1,19 (0,66-2,24)	66,67	0,678	0,81 (0,35-1,99)
	Ala	15,49	15,27	0,901	1,02 (0,59-1,68)	23,33	0,101	1,69 (0,83-3,23)
	N	71	455			30		

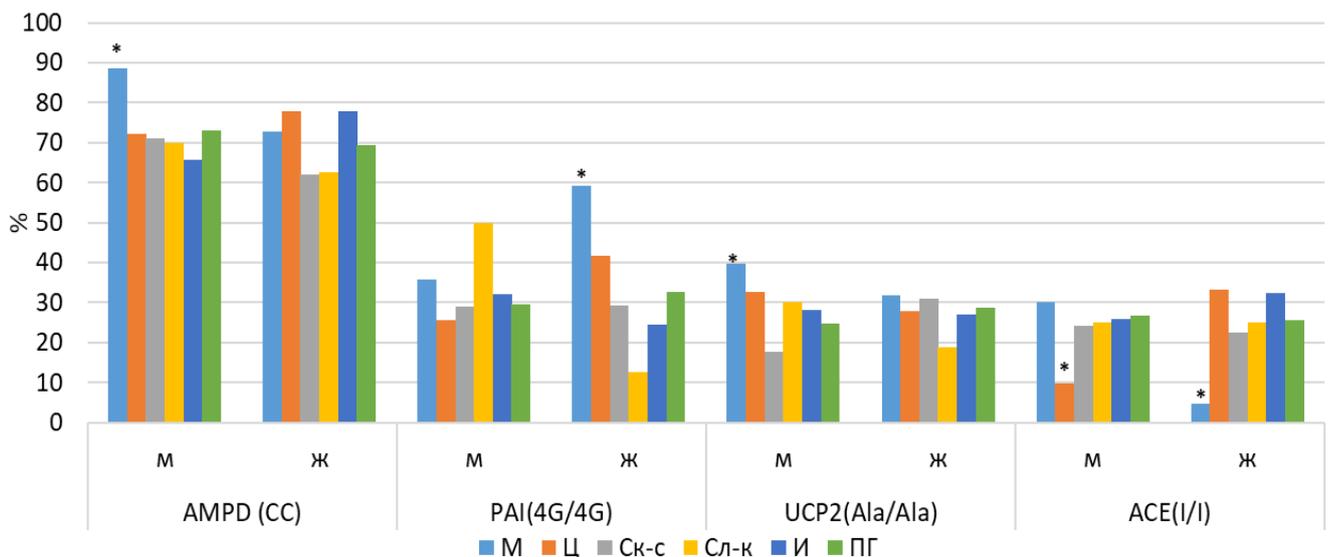
Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
BDRKB2	D/D	25,32	20,29	0,303	1,33 (0,73-2,35)	22,58	0,819	1,15 (0,41-2,83)
	I/D	56,96	49,09	0,229	1,37 (0,83-2,28)	58,06	0,361	1,43 (0,65-3,25)
	I/I	17,72	30,62	<b>0,017</b>	0,49 (0,25-0,91)	19,35	0,229	0,54 (0,18-1,39)
	D	53,80	44,84	<b>0,040</b>	1,43 (1,01-2,03)	51,61	0,298	1,31 (0,76-2,27)
	N	79	552			31		
eNOS	G/G	45,07	53,51	0,203	0,71 (0,42-1,21)	50,00	0,711	0,87 (0,39-1,96)
	G/T	40,85	39,91	0,897	1,04 (0,6-1,78)	36,67	0,848	0,87 (0,37-1,98)
	T/T	14,08	6,58	<b>0,049</b>	2,32 (0,96-5,19)	13,33	0,149	2,18 (0,52-6,89)
	T	34,51	26,54	0,055	1,46 (0,98-2,15)	31,67	0,371	1,28 (0,69-2,31)
	N	71	456			30		
Скоростно-силовые виды спорта								
eNOS	4a/4a	7,63	3,10	<b>0,032</b>	2,58 (0,99-6,31)	18,18	<b>0,006</b>	6,90 (1,54-24,32)
	4a/4b	33,05	28,23	0,315	1,25 (0,8-1,96)	31,82	0,81	1,19 (0,4-3,16)
	4b/4b	59,32	68,67	0,053	0,67 (0,43-1,03)	50,00	0,100	0,46 (0,18-1,19)
	4a	24,15	17,21	<b>0,016</b>	1,53 (1,07-2,17)	34,09	<b>0,008</b>	2,49 (1,21-4,90)
	N	118	549			22		
AMPD	C/C	66,67	71,51	0,320	0,80 (0,51-1,25)	41,67	<b>0,005</b>	0,29 (0,11-0,71)
	C/T	30	26,13	0,426	1,21 (0,76-1,9)	58,33	<b>0,002</b>	3,95 (1,59-10,17)
	T/T	3,33	2,36	0,523	1,43 (0,33-4,73)	0,00	1,000	0,00 (0,00-7,87)
	C	81,67	84,57	0,284	0,81 (0,56-1,2)	70,83	<b>0,016</b>	0,44 (0,23-0,91)
	N	120	551			24		
EPO	G/G	21,01	19,62	0,705	1,09 (0,64-1,81)	21,74	0,790	1,14 (0,32-3,28)
	G/T	49,58	49,52	1,000	1,00 (0,66-1,52)	69,57	0,087	2,33 (0,89-6,8)
	T/T	29,41	30,86	0,826	0,93 (0,58-1,47)	8,70	<b>0,020</b>	0,21 (0,02-0,89)
	T	54,2	55,62	0,718	0,94 (0,71-1,27)	43,48	0,129	0,61 (0,32-1,16)
	N	119	525			23		
Сложнокоординационные виды спорта								
eNOS	4a/4a	11,11	3,10	<b>0,034</b>	3,9 (0,90-12,94)	20,00	0,042	7,75 (0,75-43,27)
	4a/4b	30,56	28,23	0,849	1,12 (0,48-2,42)	50,00	0,159	2,54 (0,58-11,19)
	4b/4b	58,33	68,67	0,201	0,64 (0,31-1,37)	30,00	<b>0,015</b>	0,20 (0,03-0,87)
	4a	26,39	17,21	0,056	1,72 (0,94-3,04)	45,00	<b>0,004</b>	3,93 (1,42-10,59)
	N	36	549			10		
Примечание: N – размер выборки, СП – спортсмены, ПГ – популяционная группа. Жирным шрифтом выделены статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ).								

При разделении исследуемых групп по полу сохранились статистически значимые различия в частотах встречаемости вариантов С34Т гена *AMPD1* и 5G(-675)4G гена *PAI-1*, а также были обнаружены дополнительные – Ala55Val гена *UCP2* и I/D гена *ACE*.

Более высокая частота встречаемости генотипа С/С (88,68 % и 73,07 % соответственно,  $p=0,015$ ; OR=2,9; 95CI 1,17–8,54) и аллеля С (94,34 % и 85,14 %,  $p=0,009$ ; OR=2,9; 95CI 1,24-8,34) гена *AMPD1* в группе спортсменов-многоборцев в сравнении с популяционной группой отмечена только для мужчин. В то же время статистически значимые различия в частотах встречаемости гена *PAI* обнаружены между женщинами: для генотипа 4G/4G (59,09 % и 32,73 %;  $p=0,019$ ; OR=3,0; 95CI 1,11–8,23), для аллеля 4G (75,0 % и 55,91 %;  $p=0,016$ ; OR=2,36; 95CI 1,13-5,32).

Для мужчин в группе многоборья характерна более высокая частота встречаемости генотипа Ala/Ala гена *UCP2*, чем у мужчин в популяционной группе (39,62 % и 24,69 %;  $p=0,029$ ; OR=2,0; 95CI 1,03-3,81). У женщин-многоборцев отмечена более низкая частота встречаемости генотипа I/I (4,76 % и 25,56 %;  $p=0,032$ ; OR=0,15; 95CI 0,003–0,957) и аллеля I (33,33 % и 50,67 % ( $p=0,036$ ; OR=0,49; 95CI 0,23-0,99) гена *ACE* в сравнении с женщинами популяционной выборки. Результаты представлены на рисунке 1.



м – мужчины, ж – женщины; Ц – циклические виды спорта, Ск-с – скоростно-силовые виды спорта, Сл-к – сложнокоординационные виды спорта, И – спортивные игры, М – многоборье, ПГ – популяционная группа; \* – при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$

Рисунок 1 – Частоты встречаемости полиморфных вариантов ряда генов с учетом пола в группе спортсменов по сравнению с популяционной группой

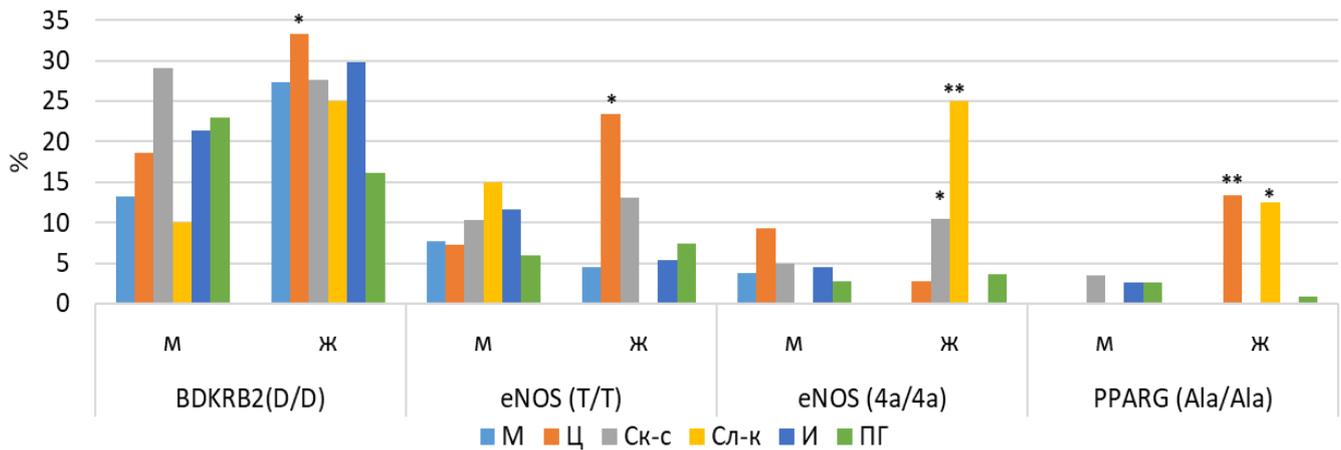
Статистически значимых различий в частотах встречаемости полиморфных вариантов в зависимости от уровня мастерства спортсменов группы многоборья не обнаружено.

*Циклические виды спорта.* При сравнении результатов генотипирования спортсменов группы циклических видов спорта и популяционной группы обнаружены статистически значимые различия в частотах встречаемости полиморфных вариантов -9/+9 гена *BDKRB2*, G894T гена *ENOS*. Частота встречаемости ниже генотипа I/I (17,72 % и 30,62 %;  $p=0,017$ ), выше аллеля D (53,80 % и 44,84 %;  $p=0,04$ ) гена *BDKRB2* и выше генотипа T/T гена *eNOS* (14,08 % и 6,58 %;  $p=0,049$ ) в группе спортсменов, в сравнении с популяционной группой (таблица 2).

При разделении исследуемых групп по полу обнаружены статистически значимые различия в частотах встречаемости полиморфных вариантов -9/+9 гена *BDKRB2*, G894T гена *ENOS*, I/D гена *ACE* и Pro12Ala гена *PPARG*. Установлено, что частота встречаемости генотипа D/D (33,33% и 16,14 %;  $p=0,020$ ; OR=2,6; 95CI 1,08-5,97) и аллеля D (59,72 % и 40,81 %;  $p=0,003$ , OR=2,1; 95CI 1,26-3,71) гена *BDKRB2* статистически значимо выше в группе спортсменок, занимающихся циклическими видами спорта, в сравнении с женщинами в популяционной группе. У женщин-спортсменок в данной группе отмечена более высокая частота встречаемости генотипа T/T гена *eNOS* (23,33 % и 7,41 %;  $p=0,012$ ; OR=3,8; 95CI 1,19-11,01) и аллеля T (40,0 % и 26,85 %;  $p=0,046$ ; OR=0,55; 95CI 0,31-1,01), а также обнаружено преобладание генотипа Ala/Ala гена *PPARG* (13,33 % и 0,90 %;  $p=0,002$ ; OR=16,62; 95CI 2,26-191,78) и аллеля Ala (26,67 % и 14,80 %;  $p=0,025$ ; OR=2,09; 95CI 1,04-4,05) в сравнении с популяционной группой. Результаты представлены на рисунке 2.

Среди мужчин частота встречаемости генотипа I/I (9,76 % и 26,62 %,  $p=0,019$ ; OR=0,3; 95CI 0,07-0,87) и аллеля I (35,37 % по сравнению с 49,83 %,  $p=0,018$ ; OR=0,55; 95CI 0,33-0,91) гена *ACE* была ниже в группе спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, чем в популяционной выборке (рисунок 1).

В зависимости от уровня мастерства спортсменов группы циклических видов спорта обнаружены статистически значимые различия в частоте встречаемости полиморфного варианта Pro12Ala гена *PPARG*. Частота встречаемости генотипа Ala/Ala гена *PPARG* (13,33 % и 1,76 %;  $p=0,004$ ) выше у спортсменов со званием ЗМС-МСМК по сравнению с популяционной выборкой (таблица 2).



м – мужчины, ж – женщины; Ц – циклические виды спорта, Ск-с – скоростно-силовые виды спорта, Сл-к – сложнокоординационные виды спорта, И – спортивные игры, М – многоборье, ПГ – популяционная группа; \* – при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$

Рисунок 2 – Частоты встречаемости полиморфных вариантов ряда генов с учетом пола в группе спортсменов по сравнению с популяционной группой

*Скоростно-силовые виды спорта.* При сравнительном анализе частот встречаемости исследуемых полиморфных вариантов в группе спортсменов, занимающихся скоростно-силовыми видами спорта и популяционной группе, обнаружены статистически значимые различия для варианта 4a/4b гена *eNOS*. Частота встречаемости генотипа 4a/4a гена *eNOS* (7,63 и 3,1 %,  $p=0,032$ ) и аллеля 4a (24,15 и 17,21 %,  $p=0,016$ ) выше в группе спортсменов (таблица 2).

При разделении исследуемых групп по полу обнаружены статистически значимые различия в частотах встречаемости полиморфных вариантов 4a/4b гена *eNOS* и -9/+9 гена *BDKRB2*. Указанные ранее различия в частоте встречаемости генотипа 4a/4a гена *eNOS* (10,53 % и 3,62 %;  $p=0,044$ ; OR=3,12; 95CI 0,85-10,76) и аллеля 4a (31,58 % и 17,19 %,  $p=0,001$ ; OR=2,22; 95CI 1,35-3,62) отмечены только среди женщин. Также у женщин-спортсменок обнаружена более высокая частота встречаемости аллеля D (51,72 и 40,81 %,  $p=0,036$ ; OR=1,55; 95CI 1,01-2,39) и генотипа D/D гена *BDKRB2* (27,59 и 16,14 %,  $p=0,057$ ; OR=2,0; 95CI 0,93-4,06). Результаты представлены на рисунке 2.

При стратификации данной группы спортсменов в зависимости от уровня мастерства обнаружено, что наибольшие различия в частоте встречаемости генотипа 4a/4a (18,18 % и 3,10 %,  $p=0,006$ ) и аллеля 4a (34,09 % и 17,21 %,  $p=0,008$ ) гена *eNOS* наблюдаются у спортсменов со званием ЗМС-МСМК. Также в подгруппе ЗМС-МСМК отмечена более низкая частота встречаемости генотипа С/С (41,67 % и 71,51 %  $p=0,005$ ) и аллеля С гена *AMPD* (70,83 % и 84,57 %,  $p=0,016$ ). Полученные результаты отражены в таблице 2.

*Сложнокоординационные виды спорта.* При сравнении результатов генотипирования спортсменов, занимающихся сложнокоординационными видами спорта, и популяционной группы обнаружены статистически значимые различия в частоте встречаемости варианта 4a/4b гена *eNOS*. Частота встречаемости генотипа 4a/4a гена *eNOS* среди спортсменов выше, чем в популяционной выборке (11,11 % и 3,10 %,  $p=0,034$ ). Результаты представлены в таблице 2.

При разделении исследуемых групп по полу обнаружены статистически значимые различия в частотах встречаемости полиморфных вариантов 4a/4b гена *eNOS* и Ala/Ala гена *PPARG*. Отмеченные ранее различия в частоте встречаемости генотипа 4a/4a гена *eNOS* обнаружены только между женщинами исследуемых групп (25,00 % и 3,62 %,  $p=0,005$ ; OR=8,7; 95CI 1,68-38,66). Также среди женщин-спортсменок наблюдается более высокая частота встречаемости генотипа Ala/Ala гена *PPARG* (12,50 % и 0,90 %,  $p=0,023$ ; OR=15,30; 95CI 1,04-225,38). Результаты представлены на рисунке 2.

У спортсменов со званием ЗМС–МСМК в сравнении с популяционной группой преобладает генотип 4а/4а гена *eNOS* (соответственно 20,00 % и 3,10 %,  $p=0,042$ ), а также аллель 4а (45,00 % и 17,21 %,  $p=0,004$ ;  $OR=3,9$ ;  $95CI\ 1,42-10,59$ ). Полученные результаты отражены таблице 2.

Статистически значимых различий в частотах встречаемости исследуемых вариантов между популяционной группой и группой спортивных игр при общем анализе, а также при разделении по полу и уровню мастерства – не обнаружено.

#### *Обсуждение результатов*

Частоты встречаемости исследуемых аллельных вариантов соответствуют данным для европейской популяции [6].

В большинстве научных работ спортсменов, занимающихся многоборьем, относят в «группу выносливости». Однако выделение их в отдельную группу более точно отражает специфичность проявления физических качеств спортсменов и технических особенностей данного вида спорта [4]. Исходя из полученных нами результатов можно предположить, что у многоборцев значительный вклад в уникальный генетический профиль атлета вносят полиморфные варианты генов сигнальных путей, ответственных за энергообеспечение клеток.

В результате обрыва синтеза цепи белка при замене цитозина на тимин в 34-м нуклеотиде (С34Т) второго экзона гена *AMPD1* блокируется выработка ИМФ, что в свою очередь приводит к снижению уровня энергообеспечения мышечных клеток [7]. Данный эффект частично нивелируется за счет наличия альтернативного сплайсинга мРНК *AMPD1* [8]. Согласно литературным данным люди с генотипом Т/Т гена *AMPD1* медленно восстанавливаются после высокоинтенсивных физических нагрузок [9], а также характеризуются более низкими показателями  $VO_{2max}$  [10]. Таким образом, более высокая частота встречаемости генотипа С/С в группе многоборья может быть следствием отсеивания спортсменов с неблагоприятным генотипом на этапе отбора.

Аллель 55Val гена *UCP2* ассоциирован с высокой метаболической эффективностью мышечной деятельности, пониженным расходом энергии в покое, а также низким уровнем утилизации жирных кислот [11]. В настоящее время одной из основных функций *UCP2* считается контроль выбора субстрата, включаемого в цикл Кребса [12]. Более высокая частота встречаемости генотипа Ala/Ala у спортсменов-многоборцев указывает на активное использование в качестве субстрата для синтеза АТФ жирных кислот вместо глюкозы.

Несмотря на то, что статистически значимые различия в частотах встречаемости вариантов Т/Т гена *AMPD1* и Ala/Ala гена *UCP2* обнаружены только среди мужчин, для женщин выявлена аналогичная ассоциация на уровне тенденции.

В сравнении с популяционной группой в группе многоборья также обнаружено преобладание генотипа 4G/4G гена *PAI-1*. Белковый продукт данного гена участвует в процессах ангиогенеза путем замедления фибринолиза во время гипоксии, которая появляется при тяжелых физических нагрузках. Установлено, что люди, имеющие однонуклеотидную делецию гуанина (генотип 4G/4G) в промоторной области гена *PAI-1*, характеризуются повышением содержания белка PAI в плазме крови в сравнении с людьми, имеющими генотип 5G/5G [13]. Согласно литературным данным существует связь уровня *PAI-1* в плазме крови с полом [14]. Более высокая частота встречаемости генотипа 4G/4G только среди женщин-многоборцев, может быть связана со незначительным вкладом данного полиморфизма в общий уровень *PAI-1* в плазме крови, который проявляется лишь в данной подгруппе спортсменов.

Среди женщин, занимающихся многоборьем, частота встречаемости генотипа I/I и аллеля I гена *ACE* была ниже по сравнению с популяционной группой. Данный факт является неожиданным, так как согласно литературным данным аллель I ассоциирован с повышенной выносливостью спортсменов [15]. Однако в некоторых научных работах получены схожие с нашими результаты [16]. Возможным объяснением этому является сдвиг в процентном соотношении мышечных волокон 1-го и 2-го типа, наблюдаемый у носителей генотипа I/I (повышением процента содержания мышечных волокон 1-го типа) [17]. Таким образом, люди с данным генотипом могут компенсировать снижение сократительной функции сердечной и скелетных мышц через повышение эффективности митохондриального окисления. В связи с более развитой мышечной

массой у мужчин, перераспределение процентного соотношения различных типов мышечных волокон может иметь большее значение у женщин-спортсменок.

Одной из специфических особенностей многоборья является быстрое переключение между разными типами нагрузок (динамическая и статическая), к тому же сами соревнования достаточно продолжительны по времени. Чувство усталости должно наступать как можно позже, а спортсмен должен быть устойчив к боли после интенсивной физической нагрузки. Можно предположить, что полиморфные варианты в генах сигнальных путей энергообеспечения мышечных клеток могут быть ассоциированы с повышенной вероятностью достижения высоких результатов спортсменами-многоборцами

В отличие от многоборья у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, генетический профиль группы формируют полиморфные варианты генов различных сигнальных путей.

Генотип T/T гена *eNOS* связан с меньшей активностью белка, вызванной проблемой его связывания с кальвеолином 1 [18]. Снижение уровня NO в крови при физических нагрузках влияет на вазодилатацию сосудов и ведет к уменьшению аэробного потенциала. Согласно литературным данным частота встречаемости генотипа Glu298Glu выше у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта [19]. Однако в нашем исследовании у женщин данной группы обнаружено преобладание аллеля T. Возможной причиной противоречия наших данных и результатов исследований других авторов является малая численность женщин-спортсменок в ранних работах.

Стоит обратить внимание на то, что полиморфизм 298 GluAsp гена *eNOS* не влияет на количество образованной мРНК, а затрагивает способность белка взаимодействовать с кальвеолином 1 через нарушение связывания с ионами кальция. Известно, что недостаток кальция в крови ведет к активации паратгормона и вымыванию ионов кальция из костей, что увеличивает риск их травмирования [20]. Спортсмены, делающие упор на развитие выносливости, часто подвержены подобным травмам. У женщин эстроген является одним из ключевых факторов, влияющих на уровень всасывания Ca<sup>2+</sup> в организме в кишечнике и почках. Однако женщины-спортсменки характеризуются снижением уровня эстрогенов в сравнении с популяционной группой. В связи с этим сохранение ионов Ca<sup>2+</sup> в крови за счет снижения активности *eNOS* может оказывать благоприятное влияние у женщин-спортсменок с генотипом T/T. Для подтверждения данной гипотезы необходимы дополнительные исследования по изучению уровня Ca<sup>2+</sup> в крови, полиморфизма Glu298 и риску травмирования спортсменок.

Также известно, что концентрация эндотелиальной NO-синтазы значительно увеличивается при динамической физической нагрузке [21]. Длительное увеличение уровня NO в крови может оказывать негативное влияние на организм из-за увеличения проницаемости сосудов. Именно поэтому факторы, сдерживающие чрезмерное увеличение уровня NO в крови данной группы спортсменов, также могут оказаться благоприятными.

В нашем исследовании у спортсменов подгруппы ЗМС\_МСМК циклических видов спорта не обнаружено ни одного человека с генотипом 4a/4a, который ассоциирован с повышенной продукцией NO. Данные результаты согласуются с результатами других научных исследований [22].

Полиморфный вариант +9/-9 (I/D), находящийся в промоторном участке гена *BDKRB2* и влияющий на степень вазодилатации сосудов, может быть связан с повышенной метаболической эффективностью скелетных мышц [23]. Однако в некоторых научных работах не было обнаружено связи между генотипом гена *BDKRB2* и спортивной успешностью [10]. Противоречивость результатов исследований может быть вызвана вариацией частоты встречаемости аллеля D гена *BDKRB2* в различных популяциях (0-100 %), а также половой структурой исследованных групп. Установлено, что одна из функций эстрогена – это вазодилатационный эффект, который он оказывает через взаимодействие с *eNOS*, тем самым влияя на уровень экспрессии NO [24]. Это является одной из причин более высокого уровня биосинтеза

NO у женщин в сравнении с мужчинами. Таким образом, *BDKRB2* и эстроген, возможно, оказывают синергичное действие на кровеносные сосуды.

В нашем исследовании обнаружено, что частота встречаемости генотипа D/D гена *BDKRB2* в общей группе женщин-спортсменок значительно выше, чем в группе мужчин-атлетов и в популяционной группе. Таким образом, можно предположить, что генотип D/D гена *BDKRB2* является предпочтительным именно для женщин-спортсменок. Стоит отметить, что в популяционной группе были обнаружены различия в частоте встречаемости аллеля D гена *BDKRB2*, однако для генотипов достоверных различий не обнаружено. Преобладание генотипа D/D в группе спортсменок циклических видов спорта может быть связано с высокими требованиями к выносливости спортсменов в данном виде спорта.

Аллель Ala гена *PPARG* ассоциирован со снижением активности соответствующего белка, что приводит к повышению чувствительности тканей к инсулину, а также усиливает анаболическое действие последнего на скелетные мышцы [25]. Возможно, именно данный эффект позволяет рассматривать вариант Pro12Ala в качестве маркера высоких спортивных достижений.

У женщин-спортсменок, занимающихся циклическими видами спорта, отмечена более высокая частота гомозиготного носительства варианта 12Ala и аллеля Ala гена *PPARG*. Похожие результаты были получены Сорокиным и его коллегами [26]. Согласно данным Копытова и соавторов у здоровых женщин с генотипом Ala/Ala экспрессия гена *PPARG* в интраабдоминальной жировой ткани ниже, чем у женщин с генотипом Pro/Pro [27]. Возможно, пониженная активность белка *PPARG* у женщин носителей гомозиготы Ala12 в сочетании со сниженным уровнем экспрессии мРНК *PPARG* в жировой ткани определяет более выраженный анаболический эффект и высокую частоту встречаемости данного генотипа именно у женщин-спортсменок.

Аналогично женщинам-спортсменкам в группе многоборья, у мужчин-атлетов в группе циклических видов спорта обнаружена более низкая частота встречаемости генотипа I/I и аллеля I гена *ACE* в сравнении с популяционной группой.

У спортсменов, занимающихся скоростно-силовыми видами спорта, обнаружены особенности частот встречаемости полиморфных вариантов генов, влияющих на процессы кровоснабжения мышечных волокон.

Преобладание полиморфизма 4a/4a гена *eNOS*, ассоциированного с увеличением продукции NO (оксида азота) и повышенной вазодилатацией сосудов ожидаемо в видах спорта, требующих большей мышечной силы. Наибольшая частота встречаемости генотипа 4a/4a и аллеля 4a обнаружена среди элитных спортсменов в звании ЗМС+МСМК.

У женщин данной группы видов спорта обнаружена повышенная частота встречаемости генотипа D/D гена *BDKRB2*. Сочетание действий эстрогена, *BDKRB2* и *eNOS* может способствовать значительному повышению уровня NO в крови и, как следствие, сильному и длительному расслаблению кровеносных сосудов. Увеличение питания мышечной ткани во время тренировок может способствовать более эффективному росту мышц. По аналогии с генотипом I/I гена *ACE*, в связи с более развитой мышечной тканью у мужчин, данная генетическая особенность может иметь более выраженное значение у женщин-спортсменок.

Также у спортсменов в звании ЗМС-МСМК обнаружена более низкая частота встречаемости генотипа C/C и аллеля C гена *AMPD1*. В отличие от многоборцев спортсмены, занимающиеся скоростно-силовыми видами спорта, используют во время соревнований преимущественно один источник энергии – креатининфосфат мышечных волокон [28]. Таким образом, они в меньшей степени зависят от эффективности работы систем энергообеспечения клеток.

При блокировке образования ИМФ (инозин монофосфата) из АМФ (аденозинмонофосфата), вызванной вариантом С34Т, наблюдается увеличение уровня свободного аденозина. Данный нуклеозид способствует расширению сосудов и ускорению кровотока [29]. Нарушение синтеза ИМФ также приводит к снижению уровня образования аммиака во время физической нагрузки, что может способствовать более позднему наступлению болевого синдрома. У спортсменов скоростно-силовых видов спорта данные особенности могут играть благоприятную роль

во время этапа тренировки, способствуя увеличению ее продолжительности и, как следствие, большему росту мышц.

Спортсмены в группе сложнокоординационных видов спорта по генетическому профилю схожи со спортсменами группы скоростно-силовых и циклических видов спорта. Более высокая частота встречаемости полиморфизма 4a/4a гена *eNOS* у женщин-спортсменок может давать преимущество при тренировках, направленных на развитие мышечной силы. В то же время более высокая частота встречаемости генотипа Ala/Ala гена *PPARG* может указывать на важность анаболического эффекта, усиленного данным вариантом, при статической мышечной нагрузке. Особенно, если принять во внимание тот факт, что на соревнованиях атлетам в группе сложнокоординационных видов спорта необходимо выступать несколько раз в течение дня.

#### *Заключение*

Результаты нашего исследования позволяют сделать предположение о важности учета пола спортсменов при исследовании генов, регулирующих работу сердечно-сосудистой системы и липидного обмена. В отличие от мужчин у женщин-спортсменок обнаружены особенности в частотах встречаемости полиморфных вариантов генов *eNOS*, *BDKRB2* и *PPARG* в циклических (rs1799983, rs5810761, rs1801282), сложнокоординационных (rs61722009, rs1801282) и скоростно-силовых видах спорта (4a/4b гена *eNOS*, rs5810761).

В рамках нашего исследования установлено, что у многоборцев значительный вклад в уникальный генетический профиль атлета вносят полиморфные варианты генов сигнальных путей, ответственных за энергообеспечение мышечных клеток (С34Т гена *AMPD1*, Ala55Val гена *UCP2*).

Полученные нами данные могут повлиять на общие взгляды о подходах к исследованиям в области спортивной генетики, а также могут быть использованы для выявления индивидуальной генетической предрасположенности к определенным группам видов спорта.

#### *Список использованных источников*

1. SGDB: A Sports Gene Database for Visualization of Sports Effects on Human Skeletal Muscle Gene Expression / C. Qinglei [et al.] // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 20557–20562. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2968514.
2. Genotype and metabolic profile associations in athletic adaptation to physical loads / D. A. Alaverdyan [et al.] // Theory and practice of physical culture. – 2019. – № 8. – Mode of access: <http://teoriya.ru/ru/node/10460>. – Date of access: 18.08.2021.
3. Различные подходы к классификации видов спорта / А. В. Генералов [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 3. – С. 40–42.
4. Никитушкин, В. Г. Спорт высших достижений: теория и методика / В. Г. Никитушкин, Ф. П. Суслов // Спорт. – 2018. – 390 с.
5. Некоторые аспекты ассоциации генов с высокими спортивными достижениями / И. Б. Моссэ [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21(3) – С. 296–303. DOI: 10.18699/VJ17.247.
6. База данных NCBI / National Center for Biotechnology Information [Electronic resource] – Mode of access: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs660339#frequency\\_tab](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs660339#frequency_tab). – Date of access: 05.11.2017.
7. Effect of isolated AMP deaminase deficiency on skeletal muscle function / J. Cheng [et al.] // Molecular Genetics and Metabolism Reports. – 2014. – Vol. 1(1). – P. 51–59. DOI: 10.1016/j.ymgmr.2013.12.004.
8. Alternative splicing: a mechanism for phenotypic rescue of a common inherited defect/ H. Morisaki [et al.] // J Clin Invest. – 1993. – Vol. 91(5). – P. 2275–2280. DOI: 10.1172/JCI116455.
9. Collins, C. Resistance Training, Recovery and Genetics: AMPD1 the Gene for Recovery / C. Collins // JOAE. – 2017. – Vol. 6 – I.2. DOI:10.4172/2324-9080.1000256.
10. Polygenic Study of Endurance-Associated Genetic Markers NOS3 (Glu298Asp), BDKRB2 (-9/+9), UCP2 (Ala55Val), AMPD1 (Gln45Ter) and ACE (I/D) in Polish Male Half Marathoners / P. Gronek [et al.] // Journal of Human Kinetics. – 2018. – 64(1) – P. 87–98. DOI: <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0204>.

11. Ахметов, И. И. Молекулярная генетика спорта / И. И. Ахметов // М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.
12. UCP2 Overexpression Redirects Glucose into Anabolic Metabolic Pathways / A. Sreedhar [et al.] // *Proteomics*. – 2019. – 19(4). – e1800353. DOI:10.1002/ptmic.201800353.
13. Allele specific increase in basal transcription of the plasminogen activator inhibitor-1 gene is associated with myocardial infarction / R. Eriksson [et al.] // *Proc Natl Acad Sci US A*. – 1995. – № 92. – P. 1851–1855.
14. Male–female differences in the genetic regulation of t-PA and PAI-1 levels in a Ghanaian population / A. Shoenhard [et al.] // *Human Genetics*. – 2008. – Vol. 124. – P. 479–488.
15. The association between ace gene variation and aerobic capacity in winter endurance disciplines / J. Orysiak [et al.] // *Biol Sport*. – 2013. – Vol. 30(4). – P. 249–253. DOI:10.5604/20831862.1077549.
16. Genetic variants associated with physical and mental characteristics of the elite athletes in the Polish population / B. Peplonska [et al.] // *Scandinavian journal of Medicine and Science in sports*. – 2017. – Vol. 27. – I.8. – P. 788–800. DOI: <https://doi.org/10.1111/sms.12687>.
17. The I allele of the angiotensin-converting enzyme gene is associated with an increased percentage of slow-twitch type I fibers in human skeletal muscle / B. Zhang [et al.] // *Clin Genet* – 2003. – Vol. 63, № 2. – P. 139–144.
18. Oliveira-Paula, G. H. Endothelial nitric oxide synthase: from biochemistry and gene structure to clinical implications of NOS3 polymorphisms / G. H. Oliveira-Paula, R. Lacchini, J. E. Tanus-Santos / *Gene*. – 2016. – 575(2Pt3). – P. 584–599. DOI:10.1016/j.gene.2015.09.061.
19. Endothelial nitric oxide synthase G894T (rs1799983) gene polymorphism in polish athletes / J. Eider [et al.] // *Central European Journal of Biology*. – 2014. – Vol. 9. – P. 260–267. DOI: 10.2478/s11535-013-0254-1.
20. A Pilot Intervention to Increase Calcium Intake in Female Collegiate Athletes / S. Robyn [et al.] // *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. – 2004. – Vol. 14. – P. 18–29. DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.14.1.18>.
21. Содержание эндотелиальной синтазы оксида азота в плазме после физических нагрузок различного характера / Е. Ю. Дьякова [и др.] // *Бюллетень сибирской медицины*. – 2017. – Vol. 16(1). – С. 20–26.
22. The use of molecular genetic methods for prognosis of aerobic and anaerobic performance in athletes / I. Ahmetov [et al.] // *Hum. Physiol*. – 2008. – Vol. 34. – P. 338–342. DOI: 10.1134/S0362119708030110.
23. BDKRB2 gene -9/+9 polymorphism and swimming performance / A. Grenda [et al.] // *Biol Sport*. – 2014. – Vol. 31(2). – P. 109.
24. Duckles, S. Hormonal modulation of endothelial NO production / S. Duckles, V. Miller // *Pflugers Arch*. – 2010. – Vol. 459, № 7. – P. 841–851.
25. An aPPARent Functional Consequence in Skeletal Muscle Physiology via Peroxisome Proliferator-Activated Receptors / W. W. T. Phua // *Int J Mol Sci*. – 2018. – Vol. 19(5). – 1425. DOI:10.3390/ijms19051425.
26. Сорокина, Е. Ю. Изучение ассоциации полиморфизма генов со спортивной успешностью и риском развития алиментарно-зависимых заболеваний у спортсменов, представляющих циклические виды спорта / Е. Ю. Сорокина, Э. Э. Кешабянц, Н. Н. Денисова // *Спортивная медицина: наука и практика*. – 2019. – № 9(3). – С. 41–48.
27. Ассоциация ОНП Pro12Ala (rs1801282) гена PPARG с уровнем мРНК в интраабдоминальной жировой ткани у женщин / А. Э. Копытова [и др.] // *Медицинская генетика*. – 2017. – № 16(2). – С. 26–29.
28. Тереньтев, А. А. Биохимия мышечных волокон: учебное пособие / А. А. Тереньтев. – М.: ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России, 2019. – 76 с.
29. Mechanism of vasodilation to adenosine in coronary arterioles from patients with heart disease / A. Sato [et al.] // *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. – 2005. – Vol. 288. – P. 1633–1640.

23.09.2021

**ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ  
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ В БИАТЛОНЕ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕННОСТИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК**

**В. Д. Румянцева,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»;

**И. А. Рыбина, д-р биол. наук,**

Общественное объединение «Белорусская федерация биатлона»

*Аннотация*

*Своевременный мониторинг биохимических показателей в тренировочном процессе дает возможность скорректировать режим отдыха и тренировок для предотвращения перетренированности или недостаточной нагрузки.*

**DYNAMICS OF BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS OF HIGHLY QUALIFIED  
FEMALE BIATHLETES DEPENDING ON THE ORIENTATION OF TRAINING LOADS**

*Abstract*

*Timely monitoring of biochemical parameters during training makes it possible to adjust rest and training regimes to prevent overtraining or insufficient training load.*

*Введение*

Система подготовки спортсменов в циклических видах спорта на современном этапе характеризуется напряженным тренировочным процессом, зачастую находящимся на пределе физических возможностей. Контроль адаптационных процессов к тренировочным нагрузкам требует адекватных и информативных методов. В настоящее время для оценки функционального состояния используется ряд педагогических и медико-биологических методов исследования. Биохимические методы исследования в значительной мере отвечают вышеуказанным требованиям и широко используются в тренировочном процессе [1, 3, 4].

Клинико-лабораторные обследования по содержанию и объему должны максимально соответствовать целям и задачам тренировочного процесса. Для определения степени напряженности тренировочных нагрузок в экстремальных условиях необходимы адекватные и информативные методы клинико-лабораторного контроля [2, 5, 6]. Основной задачей биохимического контроля тренировочного процесса является оценка динамики адаптационных процессов организма спортсменов к высокоинтенсивной физической деятельности. Принципиально важным является изучение характера воздействия на организм спортсменов тренировочных нагрузок разной направленности. Целесообразно использовать показатели, которые дают информацию о срочном эффекте нагрузки, а также о характере и продолжительности восстановления функций организма после выполненной нагрузки [2, 7, 8, 10].

На основании результатов биохимического контроля оценивается переносимость тренировочных нагрузок, активность процессов анаболизма, катаболизма, сбалансированность скорости поступления и расходования белков, оценка восстановления мышц и их сократительной способности, определение алактатных возможностей, состояние метаболической функции печени, процессов метаболизма в миокарде, определение микроэлементного состава крови.

Таким образом, биохимический контроль позволяет решать такие частные задачи, как оценка реакции организма на физические нагрузки, определение уровня тренированности, эффект от применения фармакологических и других восстанавливающих средств, роли энергетических метаболических систем в мышечной деятельности, воздействия климатических факторов и др. При физических нагрузках и воздействии иных факторов окружающей среды, а также при патологических

изменениях обмена веществ или после применения фармакологических препаратов содержание отдельных компонентов крови существенно изменяется.

Вид физических нагрузок, их интенсивность, направленность и продолжительность являются основными факторами, оказывающими непосредственное воздействие на структуру метаболических процессов в ответ на тренировочное воздействие.

*Цель исследования* – изучить динамику биохимических показателей крови, в частности мочевины и креатинфосфокиназы, в организме высококвалифицированных спортсменов-биатлонисток в зависимости от направленности тренировочных нагрузок.

#### *Методы и организация исследования*

В исследовании приняли участие 6 высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в биатлоне. Всего было проведено 274 человеко-обследования в течение весенне-летнего этапа подготовки. Забор крови для определения биохимических показателей (мочевины и КФК) осуществляли утром натощак перед тренировкой и через час после окончания вечерней тренировки, что позволило определить суммарный адаптационный сдвиг в течение дня. Полученные результаты были распределены на 3 группы с учетом направленности тренировочных нагрузок. В первую группу включены нагрузки с интенсивностью на уровне аэробного порога (АП) продолжительностью 2–2,5 ч. Вторую группу составили тренировочные нагрузки на уровне анаэробного порога (АнП) продолжительностью 35–40 мин. К третьей группе отнесены силовые тренировки с общей продолжительностью 1–1,5 ч.

Содержание метаболитов и ферментов в крови определяли при помощи стандартных наборов ЗАО «Диакон ДС» (Россия) с помощью полуавтоматического спектрофотометра «PV 1251C–Solar» (Республика Беларусь). В качестве критерия оценки интенсивности циклической нагрузки в различных зонах энергообеспечения использовалось содержание лактата в крови, которое неоднократно определялось в течение тренировки. Также проведен сравнительный анализ динамики биохимических показателей при вышеописанных типах тренировочных нагрузок.

Для анализа полученных результатов использовалась программа «Microsoft Excel 2017». Статистическая обработка данных проводилась с применением пакета прикладных программ Statistica. Также использовались методы описательной статистики, которые включали однофакторный дисперсионный анализ.

Показатели мочевины и креатинфосфокиназы являются одними из наиболее изученных и востребованных в практике спорта. Интерес к изучению динамики данных показателей обусловлен наличием изученных корреляций этих веществ с особенностями метаболизма при физических нагрузках.

*Мочевина* – это нетоксичное азотсодержащее вещество, которое синтезируется в организме человека. В крови каждого взрослого человека нормальная концентрация данного вещества индивидуальна. При нормальном течении белкового обмена мочевина выводится из организма с мочой. Концентрация мочевины в крови может расти от различных факторов: при значительном поступлении белков с пищей, при нарушении выделительной функции почек, а также после выполнения длительной физической работы за счет увеличения расщепления белков [10]. Этот показатель широко используется для оценки переносимости спортсменом тренировочных и соревновательных физических нагрузок, хода тренировочных занятий и процессов восстановления организма.

*Креатинфосфокиназа (КФК)* – фермент, выступающий катализатором при образовании креатинфосфата из креатина и АТФ и его расщеплении. КФК отражает степень напряженности мускулатуры во время тренировочных нагрузок, уровень тренированности, скорости восстановления мышечной системы. Активность фермента КФК в сыворотке крови является наиболее информативным маркером функционального состояния мышечной ткани и широко используется в мониторинге тренировочного процесса. На активность фермента оказывают влияние такие факторы, как уровень подготовки спортсмена, пол, группы мышц, участвующих в выполнении упражнения, а также общий объем силовых нагрузок. В норме активность КФК в популяционной сыворотке крови составляет 40–200 Е/л. Активность

этого фермента возрастает примерно на 100 % через 8 часов, а пиковые значения могут быть достигнуты в интервале от 24 до 96 часов в зависимости от вида упражнений и индивидуальных особенностей организма спортсменов. Уровень сывороточной КФК может быть использован в качестве надежного индикатора интенсивности тренировочного процесса, а также диагностического маркера перетренированности [11].

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Проведен сравнительный анализ изменения динамики биохимических показателей до и после выполнения нагрузки при различных типах тренировочных воздействий: аэробной направленности на уровне порогов аэробного (АП) и анаэробного (АнП) и нагрузки силовой направленности.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биохимические показатели и их изменение под влиянием тренировочных нагрузок различной направленности у биатлонисток ( $X \pm SD$ )

Исследуемые показатели	Виды тренировочных нагрузок		
	1-я группа	2-я группа	3-я группа
	АП (n=17)	АнП (n=57)	Силовая (n=29)
Мочевина до нагрузки, ммоль/л	6,17±1,57	6,11±1,11	6,25±1,17
Мочевина после нагрузки, ммоль/л	7,24±1,29* <sup>3</sup>	7,16±1,26	9,02±1,74* <sup>1</sup>
Мочевина, (прирост, ммоль/л)	1,07±1,16* <sup>3</sup>	1,06±1,25	2,76±1,94* <sup>1</sup>
Мочевина, (прирост, %)	19,96±0,18	19,62±0,25	48±0,34
КФК до нагрузки, ЕД/л	331±193,4* <sup>2</sup>	235±142,5* <sup>1</sup>	286±174,0
КФК после нагрузки, ЕД/л	444±230,0	368±208,6* <sup>3</sup>	460±254,4* <sup>2</sup>
КФК, (прирост, ЕД/л)	112±167,3	133±115,0	174±155,1
КФК, (прирост, %)	43,37±0,5	68,38±0,53	74±0,58

*Примечание: \* – различия достоверны с соответствующей группой, p<0,05.*

Постнагрузочные значения активности КФК, концентрации мочевины и их изменение в ходе тренировочных нагрузок различной направленности варьировались в широких пределах.

Динамика активности КФК под влиянием тренировки различной направленности отражает диапазоны изменений активности данного фермента и характеризуется значительной индивидуальной вариативностью. Следует обратить внимание на то, что скорость выхода КФК в кровь, обусловленная степенью проницаемости клеточных мембран, строго индивидуальна, и максимальные показатели данного фермента могут быть достигнуты значительно позже времени его определения [7, 8].

Для наглядности полученные результаты представлены в виде рисунков, отражающих как средние данные по выборкам, так и имеющийся статистический разброс. На наш взгляд, представление результатов таким образом является наиболее удобным и более информативным для понимания и дальнейшего практического использования.

На рисунке 1 представлены границы вариаций среднего содержания фермента КФК, а также стандартная ошибка и стандартное отклонение данного показателя в исследуемых выборках. Как видно из рисунка 1, активность КФК в периферийной крови биатлонисток после силовых тренировок имеет значительный разброс данных, что свидетельствует о более высокой концентрации данного фермента по сравнению с другими группами тренировок. Значения вышеуказанного фермента изменялись от 130 до 1065 Ед./л.

Абсолютные максимальные значения постнагрузочной концентрации КФК отмечались после тренировок силовой направленности 460±254,4 ЕД/л (p<0,05). При этом наблюдались наибольшие средние значения прироста креатинфосфокиназы 174±155,1 Ед/л.

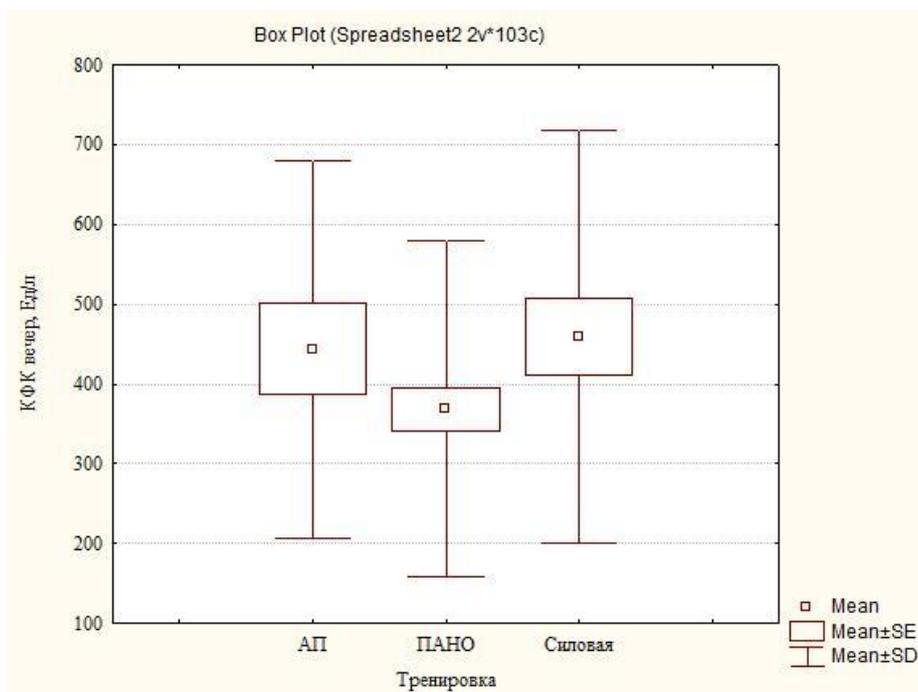


Рисунок 1 – Содержание КФК в периферической крови биатлонисток после выполнения нагрузок различной направленности

Оценка относительного увеличения активности КФК ( $74 \pm 0,58$  %) также выявила тенденцию к увеличению, что позволяет их использовать в качестве ориентиров при оценке степени активации креатинфосфатной реакции после тренировок различной направленности. Средние значения прироста КФК после силовой тренировки свидетельствуют об увеличении КФК практически в 2 раза.

Анализ статистического распределения значений постнагрузочной концентрации мочевины позволяет оценить индивидуальные значения данного показателя после выполнения нагрузок соответствующей направленности. Чтобы исключить недостоверные показатели, связанные с особенностями питания, спортсменками велись дневники питания, которые так же анализировались в процессе исследования. В них оценивалось количество потребляемых белков, которое было относительно постоянным.

На рисунке 2 представлены границы вариаций среднего значения концентрации мочевины, а также стандартная ошибка и стандартное отклонение данного показателя в исследуемых выборках.

Максимальные значения постнагрузочной концентрации мочевины также отмечались после проведения силовых тренировок, значение которых изменялось от 5 до  $13,9$  ммоль/л ( $P < 0,05$ ), а прирост этого показателя составил в среднем  $2,76 \pm 1,94$  ммоль/л.

Также прирост мочевины отмечался после тренировок на уровне аэробного и анаэробного порогов. Постнагрузочные значения содержания мочевины составили  $7,24 \pm 1,29$  ммоль/л после длительных тренировок аэробной направленности, а на уровне анаэробного порога –  $7,16 \pm 1,26$  ммоль/л. Прирост показателей составил  $1,07 \pm 1,16$  ммоль/л после тренировок на уровне аэробного порога и  $1,06 \pm 1,25$  ммоль/л после тренировок на уровне АНП.

Характер метаболической адаптации к нагрузкам различной направленности определяется особенностями механизма энергообеспечения и путей ресинтеза АТФ. Энергообеспечение тренировочных нагрузок при интенсивности на уровне аэробного порога осуществляется за счет окисления липидов и аэробного расщепления углеводов. При длительной работе данной интенсивности углеводные запасы истощаются, вследствие чего возникает потребность в вовлечении в энергообмен белковых структур, в результате чего образуется побочный продукт аммиак, который в дальнейшем в результате последовательных реакций метаболизируется с образованием мочевины.

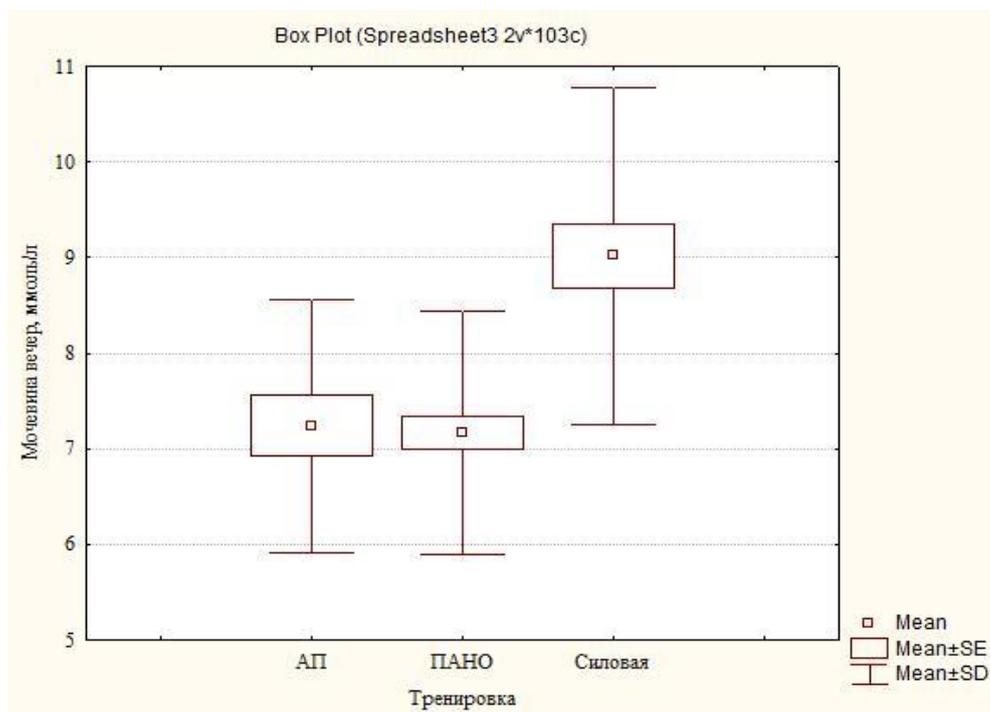


Рисунок 2 – Содержание мочевины в периферической крови биатлонисток после выполнения нагрузок различной направленности

При тренировках на уровне анаэробного порога в энергообеспечение включаются углеводы как в аэробном, так и частично в анаэробном процессах. Углеводные энергетические ресурсы организма довольно ограничены, пополнение запасов углеводов происходит в результате глюконеогенеза, главным образом за счет вовлечения в этот процесс белков, что в итоге может приводить к возрастанию уровня мочевины.

При выполнении тренировок силовой направленности образование энергии в алактатной системе происходит главным образом при расщеплении богатых энергией фосфатных соединений – АТФ и креатинфосфата. Реакция расщепления креатинфосфата катализируется креатинфосфокиназой. Значительный прирост уровня КФК обусловлен, в первую очередь, причинами механического характера вследствие возникающих мышечных микроразрывов в комплексе с повреждением клеточных мембран метаболического характера.

#### *Заключение*

Оценка переносимости тренировочных нагрузок различной направленности, основанная на динамике биохимических показателей, таких как мочевина и креатинфосфокиназа, дает практико-ориентированную информацию тренеру и позволяет индивидуализировать тренировочный процесс с учетом метаболического ответа на соответствующее нагрузочное воздействие. Постоянный мониторинг данных показателей позволит оценить индивидуальную переносимость нагрузок и избежать перенапряжения соответствующих систем энергообеспечения мышечной деятельности.

Различие постнагрузочных величин мочевины и КФК при различных типах тренировочных нагрузок в значительной степени отражает процессы, связанные с механизмами энергообеспечения выполняемых нагрузок. Результаты исследований динамики мочевины и КФК у высококвалифицированных спортсменок, специализирующихся в биатлоне, в зависимости от типа тренировочных нагрузок, могут послужить практическими рекомендациями для коррекции режима тренировочного процесса и отдыха в ходе подготовки.

#### *Список использованных источников*

- 1 Волков, Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. – Киев: Олимпийская литература, 2000. – 504 с.

- 2 Дорофейков, В. В. Лабораторный мониторинг состояния организма у спортсменов / В. В. Дорофейков [и др.] // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2013. – № 6(100). – С. 159–163.
- 3 Михайлов, С. С. Спортивная биохимия / С. С. Михайлов. – М: Советский спорт, 2004. – 220 с.
- 4 Рогозкин, В. А. Методы биохимического контроля в спорте / В. А. Рогозкин. – Л.: 1990. – 178 с.
- 5 Рыбина, И. Л. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации / И. Л. Рыбина, Е. А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 3. – С. 28–33.
- 6 Рыбина, И. Л. Биохимические аспекты оценки адаптации организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта к напряженным физическим нагрузкам: дис. ... д-р биол. наук: 14.03.11 / И. Л. Рыбина. – М., 2016. – 200 с.
- 7 Banfi, G. Metabolic markers in sports medicine / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi, A. Lubkowska // Adv. Clin. Chem. – 2012. – № 56. – P. 1–54.
- 8 Brancaccio, P. Biochemical markers of muscular damage / P. Brancaccio, G. Lippi, N. Maffulli // ClinChem Lab Med. – 2010. – № 48 (6). – P. 757–767.
- 9 Brancaccio, P. Serum enzyme monitoring in sports medicine / P. Brancaccio, N. Maffulli, R. Buonauro, F. M. Limongelli // Clin. Sports Med. – 2008. – № 27 (1). – P. 1–18.
- 10 Gleeson, M. Biochemical and immunological markers of overtraining / M. Gleeson // Journal of Sport Science and Medicine. – 2002. – № 1. – P. 31–41.
- 11 Hartmann, U. Training and overtraining markers in selected sport events / U. Hartmann, J. Mester // Med. Sci. Sports Exerc. – 2000. – Vol. 32, № 1. – P. 209–215.

18.10.2021

# СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА: ПРОФИЛАКТИКА ПАТОЛОГИЙ, СОХРАНЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ СПОРТСМЕНОВ

---

УДК 617.3

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АУТОЛОГИЧНОЙ ПЛАЗМЫ, ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ, В ЛЕЧЕНИИ ТРАВМ МЫШЕЧНО-СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА У СПОРТСМЕНОВ

**А. С. Ясюкевич,**

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

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»;

**М. П. Потапнев, д-р мед. наук, профессор,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий»;

**Н. П. Гулевич,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»;

**В. М. Асаевич,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и медицинских биотехнологий»

### *Аннотация*

*В статье подробно описана методика оценки безопасности и эффективности использования аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, получаемой из небольшого объема крови ручным способом для лечения травм опорно-двигательного аппарата у спортсменов. Приведены нормативные документы, регламентирующие работу по данной методике. Проведена оценка местной и общей реакции пациентов на введение обогащенной тромбоцитами плазмы непосредственно и через определенное время после введения, а также выполнена оценка эффективности лечения. Полученные данные проанализированы и внесены в таблицы.*

## ASSESSMENT OF SAFETY AND EFFICIENCY OF PLATELET-RICH AUTOLOGOUS PLASMA APPLIED IN THE TREATMENT OF MUSCULO-LIGAMENTOUS INJURIES IN ATHLETES

### *Abstract*

*This article details the methodology for assessing safety and efficiency of using autologous plasma enriched with platelets, obtained from a small volume of blood manually for the treatment of musculoskeletal injuries in athletes. Regulatory documents regulating the work according to the given methodology are given. The local and general reaction of patients to the injection of platelet-enriched plasma immediately and over a certain period of time after injection has been assessed, as well as efficiency of the treatment. The data obtained have been analyzed and tabulated.*

### *Введение*

Травмы, полученные в результате профессиональной спортивной деятельности, являются главной причиной нетрудоспособности спортсмена. Лечение травм различной этиологии ложится тяжелым бременем на спортивную медицину и государство в целом. Общая стоимость лечения пациентов с травмами, особенно хроническими, последующим снижением качества жизни этих спортсменов, влекут за собой огромные финансовые затраты. Во время нетрудоспособности элитный спортсмен не только не совершенствуется, но и теряет свои профессиональные качества. Одной из перспективных методик лечения травм у спортсменов является

PRP-терапия (Platelet-Rich Plasma). В основе метода лечения обогащенной тромбоцитами плазмой (ОТП) лежит ее способность стимулировать и ускорять процесс восстановления поврежденных тканей за счет усиленной регенерации клеток. Достичь такого эффекта позволяют содержащиеся в ней особые биологически активные вещества и факторы роста.

Обогащенную тромбоцитами плазму получают из собственной крови пациента. Она неопасна с точки зрения инфицирования (ВИЧ, вирусный гепатит и др.), практически исключены иммуногенные реакции и вероятность отторжения [1, 2].

Сегодня в мире отмечен значительный рост запросов, связанных с инъекциями богатой тромбоцитами плазмы для лечения остеоартрита бедра и колена. [3, 4]. Плазма, обогащенная тромбоцитами, возможно, является наиболее широко изученным из биологических методов лечения, с постоянно растущим объемом доказательств, подтверждающих ее безопасность и эффективность в уменьшении воспаления и боли и ускорении заживления в условиях как консервативного, так и оперативного лечения с незначительными побочными реакциями (местная гиперемия, временная эритема, гиперпигментация) [5–7].

В соответствии со статьей 18-3 Закона Республики Беларусь от 18 июня 1993 года N 2435-XII «О здравоохранении» биомедицинские клеточные продукты – это пересадочный материал, полученный на основе клеток человека, за исключением эмбриональных, фетальных и гемопоэтических стволовых клеток, генетически модифицированных клеток человека. Таким образом, плазма, клетки крови и их производные не являются биомедицинскими клеточными продуктами и могут быть отнесены к изделиям медицинского назначения [8].

Инвазивное медицинское изделие – медицинское изделие, которое предназначено для введения в организм человека полностью или частично [9].

Безопасность изделия медицинского назначения – состояние, при котором отсутствует риск причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, при использовании этого медицинского изделия в условиях, предусмотренных изготовителем. В соответствии с Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 12.02.2016 № 27 безопасность медицинского изделия – отсутствие недопустимого риска, связанного с причинением вреда жизни, здоровью человека, а также окружающей среде [10].

#### *Критерии безопасности применения ОТП у пациентов.*

Риск – сочетание вероятности возникновения опасностей и их последствий для жизни и здоровья человека. Безопасность медицинского изделия должна обеспечиваться сохранением его эксплуатационных свойств в течение установленного изготовителем срока службы или срока годности. При функционировании, в соответствии с предусмотренным назначением, польза от применения изделий медицинского назначения должна превышать вред от нежелательных побочных воздействий.

В соответствии с Техническим регламентом РБ «Медицинские изделия. Безопасность» (ТР 2010/006/ВУ) медицинское изделие и процессы его изготовления должны быть разработаны таким образом, чтобы исключить или свести к минимуму риск инфицирования пациента, пользователя или другого лица; при разработке и изготовлении необходимо обеспечить простоту обращения с медицинским изделием и свести к минимуму возможность его загрязнения пациентом и (или) пользователем во время применения; медицинское изделие должно быть разработано, изготовлено и упаковано таким образом, чтобы его параметры и эксплуатационные характеристики не ухудшались во время перевозки (транспортирования).

Любые риски, связанные с применением изделий медицинского назначения, должны быть допустимыми и максимально снижены изготовителем с помощью мер по управлению риском.

Технические решения, принятые изготовителем при проектировании (разработке) изделий медицинского назначения, должны соответствовать принципам обеспечения безопасности, которые необходимо применять в следующем порядке:

– идентифицировать опасности и сопутствующие им риски, связанные с предусмотренным назначением или обоснованно прогнозируемым неправильным применением изделий медицинского назначения;

– исключить или максимально уменьшить риски, обеспечивая безопасность медицинского изделия на этапах проектирования и разработки;

– принять защитные меры в случае невозможности исключения рисков;

– информировать пользователей об остаточных рисках, возникающих при наличии недостатков в предпринятых мерах защиты.

Эффективность изделия медицинского назначения – характеристика степени положительного влияния изделия медицинского назначения на течение болезни [9].

Клиническая эффективность изделия медицинского назначения – эффективность медицинской технологии, продемонстрированная в условиях обычного (не экспериментального) применения на гетерогенной, реальной популяции больных, в которой пациенты не подбираются искусственным образом на основании критериев включения/исключения в исследование [11].

В нашей работе использованы следующие критерии оценки эффективности:

Лабораторные – определение концентрации тромбоцитов в общем анализе крови (не менее  $150 \times 10^9/\text{л}$ ) и отсутствие лейкоцитоза (один раз в неделю перед процедурой изготовления ОТП).

Параклинические (инструментальные) – УЗИ связок и мышц, определение абсолютной силы мышц и мышечного дисбаланса с помощью многофункционального полидинамометра Diers Myoline (один раз в неделю непосредственно перед введением ОТП).

Клинические – учет динамики состояния больного и нежелательных реакций с помощью общепризнанных клинических тестов (стресс-тесты при повреждении связок и функциональное мышечное тестирование при повреждении мышц). При клиническом тестировании поврежденных элементов опорно-двигательного аппарата важно различать минимальные (I степень), средние и тяжелые (II степень) разрывы и полный разрыв (III степень), это определяется при помощи стресс-тестов.

Прикроватное стресс-тестирование заключается в пассивном отведении сустава в направлении, противоположном естественному (стресс), для выявления его нестабильности; это позволяет дифференцировать II степень разрыва от III. Поскольку мышечный спазм в процессе резко болезненного повреждения может маскировать нестабильность, необходимо дожидаться максимального расслабления мышц и повторять тест, каждый раз слегка увеличивая нагрузку. Результаты осмотра сравнивают с противоположной, нормальной конечностью. При разрывах II степени проба болезненна и открытие сустава ограничено. При III степени боль при тестировании слабее, так как связки полностью разорваны и не натягиваются, а открытие сустава ограничено меньше (проводятся еженедельно непосредственно перед введением ОТП).

Метод функционального мышечного тестирования заключается в том, что используются разработанные и систематизированные специфические движения для отдельных мышц и мышечных групп, названные тестовыми движениями, причем каждое движение совершается с точно определенного исходного положения – тестовая позиция. По характеру выполнения тестового движения и сопротивлению, которое при этом преодолевается, представляется возможным судить о функциональных возможностях исследуемых мышц (выполняются один раз в неделю непосредственно перед введением ОТП).

Очень значимой является оценка лечения самим пациентом (шкала ВАШ), где используется прямая линия, обычно 10 см длиной, с крайней позицией на ней отмечающей максимально возможную боль. С одного конца этой линии есть отметка «нет боли», другой конец не маркируется, на полоске нет каких-либо других делений и надписей. Пациент указывает на этой полоске свое настоящее состояние, чем дальше от отметки «нет боли», тем сильнее боль. Расстояние измеряют затем линейкой (выполняется 1 раз в неделю непосредственно перед введением ОТП) [13, 14].

Время реабилитации/восстановления (как основной критерий эффективности лечения) – время в днях, прошедшее с момента травмы до момента начала тренировок

в общей группе без ограничений. В данной работе время реабилитации пациентов контрольной группы (с использованием инъекций ОТП) сопоставлено со временем реабилитации/восстановления пациентов с аналогичной патологией, но с использованием традиционных физиотерапевтических процедур (магнит, лазер, ультразвук, электропроцедуры), а также со сроком лечения данной патологии согласно клиническим протоколам диагностики и лечения травматологических больных [15].

Целью исследования является оценка безопасности и эффективности аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами при локальном введении в место повреждения пациентам с травмами различных элементов опорно-двигательного аппарата.

Задачи:

1. Определение критериев безопасности аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами (ОТП), получаемой путем двухэтапного центрифугирования из малого объема крови.

2. Оценка локальных реакций на введение ОТП непосредственно после манипуляции.

3. Оценка общего негативного влияния ОТП непосредственно после манипуляции.

4. Оценка негативных реакций спортсменов на введение ОТП в отдаленном времени.

5. Оценка эффективности метода лечения травматических повреждений мышц бедра и связок коленного сустава у спортсменов.

*Материалы и методы*

Для оценки безопасности и эффективности лечения с помощью ОТП мы случайно выбрали пациентов-спортсменов с травмами мышц бедра или травмами боковых связок коленного сустава:

Критерии включения:

1. Пациенты с изолированным неполным повреждением медиальной коллатеральной связки коленного сустава.

2. Пациенты с изолированным неполным повреждением латеральной коллатеральной связки коленного сустава.

3. Пациенты с изолированным неполным повреждением четырехглавой мышцы бедра.

4. Пациенты с изолированным неполным повреждением мышц задней группы бедра.

5. Пациенты с изолированным неполным повреждением приводящих мышц бедра.

6. Комплаентность пациентов к проводимым лечебным процедурам.

7. Возраст пациентов от 18 до 35 лет.

8. Уровень тромбоцитов крови не менее  $150 \times 10^9/\text{л}$ .

9. Уровень лейкоцитов крови в пределах  $4,0-9,0 \times 10^9/\text{л}$ .

10. Письменное информированное согласие пациента на проведение аутологичного забора периферической крови и местного лечения с использованием ОТП.

Критерии исключения:

Пациент не должен быть включен в исследование, если на какой-либо из критериев исключения будет получен положительный ответ:

1. Наличие сопутствующей травмы данной области (например, травма коллатеральных связок коленного сустава и мениска/крестообразных связок; травма приводящих мышц и квадрицепса бедра).

2. Прием нестероидных противовоспалительных и других средств, влияющих на агрегацию тромбоцитов.

3. Возраст пациента младше 18 лет.

4. Возраст пациента старше 35 лет.

5. Уровень тромбоцитов крови менее  $150 \times 10^9/\text{л}$ .

6. Уровень лейкоцитов крови более  $9,0 \times 10^9/\text{л}$ .

7. Уровень СОЭ (по Панченко) более 20 мм/час.

8. Наличие системных воспалительных заболеваний в стадии обострения.

9. Наличие абсолютных и относительных противопоказаний к аутодонорству крови, регламентированных Инструкцией о порядке предоперационной заготовки аутологичной крови и ее компонентов, утвержденной приказом Министра здравоохранения Республики Беларусь от 03.09.2012 № 981 [12].

10. Психические заболевания в анамнезе и в настоящее время.

11. Участие в иных клинических испытаниях менее чем за 10 дней до включения в настоящее исследование.

Каждая процедура приготовления PRP сопровождалась задокументированным проведением этих исследований.

Забор крови осуществлялся утром натощак из кубитальной вены после двойной обработки антисептиком «Септоцид-Р плюс» в условиях специального кабинета при постоянной температуре окружающей среды 21–24°C. Одновременно с опытными исследованиями проводился общий анализ крови. Так же проводили анализы на ВИЧ, вирусные гепатиты В и С, сифилис. За две недели до забора крови был исключен прием препаратов с антисвертывающей активностью (например, аспирин и гепарин), а также нестероидных противовоспалительных препаратов. ОТП получали путем двухэтапного центрифугирования на центрифуге с горизонтальным ротором с использованием стерильных вакуумных пробирок с антикоагулянтом и без него. Введение пациенту осуществлялось непосредственно после получения конечного продукта под ультразвуковым контролем.

#### *Результаты и обсуждение*

Была выбрана группа спортсменов, представляющих различные виды спорта (38 человек) согласно принятым критериям включения, и контрольная группа (18 спортсменов), которым проводилось лечение данной патологии согласно клиническим протоколам. [13] Пациентам был присвоен номер рандомизации, а фамилия, имя и отчество кодировались по первым буквам. После введения ОТП были оценены негативные местные реакции (изменение цвета кожных покровов, повышение локальной температуры, боль, наличие кровотечения, появление флюктуации) и общие реакции (падение давления, учащение пульса, головокружение, повышение общей температуры тела, затруднение дыхания, появление отека лица и шеи). Оценка проводилась в кабинете в течение 30 минут, после чего пациенту разрешалось покинуть лечебное учреждение.

Местные реакции были так же оценены через 7–10 дней при повторном визите до и после последующей инъекции ОТП. Каждому пациенту было произведено по 2–3 инъекции через 7–10 дней.

Из 38 пациентов трое были женского (7,9 %) и 35 мужского (82,1 %) пола. Средний возраст пациентов составил 27 лет. Футбол представляли 33 спортсмена (87 %), волейбол – 2 (5 %), по одному (2,5 %) – гандбол, дзюдо и хоккей. Повреждение мышц бедра было у 28 спортсменов 74 %, из них на долю квадрицепса – 8 (28,5 %), мышц задней поверхности бедра – 15 (53,5 %), приводящих мышц – 5 (18 %). Травмы боковых связок коленного сустава зафиксированы у 10 (26 %) спортсменов, из них медиальная коллатеральная – 9 (90 %). Данные наблюдений были занесены в таблицу 1, где дополнительно указывались возраст пациента, вид спорта и характер травмы.

Таблица 1 – Оценка безопасности применения ОТП в лечении травматических повреждений различных элементов ОДА

№, ФИО	Возраст, лет	Пол	Характер повреждения	Визит 2	Визит 3	Визит 4	Контрольный визит
1	2	3	4	5	6	7	8
№1 БАВ	33	м	Повреждение приводящей мышцы правого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№2 БМА	34	м	Повреждение приводящей мышцы правого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№3 ЯАП	35	м	Повреждение приводящей мышцы левого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№4 ОЮМ	31	м	Повреждение медиальной связки левого коленного сустава 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№5 ИВП	25	ж	Повреждение медиальной связки правого коленного сустава 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
№6 АПА	30	м	Повреждение четырехглавой мышцы левого бедра 1–2 ст.	безопасно	безопасна	безопасно	безопасно
№7 ЮДВ	29	м	Повреждение мышцы задней поверхности правого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№8 СЕГ	31	м	Повреждение мышцы задней поверхности правого бедра 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№9 ККА	23	м	Повреждение медиальной связки правого коленного сустава 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№10 САА	30	м	Повреждение мышцы задней поверхности правого бедра 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№11 БИИ	21	м	Повреждение медиальной связки правого коленного сустава 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№12 КНД	26	м	Повреждение мышцы задней поверхности левого бедра 1–2 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№13 ЧОА	25	м	Повреждение приводящей мышцы левого бедра 2–3 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№14 МНМ	24	м	Повреждение мышцы задней поверхности правого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№15 КМИ	29	м	Повреждение приводящей мышцы правого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№16 ВРС	21	м	Повреждение четырехглавой мышцы правого бедра 1–2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№17 КАА	22	м	Повреждение медиальной связки правого коленного сустава 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№18 СНЮ	25	м	Повреждение медиальной связки левого коленного сустава 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№19 ЛТ	30	м	Повреждение мышц задней поверхности правого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№20 РСГ	28	м	Повреждение мышц задней поверхности правого бедра 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№21 ТАА	27	м	Повреждение четырехглавой мышцы правого бедра 1–2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№22 ЯДЮ	29	м	Повреждение мышц задней поверхности левого бедра 1–2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№23 КДА	34	м	Повреждение четырехглавой мышцы левого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№24 АДА	29	м	Повреждение четырехглавой мышцы правого бедра 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№25 СМВ	30	ж	Повреждение медиальной связки правого коленного сустава 1 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№26 ГВГ	23	ж	Повреждение латеральной связки правого коленного сустава 1 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№27 КАС	21	м	Повреждение мышц задней поверхности левого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№28 СВА	23	м	Повреждение мышц задней поверхности левого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№29 СВА	20	м	Повреждение медиальной связки правого коленного сустава 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№30 КМП	22	м	Повреждение медиальной связки правого коленного сустава 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№31 КВН	30	м	Повреждение мышцы задней поверхности левого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№32 ШНА	29	м	Повреждение четырехглавой мышцы левого бедра 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№33 СПС	23	м	Повреждение мышц задней поверхности правого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№34 ПБО	35	м	Повреждение мышцы задней поверхности левого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№35 РГА	26	м	Повреждение четырехглавой мышцы правого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	–	безопасно
№36 ЩДР	22	м	Повреждение мышцы задней поверхности левого бедра 1–2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№37 ХАМ	30	м	Повреждение мышцы задней поверхности левого бедра 1 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно
№38 КЕВ	19	м	Повреждение четырехглавой мышцы правого бедра 2 ст.	безопасно	безопасно	безопасно	безопасно

Из таблицы 1 следует, что негативных и побочных эффектов от введения ОТП не наблюдалось. Все пациенты отмечали незначительную болезненность в месте инъекции (больше при инъекциях в область поврежденных связок), что может быть допустимым при любой манипуляции, связанной с локальной инъекционной терапией.

Оценка эффективности лечения проводится с момента начала лечения, т.е. для группы пациентов с ОТП – на 2–4-й день (2-й визит), а для контрольной группы – 1-й день (1-й визит). Из приведенной таблицы следует, что величина прироста мышечной силы через неделю после инъекции ОТП составила в среднем 46,5 %, а через неделю лечения по общепринятой методике 40,0 %, а после второй инъекции ОТП – 99,0 %. К окончанию лечения прирост мышечной силы в основной группе составил 123,0 %, в контрольной – 170,0 %. Большой прирост окончательной мышечной силы в контрольной группе может быть обусловлен большим сроком реабилитации (34 дня в контрольной группе против 24 дня в основной) и соответственно большим объемом специализированной силовой работы для определенных мышечных групп. Количество рецидивов – 1 (3,6 %) в основной группе и 2 (13,0 %) в контрольной.

УЗИ-признаки микроциркуляции в зоне дефекта в основной группе отмечены на 9-й день, в контрольной – 20-й день. Признаки изоэхогенности в основной группе появились на 16-й день, в контрольной – на 29-й день. Эхо-признаки структурности в основной группе определялись на 20-й день, в контрольной – 31-й день; у двух пациентов отмечалось заживление без УЗИ-признаков восстановления структурности. Уменьшение величины дефекта через 7–10 дней лечения в основной группе составило 36,6 %, в контрольной – 6,0 %, через 14–17 дней 73,5 и 26,4 % соответственно, к окончанию лечения 86,25 и 79,3 % соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка клинической эффективности применения ОТП аллогенной при травмах мышц бедра по данным УЗИ-диагностики

№, ФИО	УЗИ признаки регенерации мышц			Восстановление структуры мышц, %		
	появление микроциркуляции	появление изоэхогенности	появление структурности	3-й визит	4-й визит	заключительный визит
	День от начала лечения					
1	2	3	4	5	6	7
<b>Основная группа (ОТП)</b>						
№ 1 БАВ	8	8	16	20	100	100
№ 2 БМА	8	8	14	68	100	100
№ 3 ЯАП	7	7	14	100	100	100
№ 6 АПА	7	14	14	40	83	93
№ 7 ЮДВ	7	7	15	43	71	71
№ 8 СЕГ	8	16	16	33	75	100
№ 10 САА	7	14	14	20	50	80
№ 12 КНД	6	16	16	37,5	75	75
№ 13 ЧОА	7	15	21	26	65	87
№ 14 МНМ	9	9	15	60	100	100
№ 15 КМИ	14	21	21	33	73	98
№ 16 ВРС	7	14	14	57	100	100
№ 19 АТ	7	21	21	27	54	82
№ 20 РСГ	7	25	25	21	47	74
№ 21 ТАА	7	21	21	39	61	72
№ 22 ЯДЮ	7	18	25	28,5	67	81
№ 23 КДА	6	13	20	28	83	89
№ 24 АДА	6	13	20	16	72	88
№ 27 КАС	10	20	20	44	78	78
№ 28 СВА	10	20	27	25	67	83
№ 31 КВН	10	18	18	33	83	83
№ 32 ШНЮ	6	13	20	20	52	80
№ 33 СПС	7	16	16	42	75	75
№ 34 ПБО	12	19	19	53	87	87
№ 35 РГА	8	17	17	55	86	86
№ 36 ЩДР	14	22	29	19	48	90
№ 37 ХАМ	10	16	24	15	38	77
№ 38 КЕВ	9	23	23	23	59	86
<b>Среднее</b>	<b>8,25</b>	<b>15,8</b>	<b>19,7</b>	<b>36,6%</b>	<b>73,5%</b>	<b>86,25%</b>

Продолжение таблицы 2

Контрольная группа (без введения ОТП)						
1	2	3	4	5	6	7
№ 1 ЛРА	21	28	28	10	24	83
№ 2 ТВН	35	41	41	0	0	64
№ 3 БАВ	20	28	28	0	29	100
№ 4 ЯДС	21	28	28	0	20	80
№ 5 САЮ	19	27	27	25	37,5	75
№ 6 КАВ	17	24	24	30	42	78
№7 ЛИИ	25	33	33	0	25	75
№8 КАВ	22	31	–	0	33	80
№9 ЕОГ	16	30	37	0	17	83
№10 АМВ	17	23	31	12	35	82
№12 МВО	14	28	28	7	48	89
№13 АДА	12	26	34	6	24	76
№14 КДР	19	27	35	0	17	78
№15 ЗЕВ	14	31	–	0	28	72
№17 ААД	25	32	32	0	17	75
<b>Среднее</b>	<b>19,8</b>	<b>29,1</b>	<b>31</b>	<b>6%</b>	<b>26,4%</b>	<b>79,3%</b>

Через неделю лечения с помощью ОТП болевой синдром снизился в среднем на 66 %, а при лечении по протоколам на 20,5 %. Через две недели на 93 % в основной и на 41,7 % в контрольной группах. При этом полное купирование болевого синдрома к окончанию реабилитации в основной группе было в среднем у 71,4 %, в контрольной – 53,3 %.

Средний срок лечения и последующей реабилитации спортсменов с травмами боковых связок коленного сустава с ОТП-терапией составил 23-й день, в контрольной группе – 31-й день. При этом снижение боковой нестабильности коленного сустава по клиническим стресс-тестам в основной группе составило 83,7 %, в контрольной – 68,8 %.

УЗИ-признаки микроциркуляции в зоне дефекта в основной группе обнаружены на 8-й день, в контрольной – 16-й день. УЗИ-признаки рубцевания в основной группе определялись на 15-й день, в контрольной – 31-й день. Уменьшение величины дефекта связки через 7–10 дней лечения в основной группе составило 24,2 %, в контрольной – 3,4 %, через 14–17 дней 60,8 % и 28,2 % соответственно, к окончанию лечения 82,6 % и 73,1 %, соответственно.

Через неделю лечения повреждений боковых связок коленного сустава с помощью ОТП болевой синдром снизился в среднем на 55,6 %, а при лечении по принятым протоколам – на 20 %; через две недели – на 86,2 % в основной и на 48,75 % в контрольной группах. При этом полное купирование болевого синдрома к окончанию реабилитации в обеих группах составило 50 %, остальные пациенты испытывали незначительный дискомфорт на уровне ВАШ менее 1.

*Заключение*

Применение ОТП является безопасным и эффективным методом и может быть применен в качестве лечения травм опорно-двигательного аппарата у спортсменов. Лечение травматической патологии с помощью ОТП позволяет ускорить регенеративные процессы в тканях, сократить сроки реабилитации и создать условия для профилактики рецидивов. Исследования эффективности и безопасности лечения с применением ОТП требуют дальнейшего развития. [1, 4, 13, 14].

*Список использованных источников*

1. Потапнев, М. П. Современные аспекты применения плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, в лечении травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата / М. П. Потапнев, Г. М. Загородный, А. С. Ясюкевич // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9, № 4. – С. 33–45.
2. Загородный, Г. М. Обогащенная тромбоцитами плазма в спортивно-медицинской практике / Г. М. Загородный, А. С. Ясюкевич, Н. Н. Нежкина // Культура физическая и здоровье. – 2020. – № 4(76). – С. 161–164.

3. Google Trends Analysis Shows Increasing Public Interest in Platelet-Rich Plasma Injections for Hip and Knee Osteoarthritis / S. A. Cohen, T. Zhuang, M. Xiao, J. B. Michaud // *J Arthroplasty*. – 2021. – Vol. 36(10). – P. 3616–3622.
4. Sheehan, A. J. Platelet-Rich Plasma: Fundamentals and Clinical Applications / A. J. Sheehan, A. W. Anz, J. P. Bradley // *Arthroscopy*. – 2021. – Vol. 37(9). – P. 2732–2734.
5. Platelet-Rich Plasma - Review of Literature / B. Nikolovska, D. Miladinova, S. Pejnova, A. Trajkova // *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki)*. – 2021. – Vol. 42(1). – P. 127–139.
6. The Effectiveness and Safety of Platelet-Rich Plasma for Chronic Wounds: A Systematic Review and Meta-analysis / W. Qu, Z. Wang, C. Hunt [et al.] // *Mayo Clin Proc*. – 2021. – Vol. 96(9). – P. 2407–2417.
7. Efficacy and Safety of Platelet-Rich Plasma in Melasma: A Systematic Review and Meta-Analysis / L. Zhao, M. Hu, Q. Xiao, R. Zhou, Y. Li // *Dermatol Ther (Heidelb)*. – 2021. – Vol. 11(5). – P. 1587–1597.
8. О здравоохранении [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 18.06.1993 № 2435-XII. – Режим доступа: <http://pravo.by/document/?guid=3871-&p0=v19302435>. – Дата доступа: 22.09.2021.
9. Об утверждении Технического Регламента Республики Беларусь «Медицинские изделия. Безопасность» [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь 24 мая 2010 г. № 774 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?-guid=3961&p0=C21000774>.
10. Евразийская экономическая комиссия / Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 12.02.2016 № 27. – Режим доступа: [https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01410213/cncd\\_17052016\\_26](https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01410213/cncd_17052016_26). – Дата доступа: 22.09.2021.
11. Инструкция о порядке организации преаналитического этапа лабораторных исследований [Электронный ресурс]: утв. приказом Мин-ва здравоохран. Респ. Беларусь 10.11.2015 № 1123. – Режим доступа: [http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/-normativno-pravovaya-baza/baza-nra.php?ELEMENT\\_ID=7731](http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/-normativno-pravovaya-baza/baza-nra.php?ELEMENT_ID=7731). – Дата доступа: 22.09.2021.
12. Инструкции о порядке предоперационной заготовки крови и ее компонентов [Электронный ресурс]: утв. приказом Мин-ва здравоохран., 3 сент. 2012 г., № 981 // ЭТАЛОН / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: [blood.by/prikaz\\_minzdrava\\_autologichnaya\\_krov](http://blood.by/prikaz_minzdrava_autologichnaya_krov). – Дата доступа: 22.09.2021.
13. Боль: диагностика, профилактика, лечение: метод. пособие / ДПО «Кировский областной центр повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников здравоохранения». – Киров, 2013. – 44 с.
14. Ясюкевич, А. С. Показания, безопасность, результаты клинического использования аутологичной плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, и дальнейшие перспективы ее изучения / А. С. Ясюкевич, Г. М. Загородный, М. П. Потапнев // *Прикладная спортивная наука*. – 2021. – № 1(13). – С. 100–109.
15. Клинические протоколы диагностики и лечения ортопедо-травматологических больных [Электронный ресурс]: утв. приказом Мин-ва здравоохран. Респ. Беларусь, 13.06.2006 № 484. – Режим доступа: [http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/standarty\\_obsledovaniya-i-lecheniya/travmatologiya-ortopediya.php](http://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/standarty_obsledovaniya-i-lecheniya/travmatologiya-ortopediya.php). – Дата доступа: 13.08.2021.

05.11.2021

УДК 617.571

### ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО СТАТУСА СПОРТСМЕНОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**Н. Н. Иванчикова, Н. В. Шераш,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»

#### *Аннотация*

*В статье представлен обзор отечественных и зарубежных работ по проблеме адаптации иммунной системы спортсменов к физическим нагрузкам. Показана взаимосвязь различных показателей иммунного статуса спортсменов с функциональным состоянием. Определены перспективные направления дальнейших исследований в данной области.*

### PECULIARITIES OF THE IMMUNE STATUS OF ATHLETES (LITERATURE REVIEW)

#### *Abstract*

*The article provides an overview of national and foreign works on the problem of immune system adaptation to physical exertion in athletes. The relationship between various immune status indicators of athletes and their functional state is shown. Prospective directions for further research in this area have been identified.*

#### *Введение*

Иммунная система является одним из наиболее чувствительных индикаторов, отражающих реакцию организма на воздействие различных факторов внешней среды, в том числе социально-психологических. Любые нарушения постоянства внутренней среды организма сопровождаются более или менее выраженными формами иммунных реакций. Известно, что уже с конца XX в. более трети всей патологии человека протекает в сочетании с клиническими признаками иммунной недостаточности, что определяет важность изучения иммунодефицитных состояний [1].

Современный спорт высших достижений с присущими ему интенсивными физическими и психоэмоциональными нагрузками, иногда нерегламентированным применением фармакологических препаратов относит спортсменов к группе риска по срыву адаптационных механизмов иммунной системы и развитию различных иммунозависимых заболеваний.

Исследования за последние 35 лет свидетельствуют о снижении иммунитета у спортсменов в периоды интенсивных тренировок и соревнований. Стрессы, с которыми сталкиваются спортсмены (интенсивные физические нагрузки, длительные перелеты, энергетический дефицит при физических нагрузках, психологический стресс, тревога, депрессия) влияют на иммунную функцию посредством активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, симпатической нервной системы и иммунорегуляторных гормонов.

Известно, что у спортсменов как врожденный, так и приобретенный иммунитет временно снижается на 15–70 % в течение нескольких часов после тяжелой физической нагрузки, потенциально предоставляя «открытое окно» для инфекций [2].

Установлено, что по продолжительности время, затраченное на лечение инфекционных заболеваний у спортсменов, занимает второе место после времени, затраченного на лечение травм [3].

Для спортсмена снижение иммунитета представляет не только риск развития заболеваний, но и снижение спортивных результатов. Спортивная деятельность характеризуется повышенной скоростью распада (повреждения) и восстановления клеток и тканей организма. Иммунная система задействована как в процессах обезвреживания продуктов распада, так и в процессах регенерации – восстановления

тканей. Следовательно, нарушения работы иммунной системы в первую очередь скажутся на течении процессов адаптации к физической нагрузке и лишь впоследствии станут заметны в форме клинических проявлений вторичных иммунодефицитных состояний – повышении частоты инфекционных и аллергических заболеваний [4, 5].

Изучение иммунного статуса спортсменов приобретает особую актуальность в условиях пандемии коронавирусной инфекции.

*Цель исследования* – изучить по данным литературы особенности иммунного статуса спортсменов и определить перспективные направления дальнейших научных исследований в спортивной иммунологии.

*Методы исследования* – анализ отечественной и зарубежной литературы по проблеме изменения иммунного статуса спортсменов в зависимости от направленности тренировочного процесса и этапа подготовки. К рассмотрению принимались научные работы, опубликованные в печати или сети «Интернет»: научные статьи, рефераты статей, методические материалы. Отобранные работы, отражающие наиболее актуальные темы исследований, систематизировались и анализировались.

*Результаты исследования и их обсуждение*

Оценке состояний функционального/нефункционального перенапряжения/перетренированности в спорте придается большое значение. Не существует однозначного мнения о роли цитокинов в диагностике нефункциональной перетренированности. В работе А. С. Hackney, К. J. Koltun предполагается, что увеличение концентрации провоспалительных цитокинов после значительных по объему и/или интенсивности тренировочных нагрузок приводит к снижению физической работоспособности спортсмена [6]. Напротив, R. Joro, A. Uusitalo, K. C. DeRuisseau, M. Atalay установили, что увеличение содержания интерлейкина-6 и интерферона- $\alpha$  после интенсивных физических нагрузок, вероятно, связано с активацией восстановительных процессов в организме спортсменов в период отдыха [7].

Тренировки, направленные на развитие выносливости, сдвигают Т-клеточный иммунитет в сторону противовоспалительного состояния (снижается количество Т-клеток периферической крови 1-го типа и их способность продуцировать провоспалительные цитокины, интерферон- $\gamma$ , а также повышается число регуляторных Т-клеток, которые обычно вырабатывают противовоспалительные цитокины, интерлейкин-4 и интерлейкин-10, соответственно). Это ухудшает способность иммунной системы вызывать воспалительный ответ, что может увеличивать риск инфекции и вирусной реактивации [8].

Взаимосвязь тренировочных нагрузок с изменением иммунологических показателей у спортсменов подтверждено и в исследовании G.F. Borges et al.: увеличение объемов тренировочных нагрузок вызывало уменьшение провоспалительных цитокинов плазмы IL-1 $\beta$  и IL-8, совпадающее с зарегистрированным увеличением инфекций верхних дыхательных путей у гребцов на байдарках и каноэ высокой квалификации. Не выявлено существенных изменений концентрации цитокина-6, интерферона- $\gamma$  и интерферона- $\alpha$ , а также не наблюдалось различий в величине и характере изменений цитокинов в течение тренировочного сезона между спортсменами высокой квалификации (женщины и мужчины) данного вида спорта [9].

Длительные физические нагрузки приводят к выраженному воспалительному ответу, в основном характеризующемуся мобилизацией лейкоцитов и увеличением циркулирующих маркеров воспаления, продуцируемых иммунными клетками и, следовательно, реализация значительных объемов нагрузок на выносливость может приводить к более высоким уровням цитокинов, лейкоцитов, С-реактивного белка и увеличивать риск травм и хронического воспаления [10].

Для объяснения различий в результатах исследований по данной тематике корректно рассматривать влияние физической нагрузки на функцию иммунной системы как стрессового фактора [11–14]. Предполагается, что любой стресс вызывает в основном иммуносупрессивное действие. Однако тип и характер стрессового влияния может определять направленность изменений функции иммунной системы: если стрессовый фактор воспринимается организмом как негативный (дистресс), степень нейроэндокринной активации может привести к угнетению функций

иммунной системы. Если этот фактор воспринимается как положительный (эустресс), нейроэндокринные механизмы адаптации могут стимулировать усиление деятельности иммунной системы [11, 15].

В исследовании L. C. Keaney et al. было показано, что определение слюнного секреторного иммуноглобулина А (SIgA) и Т-клеток информативно при прогнозировании риска развития инфекционных заболеваний у спортсменов. Другие показатели иммунитета в данном исследовании не рассматривались [16].

C.S. He et al. выявили, что концентрация витамина D в плазме положительно взаимосвязана со скоростью секреции иммуноглобулина А в слюне. Также низкая концентрация витамина D была связана с более низкой провоспалительной продукцией цитокинов моноцитами и лимфоцитами. Таким образом, низкое содержание витамина D может быть важной детерминантой риска развития инфекционных заболеваний у спортсменов, тренирующихся на выносливость, а иммунный статус спортсменов может быть изменен с помощью витамин D-зависимых механизмов [17].

Большое значение в спортивной медицине имеет профилактика и коррекция иммунных нарушений, причем в основном исследования посвящены фармакологическим средствам. Однако, учитывая преимущественно метаболический характер иммунных дисфункций у спортсменов, приоритетным направлением в их профилактике может быть разработка полноценных сбалансированных рационов и создание продуктов повышенной биологической ценности иммуноориентированной направленности [18]. В исследовании N.P. Walsh et al. представлен новый теоретический взгляд на то, как питание может влиять на иммунный статус спортсмена. Актуальным в настоящее время является изучение пищевых добавок, показанных для снижения влияния инфекции на организм спортсменов. Дальнейшие исследования должны продемонстрировать преимущества применения добавок для снижения заболеваемости спортсменов, без уменьшения адаптации к тренировочным нагрузкам и побочных эффектов [19].

В работе S. Vermon et al. показано, что прием углеводов в ходе тренировочных занятий препятствует снижению иммунного статуса спортсменов, поскольку способствует поддержанию нужного уровня глюкозы в крови. Это приводит к уменьшению секреции гормона стресса кортизола в ответ на физические нагрузки. При этом прием углеводов в количестве 60 г/ч при длительных тренировках снижает прирост концентрации цитокинов, положительно влияет на количество и функции Т-лимфоцитов, оптимизирует лейкоцитарный ответ, улучшает функцию нейтрофилов [20].

A. La Gerche с соавторами попытались оценить взаимосвязь между физическими нагрузками, различными нарушениями в работе сердца и увеличением провоспалительных цитокинов IL-1 $\beta$ , IL-12p70, интерферона- $\alpha$ , которые наиболее вовлечены в патологию сердца. В результате было установлено, что дисфункция сердца после интенсивных упражнений на выносливость была связана с повышенной экспрессией провоспалительных цитокинов. Это дает основание для дальнейших научных работ, изучающих взаимосвязь воспаления с дисфункцией миокарда, вызванной физической нагрузкой [21].

У спортсменов с пролапсом митрального клапана (особенно у женщин) в процессе адаптации к длительным и интенсивным физическим нагрузкам чаще проявляются изменения со стороны иммунной системы, чем у спортсменов без патологии сердца. В частности, снижается общее количество лейкоцитов, уровень иммуноглобулинов А и М [22].

У спортсменов независимо от наличия или отсутствия стрессорной кардиомиопатии (СКМП) как у мужчин, так и у женщин выявляется гипофункция В-системы иммунитета, о чем свидетельствует снижение В-лимфоцитов и их функциональной активности. Однако получены различия по функциональной активности В-лимфоцитов в различные периоды тренировочного цикла между группами спортсменов: со СКМП и без данной патологии. Так, в соревновательный период в обеих группах отмечалось снижение функциональной активности В-лимфоцитов с последующим восстановлением в переходный период в группе спортсменов без СКМП. В группе спортсменов со СКМП в переходный период

функциональная активность В-лимфоцитов еще более снижалась. Такие же данные получены при изучении функциональной активности Т-лимфоцитов в различные периоды тренировочного цикла. В соревновательный период функциональная активность Т-лимфоцитов снижалась в обеих группах. Однако в группе спортсменов без СКМП в переходный период отмечалось ее восстановление, в то время как в группе спортсменов со СКМП выявлено еще более выраженное снижение данного показателя [23].

В исследовании, проведенном с участием 25 спортсменов-мужчин по кикбоксингу оценивали взаимосвязь содержания тестостерона, кортизола, провоспалительного цитокина IL-1 $\beta$  с уровнем агрессии. Установлено, что цитокин IL-1 $\beta$  может быть потенциальным новым маркером агрессии, и во взаимосвязи с гормональными показателями являться информативным для диагностики и прогнозирования работоспособности спортсменов [24].

В исследовании на гребцах-академистах высокой квалификации показано, что значения мышечной массы отрицательно коррелируют с уровнем интерферона- $\gamma$  в сыворотке, тогда как кардиореспираторная выносливость отрицательно взаимосвязана с уровнем IL-8 в сыворотке [25].

Выявлено отрицательное влияние на мышцы спортсмена повышенных концентраций IL-6 после значительных по объему физических нагрузок [26].

Необходимо отметить, что во время интенсивной физической нагрузки мобилизация В-клеток осуществляется за счет незрелых клеток CD27-IgD-/CD10 [27], в отличие от Т-клеток и НК-клеток.

В работе D. Kostrzewa-Nowak et al. установлено, что различные по интенсивности и объему физические нагрузки способствуют разным иммунным ответам у физически активных молодых мужчин. Нагрузки преимущественно аэробной направленности вызывали активацию альтернативного пути системы комплемента, в то время как нагрузки анаэробной направленности вызывали незначительные изменения системы комплемента [28].

В настоящее время отсутствуют рандомизированные исследования о последствиях коронавирусной инфекции среди спортсменов, поэтому ряд авторов, учитывая информацию о возможности снижения иммунитета у данной группы атлетов, рекомендуют в сложившихся эпидемиологических условиях тренироваться не более 60 мин в день с интенсивностью, не превышающей 80 % от максимально возможной [29].

#### *Заключение*

Таким образом, остается неясным вопрос о том, подвержены ли спортсмены большому риску лабораторно-подтвержденных инфекций по сравнению с населением в целом и являются ли высокоинтенсивные и/или объемные физические нагрузки прямой причиной и/или сопутствующим фактором, ответственным за возможное повышение восприимчивости к инфекции среди спортсменов [3]. Исследования должны учитывать сезонные колебания, поскольку подтвержденные инфекционные заболевания более распространены в осенние и зимние месяцы (около 70 %) по сравнению с весной и летом (около 35 %) [30, 31]. Важно сравнить спортсменов разных видов спорта (например, виды спорта с различной структурой соревновательной и тренировочной деятельности). Для будущих экспериментальных исследований также будет важно контролировать такие переменные, как сон, питание, социально-бытовой стресс и т.д., которые могут повлиять на выбранные конечные показатели даже в лабораторных условиях. Это создаст некоторые сложности, поскольку даже в лабораторно контролируемых исследованиях приходится сталкиваться с рядом иммуномодулирующих психологических переменных [30]. Кроме того, психологические особенности, такие как эмоциональный интеллект и психическая выносливость, могут влиять на способность человека регулировать настроение и психологическое напряжение во время длительных упражнений [32–34].

В научных исследованиях должны быть разделены психосоциальная и физиологическая основы снижения иммунитета у спортсменов.

В связи с развитием нанотехнологий весьма актуальным является и разработка портативного экспресс-анализатора для непрерывного контроля иммунного статуса спортсменов на различных этапах подготовки [35]. Учитывая, что заболевание

спортсмена может нарушить учебно-тренировочный процесс и повлиять в целом на его работоспособность, а также отсутствие по ряду вопросов иммунологического контроля в спорте однозначного мнения, необходимо проводить дальнейшие исследования для установления, как стрессоры индивидуально и во взаимосвязи влияют на иммунитет, заболеваемость и работоспособность спортсменов [16].

*Список использованных источников*

1. Маркова, Т. П. Практическое пособие по клинической иммунологии и аллергологии / Т. П. Маркова, Л. В. Лусс, Н. В. Хорошилова. – М.: ООО «ТОРУС ПРЕСС», 2005 – 176 с.
2. Walsh, N. P. Recommendations to maintain immune health in athletes / N. P. Walsh // *European journal of sport science*. – 2018. – Vol. 18, № 6. – P. 820–831.
3. Simpson, R. J. Can exercise affect immune function to increase susceptibility to infection? / R. J. Simpson [et al.] // *Exercise immunology review*. – 2020. – Vol. 26. – P. 8–22.
4. Gunzer, W. Exercise-induced immunodepression in endurance athletes and nutritional intervention with carbohydrate, protein and fat– what is possible, what is not? / W. Gunzer, M. Konrad, E. Pail // *Nutrients*. – 2012. – Vol. 4, № 9. – P. 1187–1212.
5. Nieman, D. C. Immune and inflammation responses to a 3-day period of intensified running versus cycling / D. C. Nieman [et al.] // *Brain behavior and immunity*. – 2014. – Vol. 39. – P. 180–185.
6. Hackney, A. C. The immune system and overtraining in athletes: clinical implications / A. C. Hackney, K. J. Koltun // *Acta clinica Croatica*. – 2012. – Vol. 49. – P. 633–641.
7. Joro, R. Changes in cytokines, leptin, and IGF-1 levels in overtrained athletes during a prolonged recovery phase: A case-control study / R. Joro, A. Uusitalo, K. C. DeRuisseau, M. Atalay // *Journal of sports science*. – 2017. – Vol. 35, № 23. – P. 2342–2349.
8. Shaw, D. M. T-cells and their cytokine production: the anti-inflammatory and immunosuppressive effects of strenuous exercise / D. M. Shaw, F. Merien, A. Braakhuis, D. Dulson // *Cytokine*. – 2018. – Vol. 104. – P. 136–142.
9. Borges, G. F. Variation in plasma cytokine concentration during a training season in elite kayakers / G. F. Borges [et al.] // *The journal of sports medicine and physical fitness*. – 2018. – Vol. 58, № 10. – P. 1519–1524.
10. Cerqueira, É. Inflammatory effects of high and moderate intensity exercise: a systematic review / É. Cerqueira, D. A. Marinho, H. P. Neiva, O. Lourenço // *Frontiers in physiology*. – 2020. – Vol. 9, № 10. – P. 1555.
11. Петрушкина, Н. А. Иммунология спорта (обзор литературы) / Н. А. Петрушкина, Н. А. Симонова, Е. В. Быков, О. И. Коломиец // *Научно-спортивный вестник Урала и Сибири*. – 2019. – № 3(23). – С. 21–37.
12. Moynihan, J. A. Mechanisms of stress induced modulation of immunity / J. A. Moynihan // *Brain, behavior and immunity*. – 2003. – № 17(1). – P. 11–16.
13. Padgett, D. A. How stress influences the immune response / D. A. Padgett, R. Glaser // *Trends in immunology*. – 2003. – № 24. – P. 444–448.
14. Бацков, С. С. Основы клинической иммунологии / С. С. Бацков. – СПб.: ОлимпСПб., 2003. – 121 с.
15. Петрушкина, Н. П. Микроэлементный профиль хоккеистов пубертатного возраста. Сообщение 1. Содержание цинка в образцах волос / Н. П. Петрушкина, Н. А. Симонова, О. И. Коломиец, Е. В. Быков // *Научно-спортивный вестник Урала и Сибири*. – 2018. – Т. 17, № 1. – С. 61–67.
16. Keaney, L. C. The impact of sport related stressors on immunity and illness risk in team-sport athletes / L. C. Keaney, A. E. Kilding, F. Merien, D. K. Dulson // *Journal of science and medicine in sport* / 2018. – Vol. 21, № 12. – P. 1192–1199.
17. He, C. S. Influence of vitamin D status on respiratory infection incidence and immune function during 4 months of winter training in endurance sport athletes / C. S. He [et al.] // *Exercise immunology review*. – 2013. – Vol. 19. – P. 86–101.
18. Мокеева, Е. Г. Иммунные дисфункции и их профилактика у высококвалифицированных спортсменов: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.36 / Е. Г. Мокеева. – СПб., 2009. – 171 с.

19. Walsh, N. P. Nutrition and athlete immune health: new perspectives on an old paradigm / N. P. Walsh et al. / *Sports medicine*. – 2019. – Vol. 49, № 2. – P. 153–168.
20. Bermon, S. Consensus statement immunonutrition and exercise / S. Bermon [et al.] // *Exercise immunology review*. – 2017. – № 23. – P. 8–50.
21. La Gerche, A. Relationship between inflammatory cytokines and indices of cardiac dysfunction following intense endurance exercise / La Gerche A [et al.] // *PLoS one*. – 2015. – Vol. 12, № 10(6). – e0130031. doi: 10.1371 / journal.pone.0130031.
22. Масленикова, О. М. Влияние физических нагрузок на иммунный статус у лиц с пролапсом митрального клапана / О. М. Масленикова, Т. А. Резниченко, В. Ю. Фирсакова // *Фундаментальная медицина*. – 2013. – Т. 9, № 4. – С. 860–862.
23. Василенко, В. С. Стрессорная кардиомиопатия у высококвалифицированных спортсменов (патогенез, ранняя диагностика): дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.05 / В. С. Василенко. – СПб., 2012. – 235 с.
24. Pesce, M. Emotions, immunity and sport: winner and loser athlete's profile of fighting sport / M. Pesce [et al.] // *Brain, behave and immunity*. – 2015. – Vol. 46. – P. 261–269.
25. Jürimäe, J. Body composition, maximal aerobic performance and inflammatory biomarkers in endurance-trained athletes / J. Jürimäe, V. Tillmann, P. Purge, T. Jürimäe // *Clinical physiology and functional imaging*. – 2017. – Vol. 37, № 3. – P. 288–292.
26. Inkabi, S. E. Exercise immunology: involved components and varieties in different types of physical exercise / S. E. Inkabi, G. Pushpamithran, P. Richter, K. Attakora // *Scientist journal of life sciences*. – 2017. – Vol. 1, № 1. – P. 31–35.
27. Turner, J. E. Exercise-induced B cell mobilization: preliminary evidence for an influx of immature cells into the bloodstream / J. E. Turner [et al.] // *Physiology and behavior*. – 2016. – Vol. 164. – P. 376–382.
28. Kostrzewa-Nowak, D. Effect of aerobic and anaerobic exercise on the complement system of proteins in healthy young males / D. Kostrzewa-Nowak, J. Kubaszewska, A. Nowakowska, R. Nowak // *Journal clinical medicine*. – 2020. – № 9(8). – P. 2357.
29. Toresdahl, B. G. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): considerations for the competitive athlete / B. G. Toresdahl, I. M. Asif // *Sports health a multidisciplinary approach*. – 2020. – № 12(3). – P. 1–4.
30. Spence, L. Incidence, etiology, and symptomatology of upper respiratory illness in elite athletes / Spence L. [et al.] // *Medicine and science in sports and exercise*. – 2007. – Vol. 39. – P. 577–586.
31. Valtonen, M. Common cold in Team Finland during 2018 Winter Olympic Games (Pyeong Chang): epidemiology, diagnosis including / M. Valtonen // *British journal of sports medicine*. – 2019. – Vol. 53. – P. 1093–1098.
32. Edwards, J. P. Anxiety and perceived psychological stress play an important role in the immune response after exercise / J. P. Edwards, N. P. Walsh, P. C. Diment, R. Roberts // *Exercise immunology review*. – 2018. – Vol. 24. – P. 26–34.
33. Howe, C. C. F. Emotional intelligence and mood states impact on the stress response to a treadmill ultramarathon / C. C. F. Howe // *Journal of science and medicine in sport*. – 2019. – Vol. 22. – P. 763–768.
34. Meggs, J. Mental toughness, and subjective performance perception in various triathletes / J. Meggs, M. A. Chen, S. Koehn // *Perceptual and motor skills*. – 2019. – Vol. 126. – P. 241–252.
35. Walsh, N. P. Exercise, immune function and respiratory infection: An update on the influence of training and environmental stress / N. P. Walsh, S. J. Oliver // *Immunology and cell biology*. – 2015. – Vol. 94, № 2. – P. 99.

07.10.2021

## **ОРГАНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ В РАЗНЫХ СТРАНАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

**И. А. Малёваная, канд. мед. наук,**

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»;

**И. Н. Мороз, д-р мед. наук, профессор,**

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»

### *Аннотация*

*В статье представлены модели медицинского обеспечения спортивной подготовки в разных странах. Структуры медицинского обеспечения спортивной подготовки за рубежом выстроены с учетом значимости данного направления, существующей системы здравоохранения и экономических возможностей в каждой из стран. В Республике Беларусь медицинское обеспечение спортивной подготовки представлено 9 городскими и 6 областными диспансерами спортивной медицины, также медицинской службой в некоторых учреждениях образования, занимающихся подготовкой спортивного резерва. Головной организацией, осуществляющей научно-методическое и организационное сопровождение медицинского обеспечения спортивной подготовки является государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта».*

## **THE ORGANISATION OF MEDICAL SUPPORT FOR SPORTS TRAINING IN DIFFERENT COUNTRIES (LITERATURE REVIEW)**

### *Abstract*

*The article presents models of medical support for sports training in different countries. The structures of medical support for sports training abroad are based on the importance of the given sphere, the existing health care system and the economic possibilities in each country. In the Republic of Belarus, medical support for sports training is provided by nine municipal and six regional sports medicine centres, as well as by the medical service of some educational establishments involved in the training of the athletes. The leading organisation providing scientific, methodological and organisational support of medical support for sports training is the State Institution «Republican Scientific and Practical Centre for Sports».*

### *Введение*

Развитие физической культуры и спорта является одним из важнейших направлений государственной социальной политики, эффективным инструментом оздоровления нации в различных странах. Рост профессиональных спортивных достижений, занимающихся физической культурой и спортом самостоятельно, является одной из причин увеличения значимости медицинского сопровождения данного направления деятельности.

Спортивная медицина как наука и область практической деятельности, отвечающая за медико-биологическое обеспечение подготовки спортсменов, стала развиваться в первой половине прошлого столетия (С. Е. Павлов, 2000) [1]. Хотя первые упоминания о значимости медицины при занятиях физической культуры и спортом описаны в отдельной книге из серии энциклопедии «Конг-фу» более чем за 600 лет до нашей эры. В трудах знаменитых ученых Древнего Египта, Индии, Греции, Рима, Китая особое внимание уделялось врачебному контролю за состоянием здоровья спортсменов, который осуществлялся лучшими врачами того времени. Особенно это было распространено в Древней Греции в период подготовки и проведения Олимпийских игр (776 г. до н.э.).

Термин «спортивная медицина» (далее – СМ) появился в 50-х годах прошлого столетия, заменив термин «врачебный контроль за здоровьем лиц, занимающихся физической культурой и спортом». Спортивная медицина является относительно молодым, но самостоятельным направлением медицинской науки со своими отдельными задачами, методами, теорией и проблемами, этапами развития.

В истории спортивной медицины можно выделить следующие периоды:

- 1918–1929 годы – зарождение и становление спортивной медицины;
- 1930–1941 годы – развитие службы и сети учреждений по медицинскому обеспечению физкультурного движения; формирование общих теоретических и научных основ спортивной медицины и внедрение их в практику здравоохранения и физического воспитания;
- 1941–1945 годы – участие спортивных врачей в лечении и восстановлении здоровья раненых бойцов и офицеров во время Великой Отечественной войны;
- 1945–1948 годы – восстановление службы и сети учреждений, которым был нанесен ущерб во время Великой Отечественной войны, восстановление кафедр, научных лабораторий, поиски новых организационных форм, начало разработки основных научных проблем;
- 1949–1991 годы – создание системы организации спортивной медицины, создание новых учреждений (врачебно-физкультурных диспансеров и врачебно-физкультурных кабинетов), организация системы медицинского обеспечения ведущих спортсменов страны, выход спортивной медицины на международную арену;
- с 1991 года по настоящее время – формирование служб спортивной медицины в России и странах СНГ [2, 3].

Значительный вклад на разных этапах развития спортивной медицины дореволюционного и советского периода внесли П.Т. Лесгафт, В.В. Гориневский и В.В. Гориневская, З.В. Соловьев, В.Г. Игнатъев, С.П. Летунов, Б.А. Ивановский, Р.Е. Мотылянская, М.А. Минкевич, В.А. Зотов, В.К. Добровольский, В.Н. Мошков, И.М. Саркизов-Серазини, В.К. Бирзин, С.М. Иванов, Г.И. Котов, Ю.С. Зельдович, Е.Ф. Древинг, Д.Ф. Дешин, И.А. Крячко, Л.Н. Марков, М.Б. Казаков, А.Г. Дембо, З.С. Миронова, А.Л. Вилковисский, Н.Д. Граевская, Ю.И. Данько, А.М. Ланда, Я. Мгебрешвили, В.Н. Коваленко, Г.А. Минасян, Г.М. Куколевский, С.В. Хрущев, А.А. Бутченко, А.В. Чаговадзе, С.Б. Тихвинский, Т.Э. Кару, Р.Д. Дибнер, В.В. Матов, Г.Л. Апанасенко, А.А. Рихсиева, И.В. Мурахов, В.Л. Правосудов, Р.А. Сванишвили, Д.М. Цверава, К.М. Ахундов, Т.Э. Ольм, В.Л. Карпман и многие другие [4].

Следует отметить, что впервые в мире в советские времена был введен обязательный медицинский контроль за занимающимися физической культурой и спортом, создана государственная система медицинского обеспечения физкультурного движения, в том числе специализированная врачебная служба, в компетенцию которой входил обязательный врачебный допуск к занятиям физической культурой и регулярный контроль за занимающимися.

В настоящее время основной целью СМ является медико-биологическое обеспечение спортивной подготовки. Главные направления деятельности – оценка состояния здоровья на каждом из этапов спортивной подготовки с определением тактики по физической активности на следующий период, оценка физического развития и функционального состояния организма в процессе занятия спортом, а также профилактика, диагностика, лечение и реабилитация спортсассоциированной патологии. В СМ имеется своя специфика методов изучения состояния здоровья (в области определения функциональных и резервных возможностей организма), а также своя специфика подготовки и работы научных и медицинских кадров (необходимость знания принципов реакции организма на различные нагрузки, симптомов специфических для спорта неотложных состояний, владения навыками оказания неотложной помощи, мануальной, рефлексотерапии, спортивной фармакологии, питания, психологии и др.). Еще одним из важных направлений деятельности СМ является медицинское обеспечение спортивных мероприятий.

Для реализации поставленных задач в различных странах сформировались свои, индивидуальные структуры медицинского обеспечения спортивной подготовки с учетом значимости данного направления, существующей системы здравоохранения

и экономических возможностей в каждой из стран. Относительно схожие структуры образовались в странах постсоветского пространства, в Европе и Америке данное направление существенно отличается. Таким образом, существующее многообразие систем и структур, осуществляющих медицинское обеспечение спортсменов в разных странах, требует проведения исследований, позволивших бы обосновать наиболее эффективную систему их сопровождения.

Анализ показал, что в России медицинское обеспечение физической культуры, осуществляется по двум направлениями: общей сетью лечебно-профилактических учреждений здравоохранения и специализированной врачебно-физкультурной службой (кабинеты врачебного контроля и лечебной физической культуры, врачебно-физкультурные диспансеры). Все эти структуры создаются по территориальному и ведомственному признаку и относятся в различных регионах к разным ведомствам, но чаще к ведомству Министерства здравоохранения, работают в них врачи-терапевты или педиатры. Врачебно-физкультурные кабинеты – первичное звено службы. Создаются при поликлиниках, учебных заведениях, спортивных сооружениях и др. Основные задачи специалистов врачебно-физкультурного кабинета – решение вопросов допуска и текущий контроль (в том числе за условиями проведения тренировок, соревнований, организации питания), оказание первой помощи при травмах, заболеваниях, в случае необходимости – транспортировка в соответствующие лечебные учреждения. Врачебно-физкультурные диспансеры (ВФД) – это многопрофильные лечебно-профилактические учреждения поликлинического типа, оснащенные необходимой аппаратурой для функциональной диагностики и реабилитации, которые осуществляют медицинское обеспечение прикрепленных спортивных контингентов. В диспансере работают врачи-диспансеризаторы, прикрепленные к спортивным командам, а также врачи или консультанты по основным медицинским специальностям. Главная задача диспансера – постоянное активное наблюдение за спортсменами. Диспансеры также оказывают консультативную помощь в работе по физкультуре и спорту органам здравоохранения. Методическое руководство возложено на Центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства России, также подчинения Министерства здравоохранения. Всего в России функционирует 158 врачебно-физкультурных диспансеров и 200 центров медицинской профилактики, в которых работает около 2,0 тысячи врачей и более 3,5 тысячи средних медицинских работников [5].

В Украине служба СМ так же была представлена сетью врачебно-физкультурных диспансеров, отделений/кабинетов спортивной медицины и лечебной физкультуры в стационарах, поликлиниках, при спортивных учреждениях и учебных заведениях. Однако с 1991 года, данная система постепенно разрушилась, ряд диспансеров полностью прекратили свое существование, некоторые стали отделениями СМ в составе лечебно-профилактических учреждений, либо перешли под руководство местных спортивных или полуообщественных организаций. В настоящее время частично эта работа возобновлена, медицинским обеспечением физической культуры и спорта Украины руководят органы здравоохранения при активном участии и помощи спортивных организаций. Медицинское обеспечение осуществляется двумя путями: специализированной врачебно-физкультурной службой (кабинетами и диспансерами) и общей сетью лечебно-профилактических учреждений органов здравоохранения по территориальному и производственному принципу. За проведение медицинских обследований отвечает врач, за выполнение его рекомендаций и явку спортсменов на обследование – преподаватели, тренеры и руководители спортивных организаций. Вопросы профессиональных заболеваний спортсменов специалисты врачебно-физкультурных диспансеров не рассматривают. В настоящее время к Министерству здравоохранения Украины относятся 1 центр спортивной медицины (с 30.09.2020 передан в сферу управления Министерства молодежи и спорта), 15 областных врачебно-физкультурных диспансеров, 5 кабинетов спортивной медицины, 12 отделений спортивной медицины, 5 центров здоровья, в этих учреждениях работают более 500 спортивных врачей [6–12].

В Конституции США, принятой более 200 лет назад, отсутствует положение о праве граждан на бесплатную медицинскую помощь. Здоровье пациента здесь

является заботой самого пациента. Здравоохранение – это бизнес, который функционирует по тем же принципам конкурентности, как и другие его разновидности. Для организационной структуры медицинского обеспечения в США характерна децентрализованная система управления здравоохранением с разделением полномочий между федеральным центром и штатами. В Соединенных Штатах Америки нет единой и четкой системы организации здравоохранения и в частности спортивной медицины, но ее модель в схематичном виде можно представить структурными элементами, где гарантом обеспечения медицинской помощи выступает система медицинского страхования – государственная и частная. Научно-методическое обеспечение подготовки спортсменов в США концентрируется в тренировочных центрах разных регионов, например Colorado Springs, Lake Placid, Chula Vista, который теперь является тренировочным центром, известным как Центр подготовки элитных спортсменов. В центрах спортсменам предлагается полный спектр услуг медицины, информатики, биомеханики, спортивной индустрии и других научно-прикладных сфер деятельности. Так, подразделение спортивной науки Олимпийского центра Lake Placid состоит из пяти лабораторий: спортивная биомеханика, спортивная физиология, спортивная психология, информатика и технические технологии. В штат спортивной медицины входят физиотерапевты и спортивные инструкторы, отвечающие за сохранение здоровья спортсменов. Кроме того, сборные команды курируют университеты, на базах которых создаются соответствующие тренажерно-измерительные стенды. На их базе проводятся долгосрочные научные исследования, формируются научные группы из профессоров, осуществляется стандартное обследование спортсменов, разрабатываются и апробируются инновационные технологии, осуществляется привлечение молодых ученых к исследовательской деятельности [13–16]. Также в США функционирует Американский колледж спортивной медицины (ACSM), который был создан для объединения врачей, исследователей и преподавателей физкультуры для изучения воздействия физических нагрузок на человеческий организм.

Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии традиционно входит в пятерку лидеров государств в медальном зачете на Олимпийских играх и славится высокими результатами своих спортсменов в спорте высших достижений. К наиболее успешным видам спорта в этих странах относятся велоспорт, гимнастика, академическая гребля, легкая атлетика, плавание, дзюдо и др. В Великобритании существуют общие тенденции в управлении и подготовке высококвалифицированных спортсменов. Ежегодное финансирование национальной Программы «Подготовка спортсменов мирового класса» осуществляется централизованно, из средств Министерства финансов и национального агентства по спорту – Совета по спорту Великобритании. Участники Программы проходят подготовку на базе Национальных центров подготовки сборных команд по видам спорта, на базе которых проводится медико-биологическое и научно-методическое обеспечение силами специалистов Английского института спорта. Основные направления обследования: биомеханика, эффективный образ жизни, физиология, психология, анализ работоспособности, физиотерапия, спортивное питание, спортивная медицина (преимущественно лечение травм), психологическая устойчивость и социальные условия. Эти же специалисты разрабатывают рекомендации по улучшению физической формы спортсменов, эффективному рациону питания в ходе тренировок и соревнований, а также по психологической подготовке к решающим стартам. Ведущей междисциплинарной организацией по спорту и физкультуре в Великобритании является Британская ассоциация спортивной и физкультурной медицины (BASEM), которая является крупнейшей многопрофильной организацией спортивной медицины в Великобритании [17].

Германия является одной из стран, лидирующих в вопросах спортивной медицины. Управление спортивной отраслью осуществляется на государственном (Министерство внутренних дел) и местном (отделы министерств культуры или внутренних дел в 16 федеральных регионах) уровне. Благодаря федеральной структуре и распределению компетенций, эти общественные структуры (федеральные министерства и региональные власти) никак не связаны иерархически (принцип автономности). Отсутствие вертикальной связи между ними отличает Германию от

других стран. Структура медицинской службы представлена на схеме и отражает три основных звена медицинского сопровождения спортивной подготовки от массового спорта до частных клубов (рисунок 1). Основными направлениями работы является функциональная диагностика, неотложная медицинская помощь, лечение и реабилитация травм [18, 19].

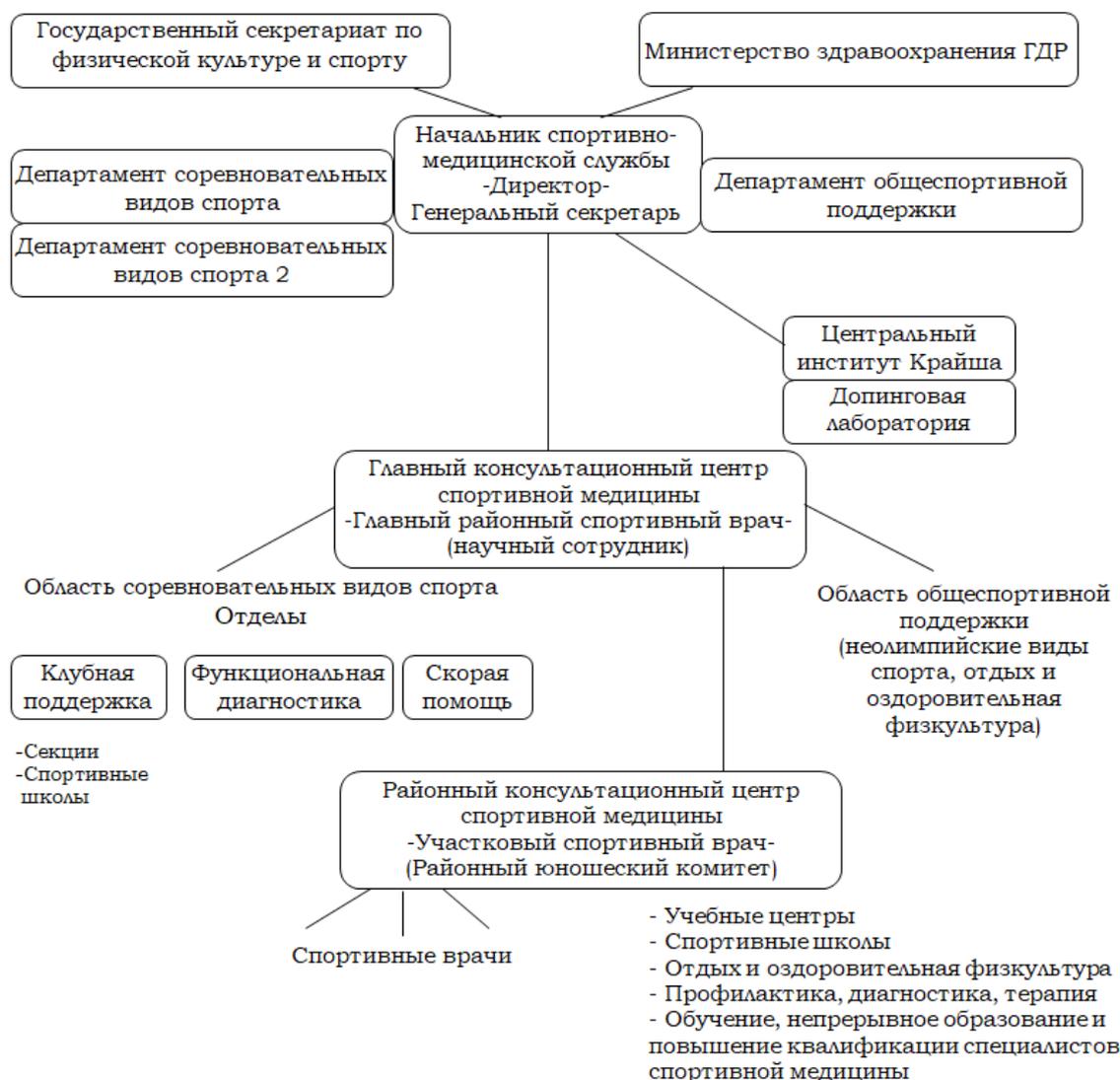


Рисунок 1 – Структура медицинской службы медицинского обеспечения спортсменов в Германии [20]

В Венгрии в 1952 году для обеспечения скрининга и периодической оценки состояния здоровья всех венгерских спортсменов был основан Национальный институт спортивной медицины (NISM), в систему которого входит 136 спортивных врачей. Была разработана система «все в одном и как можно скорее», которая сегодня представляет собой финансируемого государством основного поставщика медицинских услуг, связанных со спортом. Под эгидой NISM была создана общенациональная сеть, обеспечивающая доступность медицинского обслуживания для всех спортсменов. Ежегодно и перед национальными и международными спортивными мероприятиями для всех элитных спортсменов проводится обязательное медицинское освидетельствование. В 2013 году NISM создал онлайн-реестр для предварительного скрининга, доступный для спортивных врачей, а по некоторым данным – как для спортивных врачей, так и для самих спортсменов. Специализированная медицинская помощь спортсменам оказывается в амбулаторных и стационарных клиниках системы NISM. Согласно венгерскому законодательству, медицинский осмотр в спортивной медицине – это серия медицинских тестов или обследований, проводимых спортивным врачом, в рамках обследования или перед

наймом спортсмена. Осмотр используется, чтобы определить, есть ли какие-либо потенциальные проблемы, травмы и любые другие ранее существовавшие нарушения состояния здоровья. Также законодательством сформулированы требования о допуске к соревнованиям и тренировкам (Закон № I от 2004 года о спорте и Постановление № 215 от 2004 года о спортивной медицине и спортивном медицинском обслуживании). Согласно этим правилам каждому спортсмену, участвующему в соревнованиях, требуется лицензия для занятий спортом, которую можно получить только в том случае, если у них есть форма допуска («годные к соревнованиям»). Также, спортсмены могут приступить к регулярным тренировкам только в том случае, если они имеют форму «пригодности к тренировкам», что не всегда является свидетельством для получения лицензии на занятие спортом. Система работает в 113 клиниках по всей стране, также заключены контракты с одиннадцатью поставщиками медицинских услуг (университетские больницы, крупные окружные больницы и институты) для получения внеплановой помощи любого рода [21–24].

В Испании основным руководящим органом национальной системы здравоохранения является Общенациональный Совет национальной службы здравоохранения Испании (CISNS), которым руководит министр здравоохранения совместно с 17 региональными министрами. В этой системе функционирует и спортивная медицина, которая включает две основные ветви специализации: лечение спортивных травм и повышение работоспособности спортсменов. 15 декабря 2000 г. была создана группа специалистов по спортивной медицине в рамках Испанской федерации спортивной медицины (FEMEDE), которая состоит исключительно из врачей, специализирующихся в области физического воспитания и спортивной медицины. На данный момент в Испании существует более 130 центров и отделений спортивной медицины, которые расположены во всех без исключения автономных сообществах страны. В частности, в Мадриде и его пригородах насчитывается 15 специализированных центров, наиболее известной и престижной из которых считается клиника SEMTRO, основанная в 1998 году. В столице Каталонии Барселоне первое отделение спортивной медицины появилось в клинике Sant Joan de Déu, где проходили лечение и обследование футболисты «Барселоны». Сейчас здесь оказывают полный спектр услуг не только профессионалам и любителям, но и начинающим спортсменам, которые могут получить рекомендации в плане организации тренировочного процесса и питания. Еще одной отличительной характеристикой этого отделения является помощь пациентам с особыми потребностями, которые занимаются или желают заняться спортом, но при этом страдают какими-либо хроническими заболеваниями, например, бронхиальной астмой или диабетом [25–28].

Китайский институт спортивной науки (CISS) был основан в 1958 году и является национальным многопрофильным некоммерческим исследовательским институтом, находящимся под непосредственным руководством Главного управления спорта Китая, созданный с одобрения Министерства науки и технологий Китайской Народной Республики. Цели CISS – продвижение и содействие развитию науки и технологий в спорте в Китае, ориентируясь на основные научные и технологические проблемы на международной арене и будущие тенденции. CISS имеет семь исследовательских центров и один комплексный Испытательный и экспериментальный центр. Центр специализируется на исследованиях и в области медицинского наблюдения, питания, реабилитации и профилактики заболеваний для китайских элитных спортсменов при подготовке к Олимпийским играм и другим крупным международным соревнованиям. Исследования направлены на медицинское наблюдение за тренировками и соревнованиями, состоянием спортсменов, обеспечением питанием, физическим восстановлением и реабилитацией после травм. Также центр имеет существенные наработки в быстром выявлении и диагностике спорт-ассоциированной патологии, гистопатологической диагностике спортивной травмы и цитодиагностике микроразрывов, вызванных физической нагрузкой [29].

Основным органом государственного управления в области спорта в Австралии является Департамент регионального развития, местного самоуправления, искусств и спорта Австралии, который обеспечивает тесное сотрудничество и взаимодействие между множеством субъектов, имеющих полномочия, связанные с управлением спортом. Спортивная медицина Австралии (SMA) является главным национальным органом в спортивной медицине и спортивной науке, в которой проводятся консультации по всем медицинским вопросам сферы физической активности – от любителей до элитных спортсменов. SMA является междисциплинарной организацией профессионалов, работающих в отношении безопасного участия в спортивных мероприятиях. Она имеет широкий членский состав и включает врачей спортивной медицины и других медицинских работников, спортивных тренеров, врачей спортивных клубов и членов сообществ. SMA имеет филиалы по всей Австралии.

В Южной Африке медицинским и научным обеспечением спортивной подготовки занимается Институт спортивной науки в Ньюлендсе, Кейп Тауне, который был образован для поддержания состояния здоровья с помощью использования научных подходов в процессе занятий спортом. Институт предлагает мультидисциплинарный набор консультаций в области спортивной тренировки, питания, психологии с целью повышения эффективности подготовки спортсмена и сохранения его здоровья. Некоторыми из направлений деятельности являются изучение интегративных функций организма в ходе физических нагрузок, сохранение здоровья и хорошего самочувствия при занятиях спортом, лечение и предупреждение специфических заболеваний и травм, а также создание медицинского сопровождения в процессе занятий спортом и физическими упражнениями [30].

В Республике Беларусь медицинское обеспечение спортивной подготовки представлено 9 городскими и 6 областными диспансерами спортивной медицины, также медицинской службой в некоторых учреждениях образования, занимающихся подготовкой спортивного резерва. Изначально эти учреждения относились к ведомству Министерства здравоохранения, в 1996 году были переданы в систему Министерства спорта и туризма. Организация работы в диспансерах преимущественно носит автономный характер и отличается в различных регионах как по структуре, оснащенности и кадровому потенциалу, так и по принципам функционирования. С 2014 года головной организацией, осуществляющей научно-методическое и организационное сопровождение этого направления является государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта», основной задачей которого является объединение имеющихся научных достижений и практической медицины с целью совершенствования методик подготовки спортсменов. На сегодняшний день Центр – это единственное в стране учреждение, обеспечивающее высококвалифицированное специализированное медицинское и научное обеспечение подготовки спортсменов. В организациях спортивной медицины Республики Беларусь работает 287 врачей и 384 средних медицинских работника, а также медицинские работники организаций образования и спортивных объектов, под наблюдением которых находится 192 213 спортсменов различного уровня квалификации, в т.ч. 1819 из них являются спортсменами национальных команд и 2048 спортсменами сборных команд.

#### *Заключение*

Существующие различные модели медицинского обеспечения спортивной подготовки в странах преимущественно нацелены на спорт высших достижений, решение проблем перетренированности, снижение травматизма и повышение спортивных результатов на основании использования достижений науки. Обследования в большинстве центров не носят систематический и регулярный характер, не охватывают весь период подготовки спортсмена с молодого возраста, не ориентированы на профилактические меры у подростков, связаны с финансовыми затратами и зачастую ограничены территориально, что снижает доступность данного вида медицинской помощи, и что крайне важно, не обеспечивает комплексность и последовательность этапов медицинского сопровождения подготовки спортсменов.

Анализ существующих структур по медицинскому сопровождению в Республике Беларусь, показал необходимость организации в стране разноуровневой системы

медицинского обеспечения спортсменов на всех этапах профессиональной подготовки, которая учитывала бы рациональность выбранного спортивного направления на начальном этапе, обеспечила сохранение здоровья в процессе спортивной деятельности, в том числе спортивного долголетия спортсменов в спорте высших достижений. Кроме того, внедрение экспертной оценки медицинской и экономической эффективности организации медицинского обеспечения подготовки спортсменов, включая анализ сроков временной нетрудоспособности с учетом затрат на подготовку одного спортсмена высокого уровня, позволило бы обосновать рациональное распределение финансовых ресурсов.

Систематический анализ разработанных мероприятий, результативности выступлений и спортивных достижений, состояния здоровья, а также разработка перспективных направлений развития системы на национальном уровне, структурирование системы как инструмента поддержки принятия управленческих решений в системе спортивной медицины, а также оценка эффективности не только внедрения новых медицинских технологий, но и организационных форм профессионального сопровождения спортсменов позволят обосновать меры, обеспечивающие повышение эффективности национальной системы подготовки.

#### *Список использованных источников*

1. Павлов, С. Е. Лондон–Сочи: спортивная медицина – прозрачные надежды [Электронный ресурс] / С. Е. Павлов // Спортивная медицина. – Режим доступа: <http://www.sportmedicine.ru/sochi-sportmed.php>. – Дата доступа: 25.10.2021.
2. Чернышов, Д. Г. Концептуальные вопросы организации спортивной медицины на региональном уровне / Д. Г. Чернышов, М. Ю. Засыпкин, А. В. Чебыкин // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2015. – № 2. – 18 с.
3. Граевская, Н. Д. Спортивная медицина: Курс лекций и практические занятия: 2 ч. / Н. Д. Граевская, Т. И. Долматова. – М.: Советский спорт, 2004. – 304 с.
4. Спортивная медицина: учеб. для ин-тов физ. культуры / Н. Д. Граевская [и др.]; Под общ. ред. В. А. Карпмана. – 2-е изд., перераб. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 303 с.
5. Миронов, С. П. Становление и развитие спортивной медицины / С. П. Миронов // Федеральный справочник: Спорт России – 2010. – С. 599–608.
6. Дубровский, В. И. Спортивная медицина / В. И. Дубровский. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, – 2002. – 512 с.
7. Современные представления о спортивной медицине и физической реабилитации. Медицинский контроль в процессе занятий физическими упражнениями. Методика комплексного врачебного обследования. Определение и оценка физического развития: учеб.-метод. пособие / Е. А. Михалюк [и др.]. – Запорожье: ЗГМУ, 2013. – 76 с.
8. Медицинская реабилитация в спорте: Руководство для врачей и студентов / Под общ. ред. В. Н. Сокрута, В. Н. Казакова. – Донецк: «Каштан», 2011. – 620 с., 36 ил.
9. Макарова, Г. А. Практическое руководство для спортивных врачей / Г. А. Макарова. – Рн/Д: БАРО-Пресс, 2002. – 796 с.
10. Спортивная медицина. Лечение и реабилитация спортсменов. [Электронный ресурс] / Украинская ассоциация медицинского туризма. – Режим доступа: <https://uamt.com.ua/RU/sportivnaya-meditsina-lechenie-i-reabilitatsiya-sportsmenov.html> – Дата доступа: 23.10.2021.
11. Укринформ [Электронный ресурс] / Мультимедийная платформа иновещания Украины. – 2020. – Режим доступа: <https://www.ukrinform.ru/rubric-sports/3109297-centr-sportivnoj-mediciny-minzdrava-peredali-v-upravlenie-minmolodezi-i-sporta.html>. – Дата доступа: 21.10.2021.
12. Главный правовой портал Украины [Электронный ресурс] / Міністерство охорони здоров'я України. – 2008. – Режим доступа: <https://ips.ligazakon.net/-document/MOZ8776>. – Дата доступа: 21.10.2021.

13. Озолин, Э. С. Научно-исследовательские институты и центры подготовки спортсменов в зарубежных странах / Э. С. Озолин, Б. Н. Шустин; ВНИИФК // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 5. – С. 3–8.
14. UK Sport. About Us. [Electronic resource]. – Режим доступа: <https://www.uk sport.gov.uk/about-us/>. – Дата доступа: 21.10.2021.
15. UK Sport. World Class Programme. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.uk sport.gov.uk/our-work/world-class-programme/>. – Date of access: 20.10.2021.
16. English Institute for Sport, Manchester. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.eis2win.co.uk>. – Date of access: 20.10.2021.
17. Долматова, Т. В. Государственное управление в сфере спорта за рубежом: опыт Великобритании / Т. В. Долматова // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 1. – С. 4–7.
18. Sportmedizin zwischen Sport, Wissenschaft und Politik – eine deutsche Geschichte: Ein Forschungsprojekt zur Geschichte der Sportmedizin Sportverlag Strauß, Hellenthal. – 1. Aufl. / М. Krüger [et al.]. – 2019. – Vol. 3. – 405 s.
19. Репкин, С. Б. Анализ системы управления спортом в Германии / С. Б. Репкин // Бухгалтерский учет и анализ. – 2015. – С. 4.
20. Sportmedizinischer Dienst der DDR [Electronic resource]. – Mode of access: [https://de.wikipedia.org/wiki/Sportmedizinischer\\_Dienst\\_der\\_DDR](https://de.wikipedia.org/wiki/Sportmedizinischer_Dienst_der_DDR). – Date of access: 10.08.2021.
21. Sports Medical health clearance and periodoc health evaluation. Guideline of the National Institute for Sports Medicine / Ё. Martos, T. Halasi, P. Jákó [et al.] // Hungarian Review of Sports Medicine. – 2014. – № 2. – P. 46–85.
22. Hungarian Central statistical Office. 2015. [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.ksh.hu/docs/eng/xstadat/xstadat\\_annual/i\\_wdsd001.html](https://www.ksh.hu/docs/eng/xstadat/xstadat_annual/i_wdsd001.html)www.ksh.hu. – Date of access: 20.10.2021.
23. The National Health Insurance Fund Administration. Statistical Yearbook, 2014. – Mode of access: <http://site.oep.hu/statisztika/2014/html/hun/A2.html>. – Date of access: 09.08.2019.
24. Ljungqvist, A The International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Periodic Health Evaluation of Elite Athletes March 2009 / A. Ljungqvist, P. Jenoure, L. Engebretsen, [et al.]. – Br J Sports Med. – 2009. – P. 631–643. [PubMed][Google Scholar].
25. Испания по-русски [Электронный ресурс]. Спортивная медицина в Испании: не только для «профи». – Режим доступа: <https://espanarusa.com/ru/pedia/article/-615486>. – Дата доступа: 25.10.2021.
26. Реферат обзора: Испания, 2010 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/155557/E94549sumR.pdf?ua=1](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/155557/E94549sumR.pdf?ua=1). – Дата доступа: 21.10.2021.
27. Модель здравоохранения в Испании: организационно-управленческий аспект и финансирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-zdravoohraneniya-v-ispanii-organizatsionno-upravlencheskiy-aspekt-i-finansirovanie>. – Дата доступа: 21.10.2021.
28. Испанская федерация спортивной медицины (Федерации ассоциаций) [Электронный ресурс]. – Mode of access: <https://orthopaedicseminar.com/listing/spanish-federation-of-sports-medicine-sfsm.html>. – Date of access: 21.10.2021.
29. Brief Introduction [Electronic resource]/ China institute of sport science– Beijing, 2020. – Mode of access: [http://www.ciss.cn/home/about\\_us/brief\\_introduction](http://www.ciss.cn/home/about_us/brief_introduction). – Date of access: 23.10.2021.
30. Sports Science Institute of North Africa, Newlands [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.ssis.com>. – Date of access: 23.10.2021.

29.10.2021

## ПРОБЛЕМЫ МОБИЛЬНОГО ПЛОСКОСТОПИЯ В СПОРТЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

**К. А. Самушия, канд. мед. наук, доцент,**

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»;

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

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр спорта»;

**О. В. Петрова, Г. В. Попова,**

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования»

### *Аннотация*

*Одним из важных источников спортивной результативности и спортивного долголетия является снижение уровня спортассоциированной патологии за счет профилактики возникновения, раннего выявления и, на этой основе, разработки индивидуализированных алгоритмов педагогической и медицинской тактики. Уплотнение продольного свода стоп является той патологией, возникновение и прогрессирование которой достоверно зависит от индивидуальной переносимости спортивной нагрузки. Плоскостопие проходит путь от нормальной адаптивной реакции стопы до болезни, ограничивающей или прекращающей спортивную деятельность. Эта статья посвящена трудностям, возникающим при выявлении, оценке и анализе плоскостопий у спортсменов.*

## PROBLEMS OF THE FLEXIBLE FLATFOOT IN SPORT (LITERATURE REVIEW)

### *Abstract*

*Reduction of sports-related pathologies through prevention, early detection and, on this basis, the development of individualised algorithms of pedagogical and medical tactics is an important source of sports performance and sports longevity. The flattening of the longitudinal arch of the foot is a pathology the occurrence and progression of which is reliably dependent on the individual tolerance of sports load. Flatfoot goes from a normal adaptive response of a foot to a disease that limits or stops sporting activities. The purpose of this article is to outline the difficulties in diagnostics, assessment and analysis of flatfoot in athletes.*

Современный спорт характеризуется непрерывным ростом достижений ценой максимального использования всех физических и психических качеств спортсменов. На вершину Олимпа поднимаются лишь самые одаренные от природы люди, умудрившиеся сохранить и приумножить тренировкой свой генетический Дар. Другие, гораздо более многочисленные и не менее одаренные люди, в силу разных причин не сохранили или не получили возможность развить свои способности. Их достижения намного скромнее, и многие из них сошли с дистанции задолго до Олимпа.

Соответственно спорту, современная спортивная медицина непосредственно участвует как в поиске детей, обладающих генетическими способностями, так и в сохранении этих способностей в процессе многолетней подготовки спортсменов. Приходится признать, что слишком много одаренных детей переходит в аутсайдеры при возникновении у них той или иной патологии, не позволяющей им реализовать свой генетический Дар. Если не брать в расчет острую травму, то все многообразие причин возникновения спортассоциированной патологии сведется к острому или хроническому несоответствию спортивной нагрузки и возможностей организма спортсмена.

Яркой манифестацией несоответствия нагрузки и возможностей организма спортсменов и одной из нередких причин, препятствующих реализации природных возможностей спортсменов многих видов спорта, является плоскостопие. Начинаясь как состояние адаптивного уплощения свода стопы, не имеющее клинических

проявлений, оно в ряде случаев переходит в плоскостопие как заболевание, уже имеющее клиническое звучание и целый букет последствий.

*Актуальность.* Уплотнение продольного свода может являться как вариантом функциональной нормы стопы и отражать адаптацию стопы к нарастающей спортивной нагрузке, биомеханическим нарушениям, вызванным другими причинами, так может быть и фактором защиты от перенапряжения [23]. На этой основе плоскостопие зачастую воспринимается как неотъемлемая часть формирования спортивной морфологии во многих видах спорта. Вместе с тем оно является многогранной проблемой как для спортсмена, так и для его медицинского и педагогического сопровождения.

Прежде всего это *медико-биологическая проблема*, поскольку:

- плоскостопие часто приводит к перегрузке и формированию патологии суставов нижних конечностей (гонартрозов и коксартрозов), болевым синдромам позвоночного столба, нарушениям органов таза и брюшной полости, вторичным сосудистым нарушениям в виде гипертонической болезни, головных болей и т.д.) [3, 4, 8, 10, 13, 15, 26].

- существующие методы коррекции плоскостопия не приводят к длительной задержке развития процесса и, тем более, к регрессу патологии, особенно после 16 лет. Нет и однозначного мнения о подходах к диагностике и лечению поражений стоп у детей [4, 8, 9, 19].

- обнадеживает то, что ранние (мобильные) формы плоскостопия у детей длительно сохраняют высокий потенциал для профилактики прогрессирования процесса [1, 2, 8 и др.]

Во-вторых, это *спортивно-педагогическая проблема*, поскольку:

- прослеживается прямая зависимость возникновения и/или прогрессирования плоскостопия от вида и размера функциональной нагрузки стоп, вида и качества обуви, наличия и выраженности профилактических мероприятий [16, 26, 30 и др.], следовательно, индивидуально неадекватная программа многолетней подготовки спортсменов может быть непосредственной причиной возникновения и прогрессирования плоскостопия;

- результирующим фактором плоскостопия является нарушение биомеханики движений всего тела с очагами вторичной перегрузки опорно-двигательного аппарата (ОДА) с различным комплексом клинических и кинематических проявлений, судорогами в нижних конечностях, быстрой утомляемостью, болями в мышцах голени при продолжительной нагрузке и к окончанию рабочего дня изменением походки, увеличением травматизма, снижением физической выносливости [4, 18]. Нарушения биомеханики движений стопы при плоскостопии вызывают негативные изменения общей биомеханики, качества и энергетической стоимости движений всего тела спортсмена с соответствующим ограничением спортивной производительности [4];

- ограничение сжатия продольной дуги стопы во время бега на средней скорости увеличивает метаболические затраты на +6,0% ( $p < 0,001$ ,  $d = 0,67$ ; без влияния техники удара ногой). В норме упругая энергия, возвращаемая капсульно-связочными структурами нормальной стопы, имеет основное значение для снижения нагрузки на мышцы и экономии энергии во время бега [29,34]. При плоскостопии дуга растянута и не способна накапливать энергию для последующего толчка. Поэтому некоторые авторы справедливо полагают, что стельки, выполняющие опорную роль для арок стопы, не позволяют ей накапливать энергию сжатия и, тем самым, увеличивают стоимость работы при беге [34].

- при плоскостопии ухудшаются основные функции стопы, нарушается кровоснабжение, появляется клиническое звучание процесса, что приводит к быстрой утомляемости с соответствующим снижением физической выносливости [12, 20].

Традиционно считается, что при плоскостопии нарушается рессорная функция и толчковая сила стопы. Люди с плоской стопой испытывают затруднения в беге и занятиях спортом [8]. Как отмечает А. А. Булатов [3], «эта деформация, как известно в настоящее время, сопровождается повреждением всего связочного аппарата,

осуществляющего поддержку внутреннего свода стопы, включая также и пяточно-ладьевидный связочный комплекс, известный в зарубежной литературе как «spring ligament complex».

– сложившаяся, формально неправильная, биомеханическая программа ОДА спортсмена может быть как источником спортивной результативности данного спортсмена, так и источником пожизненных проблем со здоровьем спортсмена. Неправомерное или неадекватное педагогическое и медицинское вмешательство в сложившуюся биомеханику движений может закончиться резким снижением спортивной результативности и завершением спортивной карьеры. С другой стороны, игнорирование мер медицинской и педагогической профилактики прогрессирования уже выявленного плоскостопия может привести и к снижению спортивных достижений, и к необратимой потере здоровья спортсмена. Отсюда важность максимальной индивидуализации педагогических и медико-биологических программ многолетней подготовки спортсменов.

В-третьих, плоскостопие является и не менее важной *научной проблемой*, поскольку далеко не всегда понятна патологичность выявляемого уплощения стоп, клинических проявлений и нарушений биомеханики – это проявление адаптации к реальной спортивной нагрузке, избыточный саногенез или проявление плоскостопия как заболевания. Многие исследователи задаются вопросом, что считать нормой, а что патологией; когда лечить, а когда наблюдать; предпочесть консервативное или оперативное лечение [26]. В изученной литературе мы не встретили убедительных критериев отличия адаптационной морфологической перестройки стоп от последовательности формирования необратимого фиксированного плоскостопия. Отсутствие или присутствие клинического звучания процесса не может быть критерием, поскольку болевые и биомеханические проблемы могут встретиться и при переутомлении нормальной стопы с особенностью в виде возрастной гипермобильности. Где источник проблемы, в самой стопе или в каком-то другом отделе кинематической цепи? Нет полной ясности во многих вопросах, связанных с возрастом ожидаемого формирования деформации стопы у спортсменов в различных видах спорта; динамикой течения плоскостопия у спортсменов в различных видах спорта; влиянием спортивной нагрузки на возникновение деформаций ОДА и многих других аспектах плоскостопия как нормальной адаптации, как избыточного саногенеза и как генетической патологии. При отсутствии ясного понимания первичного источника патологии и компенсаторных изменений каждая коррекционная программа несет в себе угрозу срыва адаптации ОДА.

В-четвертых, плоскостопие – это и *социальная проблема*. Клинические проявления плоскостопия накладывают ограничения в выборе профессии, в том числе являются причиной негодности к службе в армии [4, 11]. В связи с тем что стопа играет исключительно важную роль при стоянии, ходьбе, беге, прыжках, большим плоскостопием не всегда подходят профессии, связанные с указанными движениями [1].

Таким образом, в силу многогранности последствий и неизлечимости запущенных деформаций стопы, задача выявления причин их формирования в спорте, ранняя диагностика и профилактика возникновения деформаций с первых дней многолетней подготовки спортсменов, предотвращение или замедление прогрессирования уже выявленного плоскостопия являются важным направлением сохранения и увеличения спортивной работоспособности и спортивного долголетия спортсменов.

*Статистика плоскостопия.* По данным ряда исследователей распространенность плоскостопия составляет 0,6–77,9 % и более [4, 26]. Так, по данным National Foot Health Association (2015), 8 % всей популяции лиц старше 21 года имеют признаки плоскостопия. При этом диагноз «плоскостопие», по данным той же ассоциации, выставляется у 12 % профессиональных баскетболистов, имеющих контракты с НБА. По данным Sharma J. et al. (2010), встречаемость плоскостопия у спортсменов студенческих лиг США колеблется от 6,5 до 13,5 %. Начальные формы плоскостопия встречаются у более чем 80 % студентов университетов физкультуры, при этом в группе с выраженным плоскостопием до 50 % – представители силовых видов

спорта [2]. По данным Cowan [23], у бегунов плоскостопие встречается у 20 % спортсменов, полая стопа – также у 20 % и норма – у 60 % спортсменов [23]. По другим данным плоскостопие встречается у 75 % бегунов, особенно на средние дистанции. У юных футболистов старше 12 лет плоскостопие наблюдается в 40,35 % случаев [23]. По другим данным у 14-летних футболистов деформация стопы наблюдается в 35 % случаев, 15-летних – 51,1 %, 16–17-летних спортсменов – в 50,9 % случаев [18].

По данным Е. Н. Букиной и Р. П. Самусева [2], около 50 % студентов, имеющих выраженное плоскостопие 3-й степени, имеют специализацию «тяжелая атлетика», а у более чем 80 % студентов наблюдались признаки развивающегося плоскостопия.

Формирование продольного свода ребенка начинается с 3–5 лет и заканчивается к 10–11 годам, обратно пропорционально коррелируя с возрастом [4, 19]. Поэтому наблюдается разница в зависимости от возраста наблюдаемой группы. Так, распространенность плоскостопия у детей 2–6 лет составляет 37–59,7 %, у 8–13-летних 4–19,1 % [8, 26]. По данным Лашковского В. В. и др. [11], наиболее высокий уровень встречаемости плоскостопия отмечен у школьников 3–4-х и 6–7-х классов (на 10–20 % выше, чем в других классах). Плоско-вальгусная стопа, продольное и поперечно-продольное плоскостопие составили 88,1% всех дисфункций стопы обследованных детей. Только у 3 % детей физиологическое плоскостопие переходит в патологию [11].

При анализе литературы обращает на себя внимание слишком широкий диапазон распространения патологии как среди спортсменов, так и в популяции в целом. Так, при проведении обследования 8102 детей школьного возраста в 2005–2006 годах в г. Гродно у 2914 (35,9 %) выявлены ортопедические заболевания стопы, из них продольное плоскостопие и плоско-вальгусная деформация составили 77,5 % [2]. С. И. Болтрукевич с соавт. [1] нашли, что в процентном отношении плоскостопие диагностируется в 6–9 лет в 44 % случаев, а к 11–14 годам достигает 53,6 % [2]. В целом распространенность плоскостопия обратно пропорциональна возрасту [26]. Доминирует мнение среди исследователей, что такой широкий разброс данных связан с отсутствием единых представлений о сущности плоскостопия, с несовершенством критериев диагностики и с изменчивостью анатомии стопы ребенка в процессе роста [8, 17]. Согласно данным В. М. Кениса, А. Ю. Дмитриевой и А. В. Сапоговского [7], частота плоскостопия, определенная на основании суммарного показателя индексов, рассчитанных по медиальной поверхности стопы, в 1,7–1,8 раза ниже по сравнению с частотой плоскостопия, определенной по суммарному показателю индексов подошвенной поверхности стопы. Поэтому, по мнению авторов «...для количественной оценки высоты свода стопы и определения частоты плоскостопия в популяции в первую очередь необходимо выработать единые критерии диагностики и способ статистической обработки данных» [7]. По мнению В. М. Кениса и др. [8], в связи с отсутствием общепринятых, четких диагностических критериев в большинстве современных руководств по ортопедии указывается, что реальная частота плоскостопия неизвестна [4, 8].

Тем не менее при всей необъяснимой широте диапазона данных остается несомненным актуальность плоскостопия в популяции и в спортивной среде, поэтому мы согласны с исследователями, предлагающими внедрение скрининговых осмотров детей с использованием всего доступного арсенала диагностических систем для раннего выявления и профилактики прогрессирования плоскостопия [14].

*Терминологические проблемы.* Много вопросов вызывает неопределенность самого термина «плоскостопие», особенно в понимании мобильного плоскостопия. По мнению авторов [11] «термин «плоская стопа» включает большое количество деформаций, различающихся между собой по этиологии, патогенезу, патологической анатомии, клинике, способам лечения, но, несмотря на это, все они обозначаются одним и тем же термином». Этот термин также используется для обозначения тяжелых, «нефизиологических» деформаций, при наличии ригидного эквинуса и болевого синдрома, а также вариантов мобильного плоскостопия, имеющих неблагоприятное течение и прогноз [8].

В настоящий момент выделяют мобильное и ригидное уплощение стопы у детей. Мобильное плоскостопие в детской практике встречается гораздо чаще и характеризуется снижением подсводного пространства при вертикализации

и нормальным сводом стопы при отсутствии нагрузки [8]. Мобильное плоскостопие – доброкачественное состояние, при котором распределение нагрузки на всю стопу весом собственного тела вызывает снижение высоты свода стопы, но при проведении тестов подвижности суставов стопы и голеностопного сустава (тест «подъема на фаланги пальцев и головки плюсневых костей», тест натяжения сухожилия длинного сгибателя первого пальца стопы, тест коррекции при помощи мануальных приемов и др.) патологические изменения не выявляются [7, 8, 26].

Ригидное уплощение свода стопы сохраняется как при наличии вертикальной нагрузки на стопу, так и без нее, и не склонно к коррекции по мере роста [26]. Как правило, ригидное плоскостопие является причиной стойких биомеханических нарушений действующих сил на стопу в статике и динамике, и, как следствие, развития дегенеративных изменений, в первую очередь в суставе Шопара, формирования болевого синдрома. Причинами ригидного уплощения стоп могут являться аномалии развития костей стопы, сопровождающиеся нарушениями взаимоотношений суставных поверхностей, такими как вертикальное положение таранной кости, различные варианты тарзальных коалиций, а также неврологический статус пациента, ятрогенные воздействия на стопу [21, 26].

По общему мнению, статическое (мобильное) плоскостопие составляет 82–90 % от всех форм плоскостопия [4].

Большинство специалистов согласны в том, что обязательным компонентом плоскостопия является снижение высоты медиального продольного свода, в результате чего вес тела смещается к внутренней стороне стопы при стоянии и ходьбе [26]. В большинстве случаев у детей младшего школьного возраста мобильное уплощение свода стопы не характеризуется наличием болевого синдрома, не влияет на функцию стопы и склонно к самокоррекции по мере роста ребенка [21]. Это подтверждают и другие исследователи [4].

Тем не менее у части детей с мобильной плоской стопой по мере роста сохраняется уплощение свода стопы наряду с другими анатомическими нарушениями в среднем и заднем отделах стопы, что по мере увеличения массы тела, физических нагрузок может провоцировать формирование болевого синдрома [4]. Такое плоскостопие может протекать и бессимптомно, может улучшиться с возрастом и требует лечения при появлении боли, снижении резистентности к физическим нагрузкам и нарушении походки [8]. Тем самым мобильное уплощение свода стопы принято подразделять на физиологические и нефизиологические формы, однако четких диагностических критериев, распределяющих вариант нормы от патологии, на сегодняшний момент нет [8].

Таким образом, надо признать, что мобильное (физиологическое, нефиксированное) уплощение стопы может иметь несколько ипостасей: как адаптация к хронической нагрузке, выше уровня индивидуальной прочности структур стопы; как проявление индивидуально высокого уровня эластичности тканей здоровой стопы (с гипермобильностью соединительной ткани и без нее) и как определенный этап развития плоскостопия как болезни. Следовательно, выявление мобильного уплощения стопы еще не является основанием для однозначной оценки, прогноза и программы медико-биологического сопровождения спортсмена.

Вместе с тем надо отметить, что при изучении литературы в подавляющем большинстве случаев неизвестно, о какой ипостаси плоскостопия идет речь в том или ином исследовании. Отсюда и проблема оценки актуальности патологии, ее распространенности и тактики ведения.

*Этиопатогенез плоскостопия.* Можно выделить две основные теории, объясняющие патогенез мобильного плоскостопия. Авторы первой (мышечной) теории считают, что скоординированная и нормальная функция мышц стопы и голеностопного сустава отвечает за образование продольного свода и что субклиническая несостоятельность мышц влияет на формирование мобильного плоскостопия [8, 10, 19]. Авторы второй (связочной) теории считают, что основную роль в поддержании продольного свода стопы играют связки и кости, а мышцы играют роль при динамической стабилизации только при значительном увеличении осевой нагрузки, поддерживают баланс, приспособивая стопу к неровному ландшафту,

защищают связки от растяжения и перемещают тело вперед. Несостоятельность мышечной и фиброзной тканей – глобальный патогенетический ключ плоскостопия. Под несостоятельностью указанных тканей понимают нарушение их растяжимости. Это характерно для системных особенностей организма, например, для дисплазии соединительной ткани [3, 9, 10]. Крепость связок, их свойство сохранять форму – то, что вместе с мышцами позволяет поддерживать постоянство сводов стопы. Мышцы же выступают в роли динамического компонента. В отличие от связок они легко изменяют свою длину, адаптируя своды стопы к ударным нагрузкам при ходьбе. Это позволяет за счет тонуса формировать своды стопы, отчасти изменяя их выраженность [10].

Некоторые авторы выделяют динамические и статические стабилизаторы внутреннего продольного свода стопы. К внутренним они относят заднюю большеберцовую мышцу, длинную малоберцовую мышцу, длинный сгибатель 1-го пальца и длинный сгибатель пальцев. К статическим стабилизаторам относятся комплексы «spring» связки, длинная плантарная и дельтовидная связки, а также плантарная фасция [3].

Стопа с врожденно состоятельными связками и мышцами способна сохранять постоянство сводов даже в неблагоприятных условиях, например, на фоне избыточного веса и физических перегрузок. Врожденная предрасположенность к плоскостопию в виде несостоятельности мышц и связок, в свою очередь, приведет к плоскостопию даже при исключении всех потенциально провоцирующих факторов плоскостопия.

Зависимость развития плоскостопия от избыточного веса отмечена многими исследователями [15, 30]. Влияние избыточной массы тела на статику стопы наблюдалось и у спортсменов, которые прошли обследование подошвенной поверхности стопы, и была продемонстрирована корреляция между углом Кларка и выбранными особенностями телосложения [26].

Большинство исследователей склонны относить к ведущему этиологическому фактору увеличение нагрузки на медиальную колонну стопы, влекущее за собой снижение сводообразующей функции сухожильно-связочного аппарата стопы. При этом плоскостопие рассматривается не только с позиции статического положения стопы, но и с позиции динамического мышечного дисбаланса, ведущего к кинематическим нарушениям в различные фазы локомоции. Так, одним из возможных механизмов формирования плоскостопия у детей может являться наличие контрактуры икроножно-подошвенного комплекса, укорочение ахиллова сухожилия, которое препятствует нормальной дорсифлексии в голеностопном суставе и переносу механического напряжения на подтаранный сустав [21].

Надо отметить, что ряд авторов указывают, что продольный свод практически не поддерживается активным сокращением мышц, особенно у стоящего человека [4, 9]. В то же время пространственно-функциональные взаимоотношения между таранной и пяточной костью, особенно положение головки таранной кости по отношению к sustentaculum tali, являются наиболее существенными в формировании плосковальгусной деформации. Другим ключевым моментом в развитии деформации является укорочение наружной, опорной колонны стопы в результате формирующихся костных деформаций и мышечного дисбаланса. Тем самым плоскостопие у детей сопровождается не только снижением подсводного пространства, но и нарушением взаимоотношений всех трех анатомо-физиологических отделов стопы [26, 29]. Развитие мобильного и ригидного плоскостопия чаще всего имеет разные причины. Так, мобильное плоскостопие развивается при физиологических вариантах нормальной ротации конечностей, при ожирении, дисплазии соединительной ткани, неврологических расстройствах в виде детского церебрального паралича, генетических синдромах, коллагенопатиях и некоторых других аномалиях. В истоке ригидных нарушений стопы чаще травмы, ятрогении и тарзальные коалиции.

Немалую роль в формировании последствий плоскостопия играют вторичные изменения – те проявления, с помощью которых организм адаптируется к потерявшей свою упругость стопе. Они происходят не только в самой стопе, но и в других сегментах опорно-двигательной системы. В случаях стойких изменений клиническое течение плоскостопия разительно отличается от варианта течения заболевания без

вторичных нарушений. Помня о вторичных патогенетических проявлениях, врачи не всегда стремятся их излечить, расценивая как допустимую приспособительную реакцию.

*Сложности диагностики плоскостопия.* Несмотря на важность диагностики [61] и мониторинга эффективности ортопедической коррекции деформаций стоп в раннем возрасте в настоящее время не существует единого мнения относительно использования методов диагностики и оценки тяжести плоскостопия [8, 26]. Пока не разработаны общепринятые объективные критерии для сравнительной оценки функции стопы в норме и при ее деформациях, особенно на ранних стадиях [9]. Так, по мнению О.В. Слипченко с соавторами [18], эластичную изменчивость свода стопы, обусловленную гипермобильностью суставов, не следует рассматривать однозначно как показатель патологии.

По данным литературы из всех многочисленных способов оценки высоты свода стоп у детей наиболее часто применяют визуальный осмотр [6]. Основным недостатком данного способа оценки заключается в субъективности, поскольку врач определяет стопу как плоскую на основании личного опыта [1]. Даже при оценке межэкспертной надежности, то есть мнения разных экспертов в отношении одной и той же стопы, наблюдается значительная вариабельность. Redmond et al. [33] в своем исследовании проанализировали основные представленные в литературе параметры визуальной оценки формы и положения стопы и выделили из них шесть с самой высокой межэкспертной и внутриэкспертной надежностью. Так, была разработана шкала оценки формы и положения стопы – Foot Posture Index – 6 (FPI-6) [31–33].

Однако недостатком данной шкалы оценки считают низкую межэкспертную надежность в отношении отдельных параметров оценки [33].

По данным А. Ю. Дмитриевой [5], показатели межэкспертной и внутриэкспертной надежности могут значительно отличаться в зависимости от того, специализируется ли ортопед на патологии стоп или нет [3].

На настоящий момент существует множество различных методик оценки функционального состояния стопы. Все их можно подразделить на 2 группы: методики, оценивающие статическую функцию стопы, и методики, оценивающие динамическую функцию стопы [6].

Комплексная оценка стоп включает:

1) *Визуальный осмотр стоп* проводят без нагрузки и под нагрузкой при стоянии и ходьбе. При осмотре определяется угол отклонения пяточной кости и высота продольного свода. Для дифференциальной диагностики плоско-вальгусных деформаций стоп используются клинические тесты визуальной и мануальной мобильности. Клиническим инструментом, основанным на фактических данных, для оценки подтипов плоскостопия является клинический путь плоскостопия или проформа (FFP). FFP предлагает структурированный контрольный список для важных клинических результатов, включая форму дуги, диапазон движений, области чувствительности, походку и диагностические исследования [26]. р-FFP – это сокращенная пересмотренная версия, которая обеспечивает практический стандарт, с помощью которого можно оценивать плоскостопие у детей и широко направлять управление [26].

*Тесты визуальной мобильности* определяются при визуальном осмотре стоп с патологическими изменениями:

– *тест «подъема на фаланги пальцев»* (тест Штритера) – просят пациента перенести вес тела на «носки» на 3–5 секунд, стоя на горизонтальной, твердой поверхности. Тест отрицательный (норма) – задний отдел стопы из вальгусного положения на горизонтальной поверхности занимает варусное положение при подъеме на «носки» за счет мобильности суставов предплюсны. Тест положителен – вальгусное положение заднего отдела стопы не меняется при переносе веса тела на «носки» [2]; (фотографии – Сапоговский А. В. и Кенис В. М. [17]) (рисунки 1);



Рисунок 1 – Тест «подъем на фаланги пальцев»

– *тест натяжения сухожилия длинного сгибателя первого пальца стопы (рычажный тест – тест Jack)*. Пациент стоит на горизонтальной поверхности, а специалист проводит сгибание первого пальца стопы. При отрицательном тесте – увеличивается продольный свод стопы, угол отклонения пяточной кости уменьшается. При положительном тесте – продольный свод стопы и угол отклонения пяточной кости не изменяется (рисунок 2);



Рисунок 2 – Тест натяжения сухожилия длинного сгибателя первого пальца стопы

– *тест коррекции при помощи мануальных приемов* – определение амплитуды движений в суставах стоп. Правая рука специалиста фиксирует задний отдел стопы, а левая рука передний отдел и проводим пассивную эверсию и инверсию стопы. Тест положительный – при ограничении объема движений [17];

– *измерение длины ахиллова сухожилия (тест Сильвершельда)* – для выявления ретракции ахиллова сухожилия. Тыльная флексия стопы менее 10 градусов указывает на контрактуру ахиллового сухожилия [26];

– *гипермобильность первого плюсне-клиновидного сустава* – для выявления плоско-вальгусной деформации

Гипермобильный синдром диагностируется по результатам оценки по шкале Бейтона [19].

Вместе с тем существует мнение, что при клиническом осмотре не диагностируется до 30 % патологии стоп по сравнению с плантографией.

2) *Подометрия* – измерение отделов стопы проводят без нагрузки и под нагрузкой с помощью прибора подометра, линейки, угломера [6]. Измерения включают высоту свода стопы, угол отклонения заднего отдела стопы, смещение ладьевидной кости по вертикали и ее горизонтальный дрейф под нагрузкой 50 % веса тела и без нагрузки. Считается нормальным вальгусное отклонение оси заднего отдела стопы до угла 6°, отклонение свыше 6° – вальгусная деформация (*pes valgus*), внутреннее отклонение свыше 0° – варусная деформация (*pes varus*). Измеряют длину стопы и высоту продольного свода в положении сидя при согнутой ноге в коленном суставе под углом 90°.

3) *плантография* – наиболее простой метод диагностики плоскостопия, дающий достаточно информации о патологии стопы. Плантографический метод применяется для оценки распределения давления, оказываемого ступнями на землю, что отражает серьезность нарушений статики стопы [6]. Среди наиболее значительных преимуществ плантографической экспертизы исследователи перечисляют сопоставимость результатов, точность оценки и возможность контролировать процесс. Полученные результаты позволяют распознавать и графически описывать наблюдаемые нарушения. Плантографическое исследование выявляет деформации не только в вальгусной области, но и в других важных параметрах, таких как угол Кларка

и индекс КУ, индекс Штритера-Годунова, угол Hallux valgus ( $\alpha$ ) и индекс Вейсфлога, которые значительно влияют на статику стопы [6].

Полученные плантограммы оцениваются по методу Штритера с определением степени уплощения стоп: от 0–40 % – полая стопа; 40,1–50 % – нормальная стопа; 50,1–60 % – уплощенная стопа; 60,1–100 % – плоскостопие, а также вычисляли индекс Q: 0,26–0,45 – нормальная стопа; 0,46–0,49 – уплощенная стопа 1-й степени; 0,5–0,75 – уплощенная стопа 2-й степени; 0,76–1 – плоская стопа.

В настоящее время наиболее известными и имеющими диагностическую ценность критериями служат [22]:

- индекс свода Staheli (отношение длины линии, проведенной в самой узкой части отпечатка среднего отдела стопы, и линии, проведенной в самой широкой части пяточной области);

- индекс Chipraux-Smirak (отношение длин линии, проведенной в самой узкой части отпечатка среднего отдела стопы, и линии, проведенной в самой широкой части отпечатка стопы, на уровне головок плюсневых костей);

- угол Clarke's (угол между касательными, проведенными из наиболее медиально расположенной точки в области плюсны к вогнутой части дуги продольного свода и к медиальной поверхности пяточной области);

- индекс свода (arch index) (индекс свода определяют как отношение среднего отдела стопы к длине стопы, исключая пальцы);

- подометрический индекс (отношение высоты бутриности ладьевидной кости к длине стопы);

- индекс высоты свода (arch height index) (соотношение высоты продольного свода и длины стопы (без пальцев), выраженное в процентах).

Эти измерения считаются надежными и рекомендуются для скрининговых исследований стопы [26].

В литературе описаны также индексы, которые не часто используют при оценке плантографического отпечатка. Это К-индекс Мартиросова, индекс оценки отпечатка стопы (footprint evaluation index), instep-индекс, индекс подошвенного отпечатка стопы (plantar footprint index) [7].

4) *Динамоплантография* – позволяет оценить степень давления различных участков стопы на поверхность опоры в разные фазы ходьбы. За рубежом было произведено множество исследований по оценке динамической функции стопы с использованием аналогичных платформ [21, 26 и др.].

5) *Педобарография (-метрия)* – для оценки биомеханических характеристик стоп, позволяющая фиксировать распределение нагрузки по подошвенной поверхности стопы, а также показывающая графическое расположение центра массы тела на подошве стопы в динамике. Педобарография позволяет получить данные о функциональном состоянии стопы при статической нагрузке и ходьбе на ранних стадиях заболевания, оценить компенсацию и разработать индивидуальные подошвенные ортезы [9, 11].

6) *Рентгенография* стопы для выявления плоскостопия в отечественной ортопедии проводят методом Богданова.

7) *Биомеханические методы* позволяют изучать статические и динамические параметры: гониометрия, ихниометрия, динамометрия, динамическая электромиография.

8) По мнению многих исследователей самым информативным современным методом является *компьютерная барография*, выявляющая отклонения как статического характера, так и изменения стопы в движении. Биомеханические методы диагностики позволяют более точно определить степень деформации нижних конечностей, решить вопрос о выборе лечения и проконтролировать эффективность его результатов.

9) *Радиологические исследования* и другие методы, такие как магнитно-резонансная томография (МРТ) и УЗИ, используются для оценки деформаций стоп у пациентов с артритом. Однако их применение ограничено из-за того, что они требуют высокоспециализированного оборудования и персонала.

*Индекс позиции стопы.* В зарубежной практике наиболее широкое применение получил так называемый Индекс Позиции Стопы (ИПС, Foot Posture Index, FPI) [6, 31–33]. Представленная методика обладает высокой чувствительностью в диагностике плоской стопы, проста в использовании, не затратна по времени, среднее время осмотра одного пациента 6–7 минут. В результате оценивается не только высота продольного свода, но и взаимоотношение всех отделов стопы по 6 признакам, что в совокупности дает возможность оценить положение стопы в целом как пронационное, нейтральное, супинационное [6, 21]:

- 1) пальпация головки таранной кости;
- 2) изгиб над и под латеральной лодыжкой;
- 3) позиция пятки во фронтальной плоскости;
- 4) возвышение в области таранно-ладьевидного сустава;
- 5) конгруэнтность медиального продольного свода;
- 6) приведение/отведение переднего отдела стопы относительно заднего.

По мнению некоторых исследователей диагностические критерии, а также принципы лечения плоскостопия до сих пор остаются предметом обсуждений и споров. Мобильное плоскостопие следует считать доброкачественным физиологическим состоянием, не требующим лечения, однако термин этот четко не определен [8].

*Возможности и сложности профилактики плоскостопия.* Профилактика плоскостопия – нетривиальная задача. Требуется пристальное наблюдение в рамках плановых осмотров травматолога. Важно не пропустить интервал, когда плоскостопие впервые проявляется у ребенка. Этот период благоприятный для лечения, оно окажется эффективным и не затяжным. Анализ физических нагрузок и их дозирование актуальны как для детей, так и для взрослых. Это связано с тем, что плоскостопие на фоне перегрузок часто встречается не только в быту, но и в спорте высоких достижений. Единственный способ активной профилактики плоскостопия – снижение нагрузки до уровня индивидуальной переносимости и возвращение функции стопы [6].

Задача тренера, врача спортивной медицины и реабилитолога – сформировать новый алгоритм нагрузок, тренировок, образцов поведения, которые позволят не утратить здоровье стопы в условиях многолетней подготовки спортсмена. Сюда же относится подбор обуви, ортезов, упражнений на растяжку и укрепление мышц голени и стопы [26].

Многие врачи-ортопеды расходятся в представлениях о методах и сроках начала лечения как консервативного, так и оперативного, но у всех решение одно – «лучше предупредить, чем лечить патологию стоп» [1, 7]. Поэтому профилактику патологии стоп нужно проводить с началом процесса спортивной подготовки путем раннего выявления уплощения свода стопы при скрининговых осмотрах, особенно в проблемных видах спорта. Основными факторами, влияющими на дальнейшее формирование продольного свода у юных спортсменов, являются вес, спортивная нагрузка и возраст.

Дети с мобильным плоскостопием получают симптоматическое консервативное лечение, улучшающее обменные процессы, микроциркуляцию и кровообращение в мышцах нижних конечностей, укрепляющее связочно-мышечный аппарат стопы, удерживающий свод [4]. Основная задача профилактики плоскостопия в раннем возрасте – снижение спортивной и весовой нагрузки и укрепление мышц, поддерживающих свод стопы. Самыми распространенными являются физические методы – лечебная физкультура, массаж [4, 11], а также физиотерапевтические процедуры. ЛФК и массаж – традиционные методы лечения мобильного плоскостопия у детей. Однако данных об их эффективности практически нет, так как не ясно, за счет чего происходит улучшение. Следует подчеркнуть, что при наличии супинационной контрактуры переднего отдела стопы тонизирующий массаж супинаторов противопоказан. Вопрос – лечить или не лечить плоскостопие на сегодняшний момент не имеет окончательного решения [8]. Наиболее определенную позицию занимает в этом вопросе А. М. Evans и др. [24, 25]. По его мнению, плоскостопие у детей безусловно подлежит лечению при наличии жалоб. С ним согласны и другие исследователи, которые предлагают активно лечить клинически звучащие формы мобильного плоскостопия и все фиксированные формы

плоскостопия, поскольку они всегда связаны с основной патологией, требующей особого подхода [26].

Плоскостопие, не являющееся физиологическим, при отсутствии жалоб подлежит динамическому наблюдению, при желании можно использовать необременительные методики лечения, чтобы успокоить родителей. Физиологическое плоскостопие не требует лечения, и в этом надо активно убеждать родителей [4, 26].

Вместе с тем дети с мобильным плоскостопием должны наблюдаться на предмет дальнейшего прогрессирования процесса. Сохранение плоскостопия старше 8 лет требует дополнительного обследования и выяснения причин [26]. Есть мнение, что боль и усталость в нижних конечностях на фоне гипермобильной стопы должны являться показанием для диагностических и лечебных мероприятий [9, 26].

В соответствии с клиническими рекомендациями «Плоско-вальгусная деформация стопы» Министерства здравоохранения Российской Федерации 2016 года, консервативное лечение плоско-вальгусной деформации стопы должно включать: ношение индивидуальных ортопедических стелек; тейпирование; использование ортопедических ортезов; ношение индивидуальной сложной ортопедической обуви; нестероидные противовоспалительные средства при болях; массаж.

Уровень убедительности рекомендаций А (уровень достоверности доказательств – 2). Комментарии: Все методики направлены только лишь на купирование симптомов заболевания, не устраняя патогенетических его причин. Физические упражнения для укрепления первого луча также полезны. Пациенты, которые не реагируют на консервативное лечение, требуют хирургического вмешательства.

Благодаря применению ортопедической обуви и подошвенных ортезов при плоскостопии свод поддерживается в физиологическом состоянии, обеспечивая перераспределение и снижение нагрузки на патологическую стопу, суставы нижней конечности, позвоночник, предотвращая прогрессирование заболевания [4]. Не вызывает сомнений, что у какой-то части детей с мобильным безболезненным плоскостопием в дальнейшем формируется ригидная, болезненная стопа. Можно предположить, что у части этих детей использование адекватной обуви могло позволить если не излечить плоскостопие, то хотя бы предотвратить развитие ригидных, болезненных плоско-вальгусных и вторичных деформаций. В ряде работ отмечен положительный эффект при лечении плоскостопия с использованием не стелек, а супинаторов пятки. Однако четкие критерии отбора таких пациентов в доступной литературе практически отсутствуют [8]. Еще одна проблема, связанная с ортопедической обувью, отмечается многими исследователями. Во-первых, общепризнано, что ортопедическая обувь не влияет на естественное развитие стопы и, во-вторых, по мнению многих исследователей ортопедическая обувь «формирует не только ноги, но и личность ребенка, который ее носит» [8, 26].

Многие исследователи полагают, что важнейшей целью использования функциональных ортезов стопы является коррекция пронации таранно-пяточного сустава с последующим восстановлением опоры медиальной колонны стопы [19, 26]. Часть исследователей считает доказанной высокую эффективность коррекции деформаций стопы под влиянием подошвенных ортезов, которые поддерживают свод, обеспечивают покой в болевых зонах путем перераспределения и снижения нагрузки на стопу, суставы нижней конечности, позвоночник [11]. Другие исследователи считают, что прямых доказательств влияния обуви или ортезов на морфологию стопы нет [8, 26]. Однако ортезы серийного производства учитывают размер и степень деформации стопы, но не обладают точным биомеханическим соответствием рельефу подошвы [4]. Рекомендация пользования стельками является ответственным назначением. Если стопа развивается нормально, а диагноз плоскостопия установлен ошибочно, назначение вкладной стельки может оказать прямо противоположное действие: перегружается наружный свод стопы, и это влечет за собой уплощение внутреннего продольного свода. Развивается прогрессирующий болевой синдром – «стелечные инвалиды» (Р. Р. Вреден) [14].

Резюмируя обзор литературных источников, можно сделать следующие выводы:

1. Плоскостопие в спорте является распространенной и важной проблемой, снижающей спортивную работоспособность и спортивное долголетие.

2. Наиболее перспективным способом профилактики возникновения и формирования фиксированной формы плоскостопия является раннее выявление и сохранение его мобильной формы.

3. Требуют обоснованного решения вопросы выявления критериев и причин перехода адаптационных изменений морфологии стопы в патологические.

4. В силу спортассоциированного характера уплощения стопы необходимы уточнение и индивидуализация педагогических программ многолетней подготовки спортсменов с мобильными формами плоскостопия.

#### *Список использованных источников*

1. Болтрукевич, С. И. Комплексная диагностика и ортопедическая коррекция патологии стоп: Инструкция по применению, утв. 24.03.2003. № 165–1202 МЗ РБ / С. И. Болтрукевич [и др.]. – Гродно, 2003. – 30 с.

2. Букина, Е. Н. Характеристика структурно-функционального состояния стоп у спортсменов различных спортивных специализаций / Е. Н. Букина, Р. П. Самусев // Волгоградский научно-медицинский журнал. – 2012. – № 2. – С. 8–11.

3. Булатов, А. А. Плоско-вальгусная деформация стоп у взрослых (обзор иностранной литературы) / А. А. Булатов, В. Г. Емельянов, К. С. Михайлов // Травматология и ортопедия России. – 2017. – № 23(2). – С. 102–114.

4. Виндерлих, М. Е. Совершенствование лечебно-профилактической помощи детям и подросткам с нарушением опорно-рессорной функции стоп: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.15 / М. Е. Виндерлих; ФГБОУВО «Ижевская государственная медицинская академия». – Ижевск, 2018. – 97 с.

5. Димитриева, А. Ю. Плоскостопие или нет: субъективное восприятие высоты свода стоп среди врачей-ортопедов / А. Ю. Димитриева, В. М. Кенис, А. В. Сапоговский // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2020. – Т. 8, Вып. 2. – С. 179–184.

6. Калинина, М. Л. Функциональные методы исследования стопы в современной медицинской практике / М. Л. Калинина, А. Г. Шехтман, Л. М. Железнов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 212.

7. Кенис, В. М. Вариабельность частоты плоскостопия в зависимости от критериев диагностики и способа статистической обработки / В. М. Кенис, А. Ю. Дмитриева, А. В. Сапоговский // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2019. – Т. 7, Вып. 2. – С. 41–50. <https://doi.org/10.17816/PTORS7241-50>.

8. Кенис, В. М. Мобильное плоскостопие у детей (обзор литературы) / В. М. Кенис [и др.] // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2014. – № 2(2). – С. 44–54. <https://doi.org/10.17816/PTORS2244-54>.

9. Кошман, Г. А. Метод педобарографии в оценке функциональных результатов хирургической коррекции нефиксированного плоскостопия у детей / Г. А. Кошман, А. Г. Мармыш // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2018. – Т. 16, № 1 – С. 41–46.

10. Лапутин, А. Н. Технология контроля двигательной функции стопы школьников в процессе физического воспитания: методическое пособие для студентов II курса факультета спортивной медицины и физической реабилитации / А. Н. Лапутин, В. А. Кашуба, К. Н. Сергиенко. – Киев: НУФВСУ, 2003. – 65 с.

11. Лашковский, В. В. Детская и подростковая подиатрия – современные подходы к диагностике и лечению заболеваний стоп / В. В. Лашковский, А. Г. Мармыш // Новости хирургии. – 2011. – Т. 19, № 2. – С. 94–100.

12. Мамонова, С. Б. Антропометрические и реографические характеристики детей с плоскостопием / С. Б. Мамонова [и др.] // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2014. – № 1(1). – С. 137–141.

13. Мармыш, А. Г. Возможности педобарографии в диагностике и ортопедической коррекции продольного плоскостопия / А. Г. Мармыш, В. Н. Горбузов, С. И. Болтрукевич, В. С. Аносов // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2010. – № 2. – С. 59–64.

14. Мармыш, А. Г. Ортопедические заболевания стоп и сравнительная оценка методов их ранней диагностики / А. Г. Мармыш // Журнал ГрГМУ. – 2007. – № 1. – С. 204–209.
15. Михнович, Е. Р. Диагностика и лечение продольного плоскостопия: Метод. Рекомендации / Е. Р. Михнович [и др.]. – Минск: БГМУ, 2004. – 26 с.
16. Перепелкин, А. И. Динамика линейных параметров стопы девушек при возрастающей нагрузке. / А. И. Перепелкин, А. И. Краюшкин // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2013. – Вып. 2(46). – С. 25–27.
17. Сапоговский, А. В. Клиническая диагностика ригидных форм плановальгусных деформаций стоп у детей / А. В. Сапоговский, В. М. Кенис // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 4. – С. 46–51.
18. Слипченко, О. В. Плоскостопие, диагностика, патогенез и военно-врачебная экспертиза / О. В. Слипченко, О. Н. Бондаревич, Д. С. Савицкий, Д. М. Бурда // Вопросы военно-врачебной экспертизы. – 2014. – С. 46–49.
19. Тимаев, М. Х. Плоская стопа (pes planovalgus/flatfeet) детского возраста: современное состояние проблемы / М. Х. Тимаев, А. В. Сертакова, С. А. Куркин, С. А. Рубашкин // Российский медицинский журнал. – 2017. – № 23(3). – С. 165–168.
20. Чекалова, Н. Г. Мониторинг нарушений костно-мышечной системы детей на ступенях школьного обучения / Н. Г. Чекалова, Ю. Г. Кузьмичев, С. А. Чекалова, А. А. Козинец // Вестник Уральской Академической науки. – 2010. – № 1. – С. 13–15.
21. Шабалдин, Н. А. Сравнительный анализ положения стопы у детей с использованием индекса позиции стопы (FPI-6) с симптоматическими и бессимптомными формами плоскостопия / Н. А. Шабалдин, А. В. Шабалдин, Ф. В. Титов, В. А. Кокина // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2020. – № 5(4). – С. 76–83.
22. Banwell, H. A. Paediatric flexible flat foot: how are we measuring it and are we getting it right? A systematic review / H. A. Banwell [et al.] // J Foot Ankle Res. – 2018. – № 11. – P. 21. <https://doi.org/10.1186/s13047-018-0264-3>.
23. Cowan, D. N. Consistency of visual assessments of arch height among clinicians / Cowan D. N. [et al.] // Foot Ankle Int. – 1994. – № 15(4). – P. 213–217.
24. Evans, A. M. Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position / A. M. Evans [et al.] // J Am Podiatr Med Assoc. – 2003. – № 93(3). – P. 203–213.
25. Evans, A. M. The foot posture index, ankle lunge test, Beighton scale and the lower limb assessment score in healthy children: a reliability study / A. M. Evans, R. Rome, L. Peet // Journal of Foot and Ankle Research. – 2012. – № 5:1. – P. 18–33.
26. Farzin Halabchi. Pediatric Flexible Flatfoot; Clinical Aspects and Algorithmic Approach / Farzin Halabchi [et al.] // *Iran J Pediatr*. – 2013. – № 23(3). – P. 247–260.
27. Gijon–Nogueron. Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study / Gijon–Nogueron [et al.] // Journal of Foot and Ankle Research. – 2016. – № 9:24. – P. 1–8.
28. Keenan, A. M. The Foot Posture Index: Rasch analysis of a novel, foot-specific outcome measure / A. M. Keenan [et al.]. – Arch Phys Med Rehabil. – 2007. – № 88(1). – P. 88–93.
29. McDonald, A. The Role of Arch Compression and Metatarsophalangeal Joint Dynamics in Modulating Plantar Fascia Strain in Running / A. McDonald [et al.] // PLoS ONE. – 2016. – № 11(4). – P. 1–16.
30. Muratovic, A. Foot Deformity Among Students / A. Muratovic [et al.] // Sport Mont. – 2016. – № 3. – P. 19–20.
31. Redmond AC: The Foot Posture Index: User Guide and Manual. [<http://www.leeds.ac.uk/medicine/FASTER/FPI/index.htm>]. – 2005. – 19 p.
32. Redmond, A. C. Normative values for the Foot Posture Index / A. C. Redmond, Y. Z. Crane, H. B. Menz // Journal of Foot and Ankle Research. – 2008. – № 1:6. – P. 1–9.
33. Redmond, A. C. Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index / A. C. Redmond, J. Crosbie, R. A. Ouvrier // Clin Biomech. – 2006. – № 21. – P. 89–98.
34. Stearne, S. M. The Foot's Arch and the Energetics of Human Locomotion / S. M. Stearne [et al.] // Sci. Rep. – 2016. – № 6. – P. 1–10. 19403; doi: 10.1038/srep19403.

**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 февраля 2014 г. № 3, и Межгосударственном стандарте «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 учреждения, в котором выполнена работа, содержащее сведения о возможности опубликования данных материалов ввиду отсутствия в них секретных сведений, не подлежащих разглашению;

- заявку на публикацию с указанием фамилии, имени, отчества автора(ов), полного названия организации, адреса, телефона, названия научного направления журнала, к которому относится статья.

Научная статья должна включать следующие элементы:

- индекс УДК;
- название статьи;
- фамилию и инициалы автора (авторов), ученую степень и звание, полное название организации;
- аннотацию;
- 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 быть набранным в редакторе Word, шрифт Times New Roman, 12 пунктов через 1 интервал с абзацным отступом 1,25 см.

*Объем научной статьи* должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков), но не более 10 страниц.

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

*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.

*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 нерешенные 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.

*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 2) применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей и располагают после первого упоминания в тексте. Все таблицы должны иметь название и порядковый номер. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире (*например*: Таблица 1 – Результаты педагогического тестирования). 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.

*Иллюстрации* – рисунки, графики, диаграммы, фотографии (не более 2) располагают после первого упоминания в тексте. Все иллюстрации должны иметь наименование и при необходимости пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают посередине строки (*например*: Рисунок 1 – Детали прибора).

*Формулы, уравнения и сноски*, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

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.

Список использованных источников должен быть составлен в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Список использованных источников в объеме статьи не включается.

Автор несет личную ответственность за направление в редакцию ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями.

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

Все представляемые научные материалы подвергаются обязательному рецензированию и проверяются с помощью сервиса [antiplagiat.ru](http://antiplagiat.ru). Доля авторского текста должна составлять не менее 70 %.

#### **Публикация статей бесплатная.**

*Материалы, не удовлетворяющие вышеуказанным требованиям и тематике, не рассматриваются и обратно не высылаются.*

#### **Материалы представляются по адресу:**

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

e-mail: [post@medsport.by](mailto:post@medsport.by)

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