



Департамент
спорта
города Москвы



ФНЦ ВНИИФК



Russian Association of Computer Science in Sport



СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**III-й научно-практической
конференции**

**ДЕНЬ
СПОРТИВНОЙ
ИНФОРМАТИКИ**

(всероссийской с международным участием)

3-4 декабря 2019 года

Москва – 2019

УДК 572; 794.05; 796

ББК 28.7; 75

C232

Редакторы:

кандидат технических наук

Тимме Егор Анатольевич,

кандидат физико-математических наук, доцент

Руднев Сергей Геннадьевич

C232 Сборник материалов III-й научно-практической конференции «День спортивной информатики» (всероссийской с международным участием) 3-4 декабря 2019 года / ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, ред. Тимме Е.А., Руднев С.Г. – Москва, 2019. – 177 с.

ISBN 978-5-6044032-0-4

В сборник вошли материалы научных исследований и разработок, представленные на III-й научно-практической конференции «День спортивной информатики». Конференция состоялась 3-4 декабря 2019 года в Москве на базе Центра спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд Департамента спорта города Москвы (ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта) и Федерального научного центра физической культуры и спорта (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК) при участии межрегиональной общественной организации «Ассоциация компьютерных наук в спорте». Рассмотрены вопросы применения информационных систем в спорте, компьютерных технологий в задачах мониторинга, тестирования и диагностики спортсменов, математического моделирования и анализа данных, больших данных в спорте, интеллектуальных систем и систем поддержки принятия решений, аналитики спортивных игр, биомеханики спорта. Материалы представляют интерес для широкого круга специалистов в сфере физической культуры и спорта, исследователей в области спортивной науки, руководителей и членов комплексных научных групп, спортивных врачей, преподавателей вузов, тренеров, спортсменов и всех интересующихся теоретическими и практическими вопросами применения информационных технологий в спорте.

ISBN 978-5-6044032-0-4

© ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, МОО «Ассоциация компьютерных наук в спорте», 2019

Оглавление

Информация о конференции	6
Организационный и программный комитеты	7
Программа конференции	9
Ахмерова К.Ш. Роль информационных технологий в развитии спорта (приветственное слово)	12
1. АНАЛИЗ ДАННЫХ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В НАУКАХ О СПОРТЕ	
Орлова Е.А., Тарасова О.С., Виноградова О.Л., Боровик А.С. Измерение барорефлекторной активности, оцениваемой по фазовой синхронизации АД и ЧСС, во время упражнений с различной интенсивностью	15
Гуштурова И.В., Машанов В.С. Вариабельность сердечного ритма у пловцов при использовании различных методов тренировки	18
Фомина Е.В., Дидковская Н.С., Тимме Е.А. Персонализированный подход к профилактике негативных эффектов сниженного уровня физической активности. Результаты эксперимента, моделирующего 120- суточный космический полет	21
Гладков В.Н. Дискретно-событийное моделирование спортивных рекордов на пути предела возможностей человека как биологического вида	28
Мещеряков А.В., Ермолаев А.В. Основные проблемы и задачи оценивания спортивных достижений	37
Руднев С.Г. О некоторых актуальных задачах исследований состава тела спортсменов.....	40
Федотова Е.В. Кардиомониторинг: от зон интенсивности к индивидуальным целевым тренировочным зонам	46
Шумихина И.И. Оценка адаптивных возможностей у юных фигуристов под влиянием тренировочного сбора	52
2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ СПОРТСМЕНОВ	
Губа В.П., Пресняков В.В. Комплексная диагностика функционального состояния спортсменов и раннего отбора в игровых видах спорта при помощи методик «Спортпрогноз»	55
Гусейнов Д.И., Лукашевич Д.А. Теоретические подходы к обоснованию положения тензометрических элементов на древке весла для каноэ	60
Дорожко А.С. Интеллектуальные датчики в оценке скоростно-силовой подготовленности биатлонистов при лыжных передвижениях свободным стилем	65

Каправчук В.В., Брико А.Н. Разработка требований к биотехнической системе функциональной электростимуляции с использованием обратной связи на основе комплексирования методов сономиографии, тензиомиографии и метода измерения мышечной силы	73
Лукашевич Д.А. Инновационные цифровые технологии в научно-методическом сопровождении подготовки спортсменов-гребцов	79
Митрофанов А.А., Попов О.И. Методика гидроакустической спидографии: дальнейшие перспективы	82
Носов М.С., Коростелев И.В., Кукушкин В.Г., Шувалова Л.С. Применение цифровых технологий в управлении процессом спортивной подготовки сборной команды России по фристайлу	90
Петренко Д.Г., Гельманов В.Д., Аксенов М.О. Значение каденса в лыжных гонках	94
Семенюк А.А., Давыдова Н.С., Парамонова Н.А., Борщ М.К. Количественные критерии оценки внешней и внутренней форм межмышечной координации у юных спортсменов	98
Татарова С.Ю., Миленина А.А., Шапорова В.М. Компьютерные технологии в задачах мониторинга, тестирования и диагностики спортсменов	107
Федотова В.Г., Федотов В.Н. Контроль и оценка технической подготовленности спортсменов в лыжном спорте с использованием современных технологий	113
Чайковская О.О., Бебенин П.В. Применение комплексной цифровой системы fusionetics для оценки эффективности движений у теннисистов 13-14 лет	121
3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ	
Голосов О.А., Мамчур С.С. Автоматизация и реабилитация: вызовы современности	125
Грунт Н.В., Цахилова Т.К., Сапелко А.В. Контроль процесса восстановления коленного сустава атлета после перенесенной травмы	128
4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СПОРТЕ	
Болотов А.А. Рациональные алгоритмы классификации в системе интеллектуальной поддержки тренера	132
Болотов А.А., Барчуков В.Г., Тен А.М., Онопченко О.В. Оценка информативности признаков в системе интеллектуальной поддержки тренера в циклических видах спорта	140
5. АНАЛИТИКА В СПОРТИВНЫХ ИГРАХ	
Васильев Г.А. Современные модели и метрики индивидуальной эффективности в футболе	145

Петрова М.А.	
Сравнительный анализ систем розыгрыша в спортивных играх	150
Петрова М.А., Маринина Н.Н.	
Сравнительный анализ систем розыгрыша протоколов соревнований у сильнейших мужских команд в спортивных играх	156
6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СПОРТИВНОМ ОБРАЗОВАНИИ И ИНДУСТРИИ СПОРТА	
Изаак С.И.	
Информационные процессы в научной и образовательной деятельности	162
Каргин Н.Н., Изаак С.И., Щадилова И.С.	
Информационные услуги как вид сервисной деятельности в индустрии спорта	167
Климкина Д.А., Широбоков В.Г.	
Анализ успеваемости студентов 1-3 курсов университетов по дисциплине элективная физическая культура	171

IV-я Всероссийская научно-практическая конференция «День спортивной информатики» состоится 2-4 декабря 2020 года в ГКУ «ЦСТиСК Москомспорта». Сайт конференции: <http://racss2020.ru/>

Информация о конференции

Цель и задачи конференции

Цель – организация взаимодействия специалистов в области спорта, науки и представителей бизнеса, реализующих информационные технологии в физкультурно-спортивной сфере.

Задачи конференции:

- анализ современного состояния спортивной информатики и ее прикладного значения;
- выявление проблем и выработка решений, направленных на развитие спортивной информатики в России;
- обмен опытом внедрения цифровых технологий в процессе спортивной подготовки и при занятиях физической культурой.

К участию приглашаются специалисты в области физической культуры, спорта и спортивной науки, тренеры, спортивные врачи, преподаватели, студенты и аспиранты ВУЗов. Возможно участие в следующих формах: устный доклад с публикацией в сборнике, стендовый доклад с публикацией, публикация в сборнике без доклада, участие без доклада и публикации. По итогам конференции планируется размещение сборника материалов в РИНЦ.

Организаторы конференции

Государственное казенное учреждение «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд» Департамента спорта города Москвы;
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ВНИИФК);
Межрегиональная общественная организация «Ассоциация компьютерных наук в спорте».

Направления работы конференции

- Анализ данных и моделирование в науках о спорте
- Компьютерные технологии в задачах мониторинга, тестирования и диагностики спортсменов
- Математическое моделирование и анализ данных в науках о спорте
- Информационные технологии в спортивной медицине
- Большие данные в спорте
- Интеллектуальные системы и системы поддержки принятия решений в спорте
- Аналитика в спортивных играх
- Биомеханика спорта

Организационный и программный комитеты конференции

Организационный комитет

Ахмерова Кадрия Шамилевна, директор ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, член Экспертного совета по физической культуре и спорту при Комитете Совета Федерации Федерального собрания РФ по социальной политике, врач высшей категории – сопредседатель Оргкомитета конференции;

Кубеев Александр Владимирович, зам. директора ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, член Экспертного совета по развитию физической культуры и спорта при Государственной Думе РФ, канд. пед. наук – сопредседатель Оргкомитета конференции;

Андрианов Алексей Вячеславович, начальник управления материально-технического и информационного обеспечения ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта;

Васильев Глеб Альбертович, НИУ Высшая школа экономики, научно-учебная лаборатория исследований спорта ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта;

Гладков Вадим Николаевич, отв. секретарь МОО «Ассоциация компьютерных наук в спорте», зам. начальника отдела;

Грушко Алена Игоревна, психолог ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, канд. психол. наук;

Ермаков Алексей Валерьевич, зав. кафедрой теории и методики спортивной тренировки, адаптивной и восстановительной медицины ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. пед. наук;

Карташов Александр Владимирович, начальник административного отдела ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта;

Ключников Михаил Сергеевич, зав. лабораторией больших данных и прецизионной спортивной медицины, ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, канд. биол. наук;

Кусакин Александр Сергеевич, начальник отдела ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта;

Скаржинская Елена Николаевна, зав. аспирантурой ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. пед. наук;

Телков Максим Викторович, главный специалист ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта;

Тимме Егор Анатольевич, председатель правления МОО «Ассоциация компьютерных наук в спорте», главный специалист ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, канд. техн. наук;

Шакиров Рэм Вилурович, зам. начальника Управления научно-методического сопровождения ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта;

Шпаков Алексей Васильевич, зав. отделом НИИ космической медицины ГНЦ ФМБЦ ФМБА России, канд. биол. наук.

Программный комитет

- Тимме Егор Анатольевич**, председатель Правления МОО «Ассоциация компьютерных наук в спорте», главный специалист ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, канд. техн. наук;
- Акимов Егор Борисович**, компания Akivino, канд. биол. наук;
- Богомолов Алексей Валерьевич**, в.н.с. ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, д-р техн. наук, профессор;
- Василевский Юрий Викторович**, зам. директора ИВМ им. Г.И. Марчука РАН, член-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор;
- Виноградов Михаил Анатольевич**, ведущий специалист ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, эксперт Инновационного центра Олимпийского комитета России, канд. экон. наук, заслуженный тренер России;
- Годик Вячеслав Александрович**, руководитель Информационно-аналитического центра Российского Футбольного Союза, д-р физ.-мат. наук, профессор;
- Грушко Алена Игоревна**, психолог ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, научный сотрудник факультета психологии МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. психол. наук;
- Гудков Денис Андреевич**, ФГБУ Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины ФМБА России, канд. хим. наук;
- Ермаков Алексей Валерьевич**, зав. кафедрой теории и методики спортивной тренировки, адаптивной и восстановительной медицины ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. пед. наук;
- Ключников Михаил Сергеевич**, руководитель лаборатории больших данных и прецизионной спортивной медицины ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, канд. биол. наук;
- Котченко Юрий Васильевич**, Севастопольский государственный университет, канд. техн. наук, доцент;
- Кубеев Александр Владимирович**, зам. директора ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, член Экспертного совета по развитию физической культуры и спорта при Государственной Думе РФ, канд. пед. наук;
- Курашвили Владимир Алексеевич**, Федеральный центр подготовки спортивного резерва, д-р мед. наук, профессор;
- Новоселов Михаил Алексеевич**, зав. кафедрой теории и методики компьютерного спорта и прикладных компьютерных технологий РГУФКСМиТ, канд. пед. наук;
- Попов Олег Игоревич**, зав. кафедрой теории и методики плавания РГУФКСМиТ, д-р пед. наук, профессор;
- Прусов Петр Кириллович**, ГАУЗ МНПЦМР ВСМ Москвы, филиал №11, д-р мед. наук, профессор;
- Руднев Сергей Геннадьевич**, с.н.с. ИВМ им. Г.И. Марчука РАН, канд. физ.-мат. наук, доцент;
- Симаков Сергей Сергеевич**, зам. заведующего кафедрой информатики и вычислительной физики МФТИ, канд. физ.-мат. наук, доцент;
- Скаржинская Елена Николаевна**, зав. аспирантурой ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. пед. наук;
- Фомина Елена Валентиновна**, ГНЦ Институт медико-биологических проблем РАН, д-р биол. наук, профессор;
- Фураев Александр Николаевич**, зав. кафедрой биомеханики и информационных технологий МГАФК, канд. пед. наук;
- Шпаков Алексей Васильевич**, зав. отделом НИИ космической медицины ГНЦ ФМБЦ ФМБА России, канд. биол. наук.

Программа III-й научно-практической конференции «День спортивной информатики»

3 декабря – 1-й день конференции (ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта)

<p>Ведущий – <i>Гладков Вадим Николаевич</i>, отв. секретарь МОО «Ассоциация компьютерных наук в спорте»</p>
<p>Приветственное слово <i>Ахмерова Кадрия Шамилевна</i> – директор ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, член Экспертного совета по физической культуре и спорту при Комитете Совета Федерации Федерального собрания РФ по социальной политике</p>
<p style="text-align: center;">ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРЕНИРОВОЧНОМ И СОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССАХ</p>
<p>Современный подход к оценке работоспособности и биомеханических показателей бега с использованием датчиков мощности <i>Тюбаев Илья Николаевич</i>, тренер по триатлону компании IQSPORTS</p>
<p>Новые подходы к моделированию тренировочного процесса <i>Гудков Денис Андреевич</i>, ФГБУ ФНКЦ физико-химической медицины ФМБА России, канд. хим. наук</p>
<p>Экспресс-анализ эффективности спортивного выступления (на примере скалолазания) <i>Котченко Юрий Васильевич</i>, Севастопольский государственный университет, канд. техн. наук, доцент</p>
<p>Состояние и перспективы развития систем поддержки принятия решений для тренеров в видах спорта на выносливость <i>Акимов Егор Борисович</i>, CEO ZINI LLC, канд. биол. наук</p>
<p>Онлайн платформа поиска спортивных специалистов – Akivino <i>Виноградов Михаил Анатольевич</i>, ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, канд. экон. наук, доцент, заслуженный тренер России</p>
<p style="text-align: center;">АНАЛИЗ ДАННЫХ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В НАУКАХ О СПОРТЕ</p>
<p>Структурные модели психодиагностики в спорте <i>Коробейникова Екатерина Юрьевна</i>, психолог ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта</p>
<p>Методы совокупного анализа геномов и прочих биофизических показателей спортсменов <i>Кулемин Николай Александрович</i>, ФГБУ ФНКЦ физико-химической медицины ФМБА России, канд. биол. наук</p>
<p>О некоторых актуальных задачах исследований состава тела спортсменов <i>Руднев Сергей Геннадьевич</i>, ИВМ им. Г.И. Марчука РАН, канд. физ.-мат. наук, доцент</p>
<p>Системы анализа и интерпретации данных миографии <i>Воронов Андрей Владимирович</i>, ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, д-р биол. наук</p>
<p>Персонализированный подход к профилактике негативных эффектов сниженного уровня физической активности. Результаты эксперимента, моделирующего 120-суточный космический полет <i>Фомина Елена Валентиновна</i>, ГНЦ ИМБП РАН, д-р биол. наук, профессор <i>Дидковская Наталья Сергеевна</i>, ГНЦ ИМБП РАН, м.н.с.</p>
<p style="text-align: center;">АНАЛИТИКА В СПОРТИВНЫХ ИГРАХ</p>
<p>Современные модели и метрики индивидуальной эффективности в футболе <i>Васильев Глеб Альбертович</i>, лаборатория исследований спорта НИУ ВШЭ</p>
<p>Распределение объемов двигательной активности в разных скоростных диапазонах в футболе <i>Годик Вячеслав Александрович</i>, начальник Аналитического центра Российского футбольного союза, д-р физ.-мат. наук, профессор</p>

<p>Сбор и анализ данных о специальной физической подготовленности хоккеистов на базе Образовательного центра «Сириус» <i>Кириенко Иван Юрьевич</i>, Федерация хоккея России, специалист отдела хоккейных технологий</p>
<p>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ</p>
<p>Автоматизация и реабилитация: вызовы современности <i>Голосов Олег Алексеевич</i>, компания «Ай-ФОРС»</p>
<p>Цифровая спортивная медицина в медико-биологическом обеспечении большого спорта <i>Ключников Михаил Сергеевич</i>, зав. лабораторией больших данных и прецизионной спортивной медицины ГНЦ ФНКЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, канд. биол. наук</p>
<p>Проблемы и перспективы применения компьютерных технологий в спортивной кардиологии <i>Смоленский Андрей Вадимович</i>, зав. кафедрой спортивной медицины РГУФКСМиТ, д-р мед. наук, профессор</p>
<p>ОТЧЕТНО-ВЫБОРНОЕ СОБРАНИЕ МОО «АССОЦИАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК В СПОРТЕ»</p>
<p>Отчет о деятельности Ассоциации компьютерных наук в спорте за трехлетний период. План развития ассоциации на 2020-2021 гг. <i>Тимме Егор Анатольевич</i>, председатель Правления МОО «Ассоциация компьютерных наук в спорте», канд. техн. наук</p>
<p>Выборы Правления, Экспертного совета и Попечительского совета. Утверждение плана развития ассоциации на 2020-2021 гг.</p>
<p>«ЦИФРОВОЙ КОНТУР» СПОРТИВНОЙ НАУКИ</p>
<p style="text-align: center;"><u>Модераторы:</u> <i>Ключников Михаил Сергеевич</i>, зав. лабораторией больших данных и прецизионной спортивной медицины ГНЦ ФНКЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, канд. биол. наук <i>Грушко Алена Игоревна</i>, психолог ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, канд. психол. наук</p> <p style="text-align: center;"><u>Вопросы для обсуждения:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какую пользу может принести компьютеризация наук в спорте, какие негативные явления и угрозы она несет и как их избежать? 2. Какие общие проблемы стоят перед исследователями и практиками в сфере спорта при сборе, хранении, анализе, интерпретации данных и принятия решений на их основе? 3. Какие рабочие процессы в спортивной науке можно автоматизировать с применением современных информационных и интеллектуальных технологий? 4. Какие пути решения проблемы интеграции и обмена данными Вы видите? 5. Какие формы организации и взаимодействия Вы видите для достижения целей компьютеризации и интеллектуализации спортивной науки? 6. Какой личный вклад Вы могли бы предложить?

4 декабря – 2-й день конференции (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК)

<p>ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОТРАСЛИ «ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ»</p>
<p><u>Ведущий</u> – <i>Ермаков Алексей Валерьевич</i>, зав. кафедрой теории и методики спортивной тренировки, адаптивной и восстановительной медицины ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. пед. наук</p>
<p>Вступительное слово <i>Фомиченко Татьяна Германовна</i>, директор Департамента образования и науки Минспорта России, д-р пед. наук, профессор</p>

<p>Цифровизация спортивной отрасли Макухин Вячеслав Юрьевич, начальник Отдела информационных технологий Минспорта России</p>
<p>Направления цифровизации спортивной подготовки Кубеев Александр Владимирович, зам. директора ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, член Экспертного совета по развитию физической культуры и спорта при Государственной Думе РФ, канд. пед. наук</p>
<p>Массовый спорт и физическая культура как объект цифровизации Зюрин Эдуард Адольфович, зам. директора ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, д-р пед. наук</p>
<p align="center">ЛАБОРАТОРИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПОРТИВНОГО ИНВЕНТАРЯ И ОБОРУДОВАНИЯ ФГБУ ФНЦ ВНИИФК</p>
<p>Куратор – Скаржинская Елена Николаевна, зав. аспирантурой ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. пед. наук</p>
<p align="center">ОБРАЗОВАНИЕ В ОБЛАСТИ СПОРТИВНОЙ ИНФОРМАТИКИ</p>
<p align="center"><u>Модераторы круглого стола:</u></p> <p>Кубеев Александр Владимирович, зам. директора ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, член Экспертного совета по развитию физической культуры и спорта при Государственной Думе, канд. пед. наук</p> <p>Скаржинская Елена Николаевна, зав. аспирантурой ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. пед. наук</p> <p>К участию приглашаются специалисты в области спорта и информационных технологий, представители учреждений, реализующих образовательные программы на основе информационных технологий в физкультурно-спортивной сфере.</p> <p align="center"><u>Вопросы для обсуждения:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Существует ли потребность в специалистах в области информационных технологий в спортивной отрасли и будет ли она расти? 2. Какие задачи должны уметь решать специалисты в области разработки и применения компьютерных технологий в спорте? 3. Как, где и каким образом готовить специалистов по спортивной информатике? 4. Как организовать процесс создания данной специальности? 5. Ваши предложения по развитию спортивной информатики как научно-практической дисциплины?
<p align="center">КОНКУРС НАУЧНЫХ РАБОТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ПО СПОРТИВНОЙ ИНФОРМАТИКЕ</p>
<p>Модератор – Ермаков Алексей Валерьевич, зав. кафедрой теории и методики спортивной тренировки, адаптивной и восстановительной медицины ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, канд. пед. наук</p> <p><u>Экспертное жюри:</u></p> <p>Кубеев Александр Владимирович, зам. директора ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, член Экспертного совета по развитию физической культуры и спорта при Государственной Думе РФ, канд. пед. наук</p> <p>Новоселов Михаил Алексеевич, зав. кафедрой теории и методики компьютерного спорта и прикладных компьютерных технологий РГУФКСМиТ, канд. пед. наук</p> <p>Фураев Александр Николаевич, зав. кафедрой биомеханики и информационных технологий МГАФК, канд. пед. наук</p> <p><u>Участники конкурса</u> – молодые ученые (аспиранты и магистранты образовательных, научно-практических организаций)</p>

Роль информационных технологий в развитии спорта

Приветственное слово

Ахмерова Кадрия Шамилевна

ГКУ «Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд»
Департамента спорта города Москвы, директор;
Экспертный совет по физической культуре и спорту при Комитете Совета Федерации
Федерального собрания РФ по социальной политике, член Совета;
Межрегиональная общественная организация «Ассоциация компьютерных наук в спорте»,
Председатель Попечительского Совета

Уважаемые участники III-й научно-практической конференции «День спортивной информатики»! Мы рады приветствовать Вас в стенах нашего учреждения и признательны вам за то, что Вы принимаете в ней участие!

Современный спорт, спортивная наука не может обойтись без применения математических методов и информационных технологий. Информационные потоки принижают все процессы, происходящие в спорте: планирование, прогнозирование, мониторинг, тестирование, судейство, деятельность федераций и органов исполнительной власти. Эти потоки информации невозможно должным образом обработать, выделить полезную информацию, проанализировать, осмыслить и сохранить без применения математических методов и компьютерных технологий.

Особенно актуально это в больших городах и прежде всего в Москве, где масштаб спортивной деятельности огромен, где спортом занимается около полутора миллиона человек. Наша организация, Центр спортивных инновационных технологий и подготовки сборных команд Москомспорта занимает особое место, как единственный в Москве центр, где ведется разработка и апробация моделей и информационных систем для спорта. Информационные процессы научно-методического и медико-биологического обеспечения московских спортсменов имеют сложную структуру. На базе нашей организации регулярно проводятся конференции и семинары по применению математических методов и компьютерных наук в спорте, в рамках конференции по спортивной науке уже третий год проводится секция по математическим моделям в спорте, которая в этом году была самой популярной.

В настоящий момент во многих сферах жизни нашей страны – в экономике, политике, науке, медицине и спорте – происходит цифровая трансформация. Хорошо это или плохо, хотим ли мы этого или нет, но этот процесс носит объективный характер и либо мы должны плестись в хвосте, либо начинать работать на опережение. Первая конференция в СССР по этой теме состоялась 1-2 ноября 1965 года в ГЦОЛИФК и называлась «Кибернетика и спорт», в ней приняло участие около 700 специалистов, было подано около 120 докладов.

Для интенсификации развития спортивной информатики в России в 2017 году на базе и при участии нашего Центра было создано сообщество, первая в России общественная организация по спортивной науке – Ассоциация компьютерных наук в спорте, объединившая спортивных ученых, математиков, IT-специалистов, тренеров и спортивных врачей. На данный момент в Ассоциации состоят: 1 академик, 3 члена-корреспондента РАН, 33 доктора наук, 36 кандидатов наук, 5 заслуженных тренеров России, 2 заслуженных врача и 1 заслуженный деятель науки и техники РФ.

Мы выходим на международный уровень. В этом году в Москве на базе нашего Центра и Института вычислительной математики имени Г.И. Марчука Российской академии наук впервые в России организован 12-й Международный симпозиум по компьютерным наукам в спорте. Организаторами симпозиума являлись ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, Институт вычислительной математики имени Г.И. Марчука РАН, Сеченовский университет, Международная ассоциация компьютерных наук в спорте и МОО «Ассоциация

компьютерных наук в спорте». Проведенный симпозиум стал значительной вехой в деле развития и применения компьютерных технологий к задачам спорта.

Научно-практическая конференция «День спортивной информатики» проводится в нашем Центре в третий раз. Она приурочена к общероссийскому празднику – Дню информатики в России, который празднуется 4 декабря. Именно в этот день в 1948 году в СССР было официально зарегистрировано первое изобретение в области вычислительной техники – цифровая вычислительная машина. Цель нашей конференции – популяризация достижений российской спортивной информатики среди тренеров и специалистов, выявление лучших образцов компьютерных систем для внедрения в процесс спортивной подготовки, актуализация проблем, снижающих эффективность применения информационных технологий в спорте и формирование интереса среди разработчиков к созданию и совершенствованию компьютерных систем в спорте. В этом году мы организуем конференцию совместно с Федеральным научным центром физической культуры и спорта ВНИИФК. Впервые пройдет конкурс молодых ученых в области спортивной информатики. В будущем 2020-м году мы планируем организовать 4-ю конференцию по спортивной информатике. Тематика конференции будет расширяться и охватывать новые направления, такие как применение информационных технологий в спортивной медицине. Одним из организаторов конференции будущего года, мы надеемся, станет Федеральный биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, которым руководит член-корреспондент РАН А.С. Самойлов.

Желаю всем новых плодотворных идей и продуктивной работы на конференции на благо российского спорта!

The role of information technology in the development of sports Welcome speech

Akhmerova K. Sh.

Moscow Center of Advanced Sport Technologies, director;
Expert Council on physical culture and sport under the Committee of the Federation Council of
Federal Assembly of the Russian Federation on social policy, member of Council;
Association of Computer Science in Sports, Chairman of the Board of Trustees

1. АНАЛИЗ ДАННЫХ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В НАУКАХ О СПОРТЕ

Измерение барорефлекторной активности, оцениваемой по фазовой синхронизации АД и ЧСС, во время упражнений с различной интенсивностью

¹Орлова Е.А., *orlova92@gmail.com*

^{1,2}Тарасова О.С., *д-р биол. наук, профессор, ost.msu@gmail.com*

^{1,2}Виноградова О.Л., *д-р биол. наук, профессор, ovin@imbp.ru*

¹Боровик А.С., *канд. физ.-мат. наук, asbor@mail.ru*

¹ГНЦ Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Аннотация. В работе исследуется фазовая синхронизация колебаний артериального давления и частоты сердечных сокращений при нагрузочном тестировании, и определяются динамические характеристики барорефлекторной активности.

Ключевые слова: регуляция сердечнососудистой системы, фазовая синхронизация, артериальное давление, частота сердечных сокращений, каротидный барорефлекс.

Введение

Хорошо известно, что физические упражнения изменяют рефлекторный контроль сердечнососудистой системы (ССС), оцениваемый по амплитудным характеристикам каротидного барорефлекса: установочная точка барорефлекторной кривой сдвигается вверх и вправо, а чувствительность снижается [2, 4]. Цель исследования – оценка изменений регуляции ССС по фазовым соотношениям между АД и ЧСС во время физических упражнений разной интенсивности с использованием индекса фазовой синхронизации (ИФС) среднего артериального давления (СрАД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) на частоте барорефлекторных волн (около 0,1 Гц) [1]. Решались две задачи: 1) сопоставляли значения ИФС в состоянии покоя и при разном уровне нагрузки; 2) оценивали динамические характеристики ИФС во время упражнений с синусоидально-изменяющейся мощностью.

Методы

Индивидуальный уровень рабочей нагрузки для каждого испытуемого определяли по анаэробному порогу (АП) [3]. Испытуемые выполняли тест с возрастающей нагрузкой до отказа (0 W , $15 \text{ W} \cdot \text{мин}^{-1}$, от 60 до 70 оборотов в минуту) на велоэргометре (Ergoselect 200, Ergoline, Германия), во время которого брали кровь для определения уровня лактата в крови Biosen C-line анализатор (EKF Diagnostics, Германия). АП определяли по уровню лактата 4 ммол/л [7].

В первом эксперименте для исследования влияния интенсивности нагрузки на ИФС у 10 здоровых мужчин (возраст $27,4 \pm 5,9$ лет, рост $180,3 \pm 6,9$ см, вес $74,9 \pm 4,8$ кг) в течение 15 минут измеряли исследуемые показатели в состоянии покоя, во время умеренной (60% от АП) и тяжелой нагрузки (80% от АП). Во время теста непрерывно регистрировали АД (Finometer, Finapres Medical Systems, Нидерланды), ЭКГ (Пневмокард-А, МКС, Россия) и частоту дыхания (Пневмокард-А, МКС, Россия). По данным рассчитывали ИФС.

Во втором эксперименте для исследования динамических характеристик барорефлекторной активности при изменениях нагрузки испытуемые выполняли велоэргометрическую работу с мощностью, изменяющейся по синусоидальному закону. В эксперименте участвовало 8 человек (возраст $24,6 \pm 2,7$ лет; рост $177,4 \pm 4,1$ см; вес $70,8 \pm 6,4$ кг). Все испытуемые после 6-минутной разминки на велоэргометре при нагрузке 50% от АП выполняли тест с синусоидально-изменяющейся нагрузкой (среднее значение 50% от АП, амплитуда модуляции 30% от АП, частота модуляции изменялась от 1 до 10 мГц). ИФС рассчитывался для последовательных 4-х минутных эпизодов. Во время теста регистрировали те же показатели, что и в предыдущем эксперименте.

Все данные отцифровывались с частотой 1000 Гц с использованием АЦП E14-140 ADC (LCard, Россия) и программы PowerGraph (DISoft, Россия). Для каждого сердечного цикла определяли СрАД и ЧСС.

Анализ данных

Обработку данных и расчет ИФС выполняли off-line с использованием среды программирования MATLAB (MathWorks Inc., США).

Расчет ИФС. Алгоритм вычисления ИФС описан ранее в работе Боровика [1]. С помощью цифровой фильтрации из временных рядов СрАД и ЧСС, выделяли узкополосные сигналы, которые затем представляли в форме аналитических сигналов, что позволило определить их фазы φ . Для каждой частоты вычисляли нормированную разность фаз СрАД и ЧСС $\Delta\varphi$ и строили гистограмму ее распределения. Чтобы оценить степень фазовой синхронизации на данной частоте, использовали индекс, впервые предложенный в работе [6]. С помощью этого алгоритма ИФС рассчитывался в частотном диапазоне 0,02–0,8 Гц.

Результаты

Среднее значение ИФС в низкочастотной области (область барорефлекторных волн) в покое составило $0,19 \pm 0,07$. При нагрузке 60% АП эта величина несколько уменьшилась ($0,15 \pm 0,04$), но значительно снизилась во время выполнения работы с мощностью 80% АП ($0,11 \pm 0,04$), т.е. барорефлекторный контроль ЧСС практически не изменяется при низкоинтенсивных упражнениях, но значительно снижается при высокоинтенсивных нагрузках.

Вызванная синусоидальным изменением мощности модуляция ИФС исчезает уже при частоте 2 мГц (период 500 с), тогда как модуляция АД и ЧСС сохраняется и при более высоких частотах.

Выводы

Фазовая синхронизация колебаний СрАД и ЧСС на частоте барорефлекторных волн снижается во время аэробных упражнений, эффект увеличивается с увеличением интенсивности упражнений. Изменения ИФС, связанные с интенсивностью упражнений, развиваются достаточно медленно, в течение 1-2 минут, что, по-видимому, отражает динамику перестройки барорефлекса во время упражнений. Предложенный подход к расчету ИФС может применяться для оценки барорефлекторной активности в различных физиологических и патофизиологических условиях.

Список литературы

1. Borovik A.S., Kuznetsov S.Y., Vinogradova O.L. Phase synchronization of arterial pressure and heart rate as a measure of baroreflex activity. In: 2014 8th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations (ESGCO 2014). IEEE, 2014. pp. 217–218.
2. Dampney R.A.L. Resetting of the baroreflex control of sympathetic vasomotor activity during Natural Behaviors: description and conceptual model of central mechanisms // Front. Neurosci. 2017. Vol. 11. P. 461.
3. Faude O., Kindermann W., Meyer T. Lactate threshold concepts: How valid are they? // Sports Medicine. 2009. Vol. 39, N 6. P. 469–490.
4. Joyner M.J. Baroreceptor function during exercise: resetting the record // Exp. Physiol. 2006. Vol. 91, N 1. P. 27–36.
5. Kindermann W., Simon G., Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. 1979. Vol. 42, N 1. P. 25–34.
6. Tass P., Rosenblum M.G., Weule J. et al. Detection of n:m phase locking from noisy data: application to magnetoencephalography // Phys. Rev. Lett. 1998. Vol. 81, N 15. P. 3291–3294.
7. Yoshida T., Chida M., Ichioka M., Suda Y. Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance // Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. 1987. Vol. 56, N 1. P. 7–11.

Measurement baroreflexes activity, as assessed by phase synchronization of BP and HR during exercise with different intensity

¹Orlova E. A., *orlova92@gmail.com*

^{1,2}Tarasova O. S., *DSci, Professor, ost.msu@gmail.com*

^{1,2}Vinogradova O. L., *DSci, Professor, ovin@imbp.ru*

¹Borovik A. S., *PhD, asbor@mail.ru*

¹State Scientific Center of the Russian Federation-Institute of Medical and Biological Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The paper investigates the phase synchronization of fluctuations in blood pressure and heart rate during stress testing, and determines the dynamic characteristics of baroreflexive activity.

Keywords: regulation of the cardiovascular system, phase synchronization, blood pressure, heart rate, carotid baroreflex.

Вариабельность сердечного ритма у пловцов при использовании различных методов тренировки

Гуштурова И.В., канд. биол. наук, доцент, *gushturova-iv@mail.ru*

Машанов В.С., старший преподаватель

Удмуртский государственный университет, Ижевск

Аннотация. Применение различных методов тренировки в тренировочном процессе пловцов вызывает адаптивные сдвиги различных показателей variability сердечного ритма. Плавание с помощью рук вызывает у спортсменов положительные сдвиги в показателях изменчивости сердечного ритма. Плавание с помощью ног вызывает ухудшение самочувствия, неблагоприятные сдвиги в показателях изменчивости сердечного ритма и переутомления спортсменов.

Ключевые слова: спортивная тренировка, плавание, variability сердечного ритма, адаптация.

Введение

Физические и психические нагрузки, спортивная и учебная деятельность зачастую являются чрезмерными для организма студента-спортсмена и вызывают стресс, к которому необходимо адаптироваться. Студентам-спортсменам институтов физической культуры, испытывающим напряжение адаптационных систем, необходимо это учитывать в тренировочной деятельности.

По мнению В.П. Казначеева (1986), в сложной иерархии структур, реализующих адаптационный процесс, существенная роль принадлежит автономной нервной системе. Особенности ее функциональной организации рассматриваются в качестве одной из конституциональных характеристик, формирующих тип реагирования организма на средовые воздействия. Адаптивные реакции организма можно проследить по изучению вегетативной регуляции сердечного ритма [1, 2, 3]. Особенности variability сердечного ритма (ВСР) в процессе адаптации организма студента-спортсмена к занятиям плаванием с применением разных методик тренировки остаются мало изученными. В наше время большинство тренеров по плаванию убеждены, что плавание при помощи ног является более эффективным методом тренировки. Однако какова цена адаптации к таким нагрузкам?

Материалы и методы

В исследованиях ВСР участвовали две группы пловцов. В первой группе (в нее вошли спортсмены М и Г) применялась методика плавание «на руках» без участия ног. Для увеличения сцепления с водой и большей площадью опоры гребущей поверхности спортсмены плавали с техническими приспособлениями – «лопатками». Во второй группе пловцов (в нее вошли спортсмены А и Б) преимущественно использовалось плавание «на ногах». Для меньшего сцепления с водой применялись технические средства – «трубы». Дважды в день (до и после вечерней тренировки) в покое, в положении лежа, осуществлялась регистрация показателей ВСР по методике Р.М. Баевского. Запись показателей ВСР у спортсменов осуществлялась в начале, на протяжении и в конце сезона плавания. Из показателей вегетативной регуляции ритма сердца учитывались: ЧСС, RMSSD, SSND, AMo50%, SI, TP, HF, LF, VLF, ULF, HF%, LF%, VLF%.

Результаты и обсуждение

В данном исследовании рассматривались результаты адаптационных сдвигов показателей ВСР к концу плавательного сезона у спортсменов-пловцов, тренировавшихся с применением разных методов тренировки. Тренировки различной направленности по-разному воздействовали на функциональное состояние регуляторных систем организма.

В первой группе (плавание при помощи рук) наблюдались однонаправленные и положительные сдвиги в показателях ВСР у спортсменов М и Г. К концу исследования у них

наблюдалось снижение, по сравнению с исходным фоном, таких показателей как TP (активность регуляторных систем), SI и AMo50% (показатели активности симпатического канала регуляции ритма сердца), повышение всех спектральных показателей ритма сердца, рост показателей парасимпатической активности (RMSSD, SDNN). На рис. 1 представлена динамика показателей ВСР у спортсменов М и Г. Исследование реакции variability сердечного ритма на учебно-тренировочную нагрузку показало, что на всех этапах исследования реакция на нагрузку у них была адекватная.

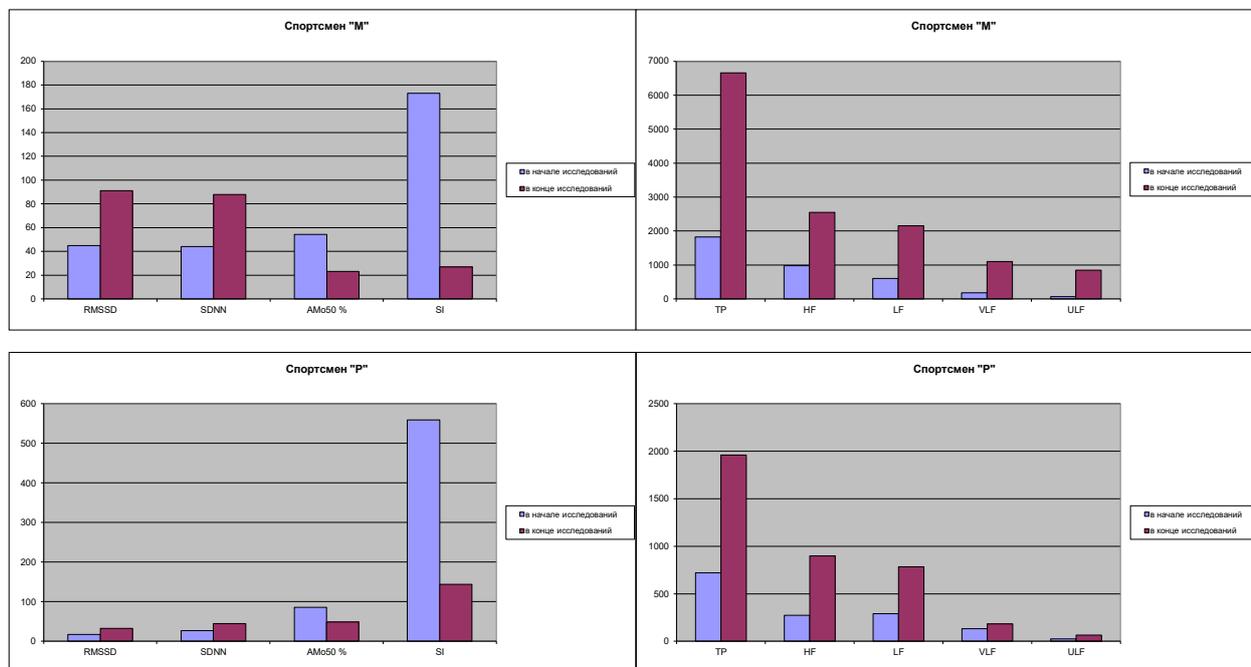


Рис.1. Динамика показателей ВСР у спортсменов М и Г под влиянием тренировочного процесса (первая группа)

Можно предположить, что подобный эффект объясняется тем, что при плавании «на руках» задержка дыхания мала, грудная клетка находится в относительно свободном состоянии, присасывающее действие грудной клетки сохранено, активизируется кровообращение в малом круге кровообращения за счет активной работы руками. Ноги при таком плавании неподвижны – идет отток крови от нижних конечностей. Однако такое объяснение требует дальнейшего изучения периферической и центральной гемодинамики.

Во второй группе (плавание «на ногах») наблюдалось резкое ухудшение самочувствия у спортсменов А и Б по субъективной оценке. По показателям variability ритма сердца к концу исследования, относительно исходного уровня, наблюдался выраженный рост активности регуляторных систем (TP), снижение всех спектральных показателей, рост показателей симпатической активности (SI, AMo50%) и снижение активности парасимпатической регуляции ритма сердца (RMSSD, SDNN). Динамика показателей ВСР у студентов-спортсменов А и Б представлена на рис. 2.

На протяжении исследования у спортсменов А и Б регистрировались парадоксальные реакции на учебно-тренировочные нагрузки. По видимому, к последнему этапу исследования указанные студенты были переутомлены.

Возможно, такую реакцию со стороны показателей variability сердечного ритма в ответ на плавание при помощи ног можно объяснить особой спецификой этой техники плавания. При этом в работу включены мышцы спины, ног и брюшного пресса. При активной работе этих мышечных групп поднимается диафрагма, повышается внутрибрюшное давление, а плечи находятся в напряженном, зажатом состоянии. Это приводит к некоторому уменьшению объема грудной клетки и потока крови через малый круг кровообращения. По, по нашему мнению, на это и указывают неблагоприятные сдвиги показателей ВСР. По-

видимому, к использованию большого объема плавания при помощи ног в тренировочном процессе студентов-спортсменов, необходимо подходить осторожно.

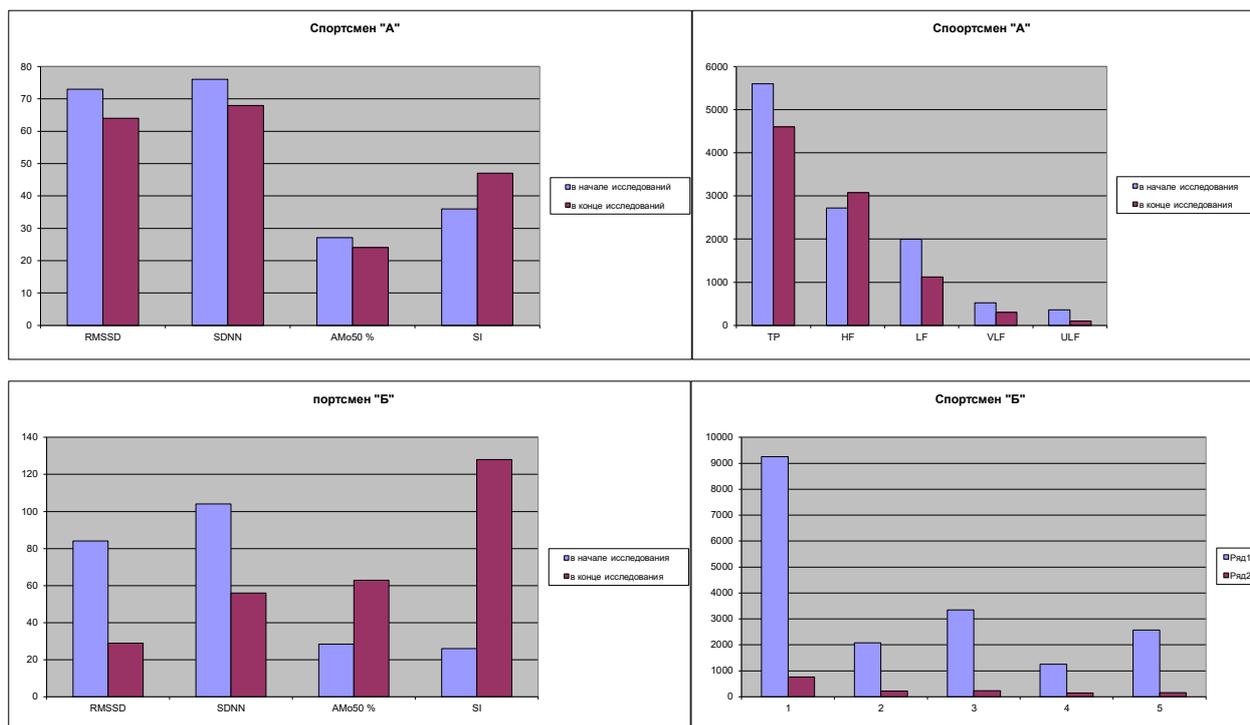


Рис. 2. Динамика показателей ВСР у спортсменов А и Б под влиянием тренировочного процесса (вторая группа)

Заключение

Тренировки пловцов разной направленности вызывают различные сдвиги в функциональном состоянии регуляторных систем организма. Применение плавания «на ногах» приводит к неблагоприятным сдвигам показателей ВСР, переутомлению спортсменов и должно применяться в тренировочном процессе в ограниченном объеме.

Список литературы

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 295 с.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 265 с.
3. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: изд-во «Удмуртский Университет», 2009. 259 с.

Heart rate variability in swimmers with different training methods

Gushturova I. V., *PhD, Assoc. Professor, gushturova-iv@mail.ru*

Mashanov V. S., *senior lecturer*

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

Abstract. The use of different training methods in swimmers causes adaptive shifts in various indicators of heart rate variability. Swimming with the help of hands causes positive changes in the indicators of heart rate variability, while swimming with legs causes deterioration of health, adverse shifts in heart rate variability and fatigue of athletes.

Keywords: sports training, swimming, heart rate variability, adaptation.

Персонифицированный подход к профилактике негативных эффектов сниженного уровня физической активности. Результаты эксперимента, моделирующего 120-суточный космический полет

^{1,3}Фомина Е.В., *д-р биол. наук, профессор, fomin-fomin@yandex.ru*

^{1,3}Дидковская Н.С., *n.didk@mail.ru*

^{2,3}Тимме Е.А., *канд. техн. наук, alpdem@yandex.ru*

¹ГНЦ Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, Москва

²ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, Москва

³Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Омск

Аннотация. Проведен анализ динамики работоспособности человека в условиях 4-месячной изоляции у участников эксперимента SIRIUS-18/19. В ходе изоляции уровень физической работоспособности оценивался с помощью велоэргометра, регистрации метаболических затрат в тесте со ступенчато-возрастающей нагрузкой в активном и пассивном режимах работы полотна бегущей дорожки, а также с использованием теста МО-3 на пассивной беговой дорожке. Анализ результатов показал, что система локомоторных физических тренировок высокой интенсивности и небольшой продолжительности, построенная на основе индивидуальных параметров ответа вегетативных систем организма на физическую нагрузку, позволила достаточно эффективно препятствовать снижению уровня двигательной активности у пяти добровольцев из шести. В среднем по группе наблюдалось повышение уровня физической работоспособности после изоляции.

Ключевые слова: *изоляционный эксперимент, работоспособность, снижение двигательной активности, функциональные тесты, управление тренировочным процессом.*

Введение

Проблема сохранения здоровья в условиях сниженного уровня двигательной активности является одной из актуальных проблем XXI века. Всемирная организация здравоохранения информировала, что более 60% населения Земли не достигают должного уровня двигательной активности, необходимого для поддержания и сохранения здоровья человека. Установлено, что регулярные занятия физическими упражнениями уменьшают риск развития хронических заболеваний, среди которых первым номером идут заболевания сердечнососудистой системы. Кроме этого, физические упражнения улучшают метаболизм глюкозы и толерантность к инсулину, снижая риск развития диабета II типа и риск преждевременной смерти. Регулярная физическая нагрузка способствует также улучшению сна и качества жизни в целом.

Разработка национальных и международных рекомендаций для улучшения здоровья взрослого человека с помощью обеспечения необходимого уровня двигательной активности подтверждает актуальность проблемы (профилактики негативных эффектов сниженного уровня двигательной активности) не только в физиологическом, но и в социальном аспекте. Функциональные и структурные перестройки в результате пребывания в условиях сниженного уровня двигательной активности ведут к снижению физической работоспособности. В тоже время известно, что чем выше уровень физической работоспособности, тем выше надежность функционирования систем организма, и наоборот, таким образом, уровень физической работоспособности может служить мерилем физического здоровья человека. Активно ведется подбор необходимой физической нагрузки достаточной интенсивности для достижения оптимального функционального состояния организма [1].

Количество исследований, направленных на поиск эффективных методов профилактики негативных последствий сниженного уровня двигательной активности, растет с каждым годом. Описаны эксперименты по изучению сниженного уровня двигательной активности длительностью 14 суток, 65 суток, 84 суток, 6 месяцев и 364 суток. Бег и ходьба являются естественными локомоциями человека как вида. В этой связи возник интерес к изучению возможности противостоять негативным влияниям снижения двигательной активности с помощью локомоторных тренировок высокой интенсивности, построенных на основе индивидуальных параметров ответа вегетативных систем организма на физическую нагрузку. Разработка принципов персонализированного подхода в противодействии снижению уровню двигательной активности достаточно актуальна как для современного человека на Земле, так и для практики длительных космических полетов [2].

Цель и задачи исследования

Целью исследования было научное обоснование оптимизации методов сохранения физической работоспособности человека в условиях снижения двигательной активности с помощью локомоторных физических тренировок высокой интенсивности. Одной из задач исследования являлась оценка влияния доли пассивного режима в четырехдневном микроцикле на уровень физической работоспособности добровольцев. В этой связи все добровольцы за период изоляции выполняли тренировочные микроциклы полностью в активном режиме (3 дня тренировок в активном режиме движения полотна дорожки и один день отдыха), с одним днем пассивного режима (2 дня тренировок на активной бегущей дорожке, один день на пассивной и один день отдыха), двумя и тремя днями пассивного режима соответственно.

Испытуемые, материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 6 членов экипажа, трое мужчин и три женщины в возрасте от 28 до 44 лет. Средний возраст участников составил $33,7 \pm 6,4$ лет, рост $175 \pm 9,6$ см, индекс массы тела $22,3 \pm 3,1$ кг/м².

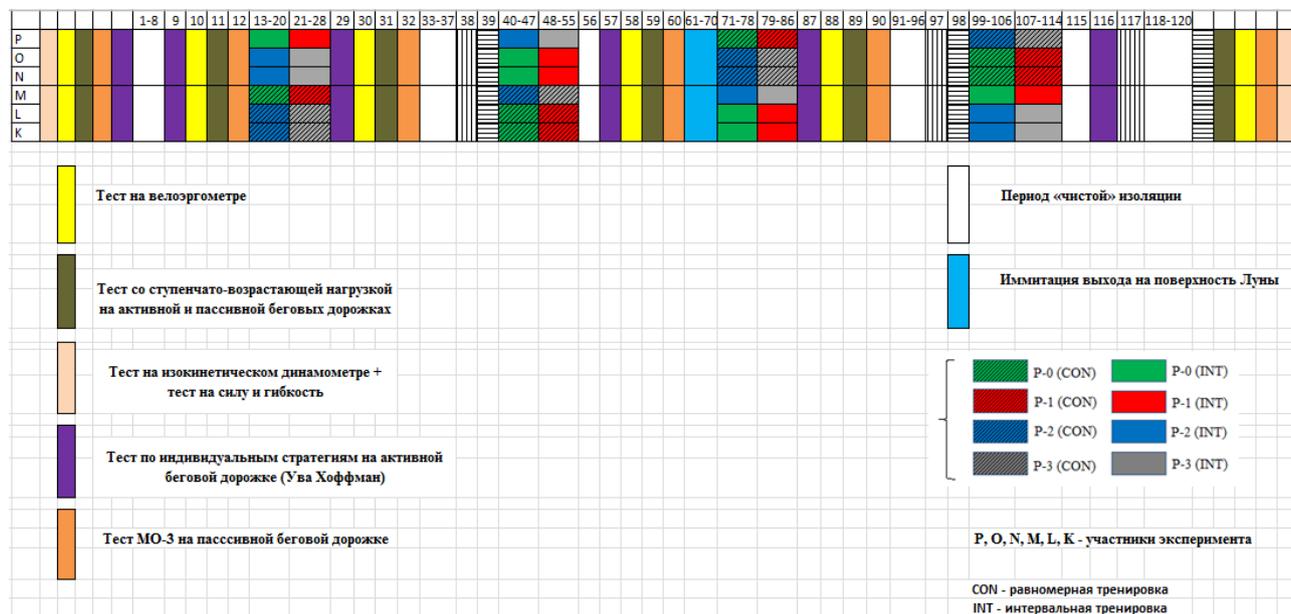


Рис. 1. Общая схема тренировок и тестирований в эксперименте

Физические тренировки строились по принципу 4-х дневного микроцикла и выполнялись интервальным и равномерным методом согласно регламенту физической активности. Интенсивность нагрузки рекомендовалась индивидуально на основе тестирования уровня физической работоспособности каждого члена экипажа до изоляции в тесте со ступенчато возрастающей локомоторной нагрузкой, выполняемой до отказа. Тренировки выполнялись на активной и пассивной беговых дорожках.

Continuous endurance training (CON-protocol)



Рис. 2. Протокол тренировки равномерным методом

Добровольцы выполняли микроциклы, различающиеся долей пассивного режима в разные периоды изоляции согласно схеме (рис. 1), это позволило избежать влияния монотонии, сопровождающей изоляцию. Кроме тренировочных периодов и тестовых сессий в эксперименте были предусмотрены и выполнены периоды «чистой» изоляции, без физических тренировок. Выполнение тренировок на активной и пассивной беговых дорожках проводилось с 13-х по 28-е сутки, с 40-х по 55-е сутки, с 71-х по 86-е сутки, с 99-х по 114-е сутки изоляции.

Interval endurance training (INT-protocol)

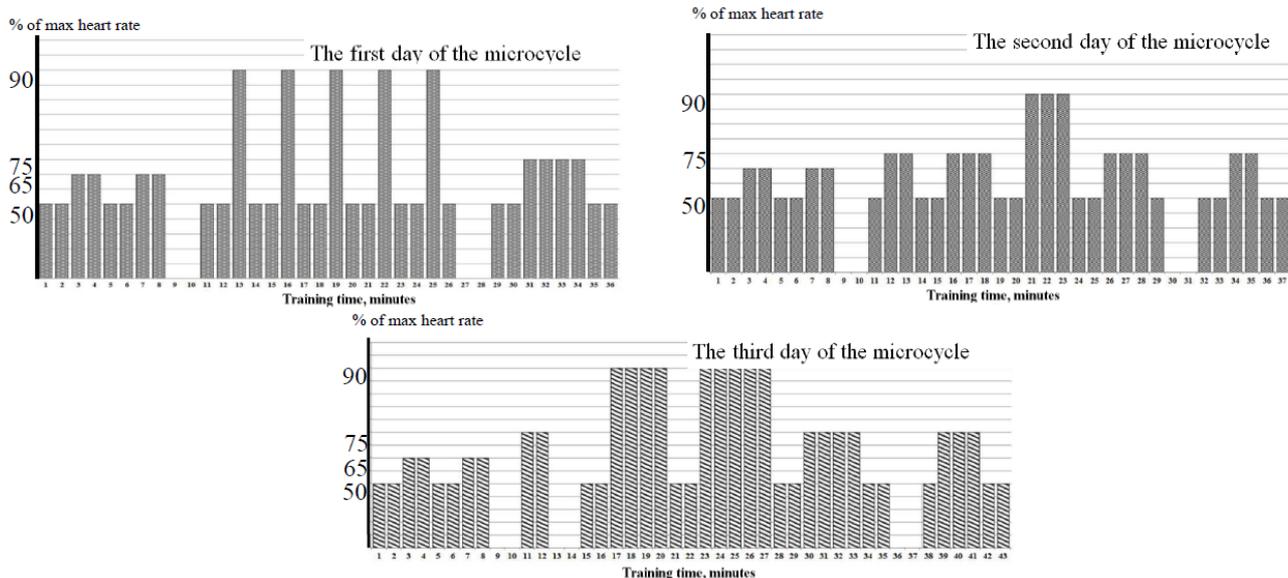


Рис. 3. Протоколы тренировок интервальным методом

Выполнение тренировок на активной и пассивной беговых дорожках проводилось с 13-х по 28-е сутки, с 40-х по 55-е сутки, с 71-х по 86-е сутки, с 99-х по 114-е сутки изоляции.

Протокол тренировки равномерным методом представлен на рис. 2, протоколы тренировок интервальным методом представлен на рис. 3.

Физические тренировки и тестирования выполнялись в модуле ЭУ-250. Было использовано следующее оборудование: беговая дорожка с активным движением полотна (h/p/cosmos KISTLER gaitway II S), беговая дорожка с пассивным режимом движения полотна (БД-1), велоэргометр (KETTLE R X7), монитор сердечного ритма Polar M400 с нагрудным ремнем и зарядным устройством.

Оценка уровня физической работоспособности до, во время и после изоляции выполнялась с помощью батареи из четырех тестов. Это были три стандартных теста на беговых дорожках и разработанный новый локомоторный тест, состоящий из ступенчато-возрастающей нагрузки на активной бегущей дорожке и ступенчато-возрастающей нагрузки на пассивной беговой дорожке. Кроме этого выполнялся тест на велоэргометре аналогичный штатному тесту, используемому для астронавтов NASA.

Выполнение теста на активной и пассивной беговых дорожках со ступенчато-возрастающей нагрузкой проводилось на 11-й, 31-й, 59-й и 90 дни изоляции (рис. 1). Локомоторный тест в активном и пассивном режимах представлял собой бег по беговой дорожке со ступенчато-возрастающей скоростью с длительностью ступени 30 секунд и приростом скорости 1 км/час.

Первоначально была изучена динамика максимальной скорости бега в тесте со ступенчато-возрастающей нагрузкой по всей группе добровольцев. Показано, что максимальная скорость бега после периода изоляции, оказалась выше, чем в фоне (рис. 4а).

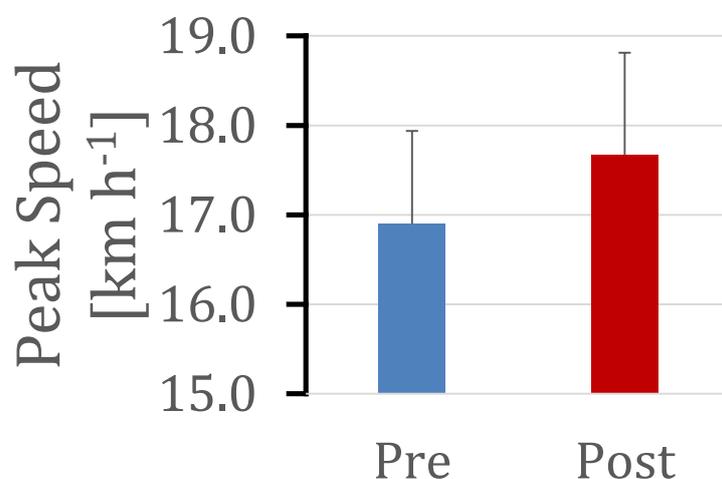


Рис. 4а. Максимальная скорость бега в тесте со ступенчато возрастающей локомоторной нагрузкой

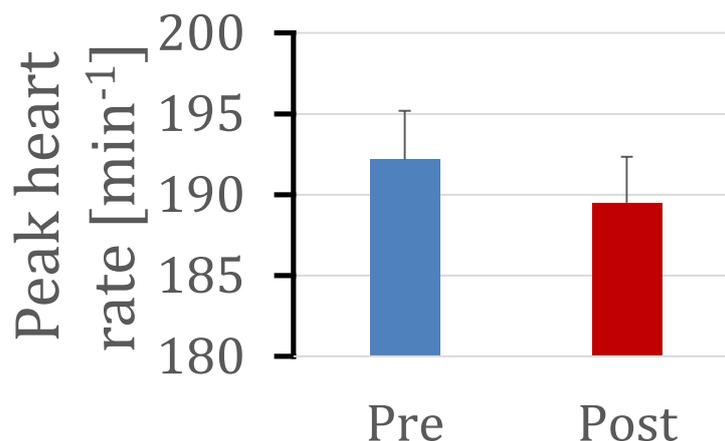


Рис. 4б. Максимальная частота сердечных сокращения на ступени максимальной скорости бега в тесте со ступенчато-возрастающей локомоторной нагрузкой

Максимальная частота сердечных сокращений на ступени максимальной скорости бега оказалась ниже, чем до изоляции, что свидетельствует о снижении физиологической стоимости нагрузки после периода изоляции с применением системы профилактики

негативных влияний сниженного уровня физической активности с помощью локомоторных физических тренировок (рис. 4б).

Анализ индивидуальных изменений максимальной скорости бега в тесте показал, что у четверых добровольцев этот показатель увеличился, а у двоих снизился (рис. 5а).

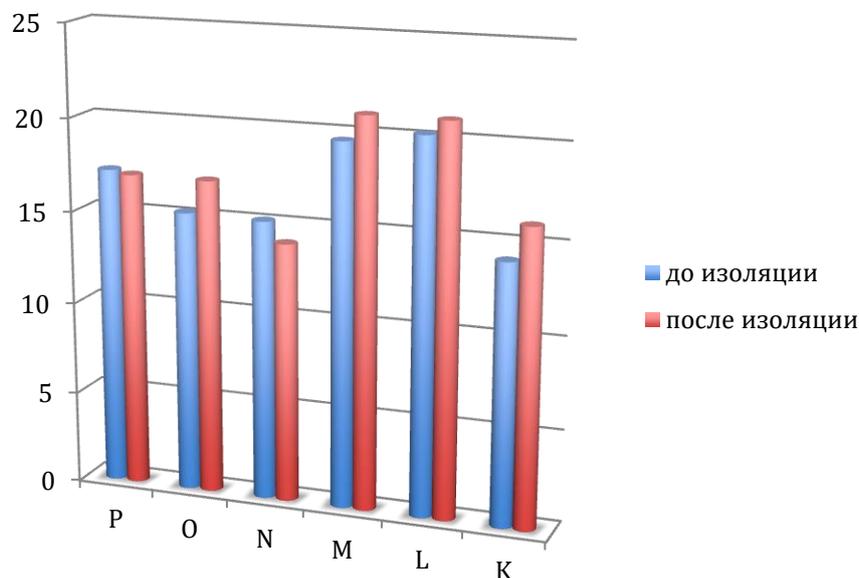


Рис. 5а. Индивидуальные показатели максимальной скорости бега

Различия в динамике изменения максимальной скорости позволили сделать предположение о том, что эти различия обусловлены мотивацией добровольцев при выполнении теста. В этой связи был вычислен объективный показатель, характеризующий ответ сердечнососудистой системы на физическую нагрузку [3, 4]. Физиологическая стоимость локомоторной нагрузки прямо пропорциональна ЧСС (ударов/мин) и обратно пропорциональна скорости бега (М/мин) (рис. 5б).

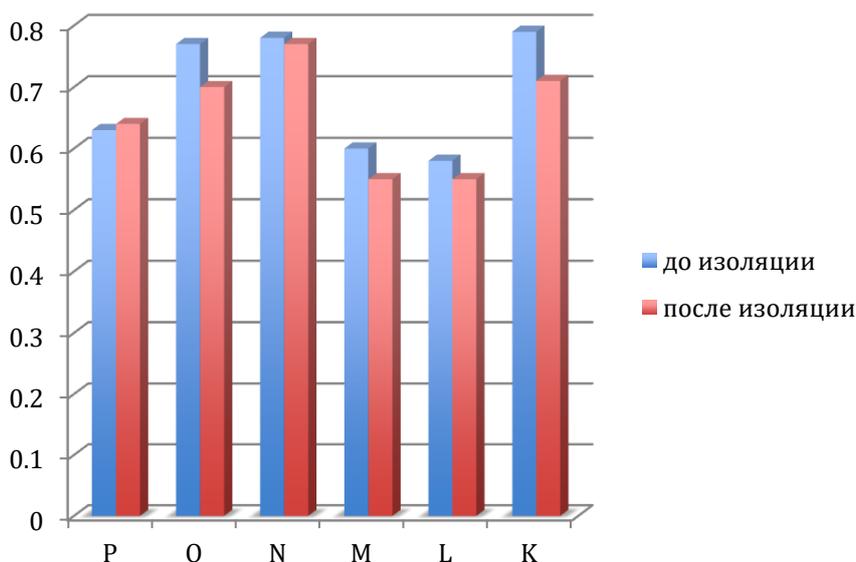


Рис. 5б. Физиологическая стоимость локомоторной нагрузки

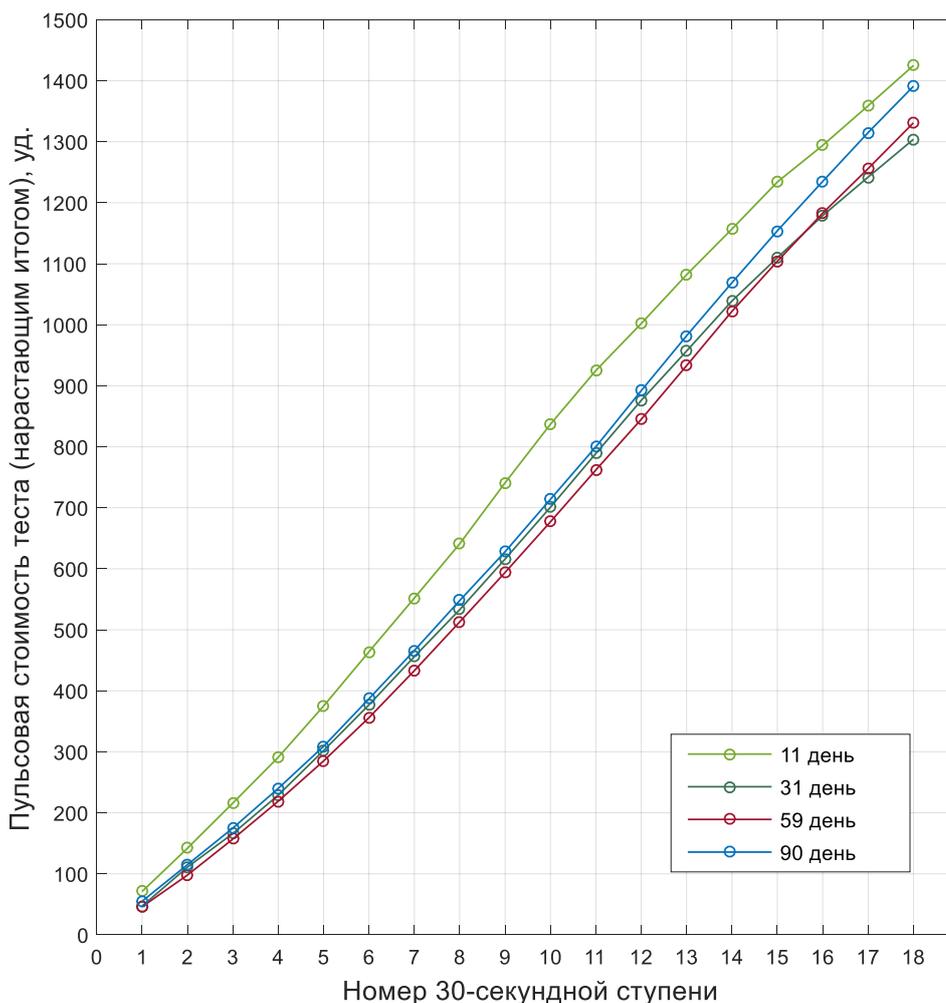


Рис. 6. Динамика накопления пульсовой стоимости во время локомоторного ступенчатого теста в пассивном режиме в различные дни изоляции (4-й испытуемый)

На рис. 6 показаны графики накопления пульсовой стоимости у одного испытуемого в различные дни изоляции. Анализируя данные графики можно видеть, что пульсовая стоимость каждой ступени и всего теста значительно снижается под действием тренировочной нагрузки вплоть до 59-го дня изоляции, т.е. тренированность возрастает и «физиологическая цена» теста снижается, а затем начинает повышаться, но незначительно.

Выводы

Обработка полученных в ходе исследования данных показала, что система локомоторных физических тренировок высокой интенсивности и небольшой продолжительности позволила эффективно препятствовать снижению уровня двигательной активности у пяти добровольцев из шести.

Наибольшее влияние на физиологическую цену тестов оказывали интервальные тренировки в пассивном режиме (увеличение физиологической цены у 5 из 6 испытуемых). В этом же режиме мы выявили снижение кислородного пульса у 83% испытуемых.

В среднем по группе наблюдалось повышение уровня физической работоспособности после изоляции. Параметры тренировок и изменения физической работоспособности добровольцев в настоящее время обрабатываются с целью построения математической модели, которая ляжет в основу системы поддержки принятия решения при управлении тренировочным процессом. Результаты работы можно отнести к технологиям двойного

назначения, разработка принципов персонифицированного подхода в противодействии сниженному уровню двигательной активности актуальна как для современного человека на Земле, так и для практики длительных космических полетов. Параметры тренировок и изменения физической работоспособности добровольцев в настоящее время обрабатываются с целью построения математической модели, которая ляжет в основу системы поддержки принятия решения при управлении тренировочным процессом для лиц с вынужденным дефицитом двигательной активности.

Работа поддержана грантом РФФИ №17-04-01826 и Программой фундаментальных исследований Президиума РАН №18 «Биомедицинские технологии: инновационные разработки», проект 0314-2018-0001.

Список литературы

1. Козловская И.Б., Пестов И.Д., Егоров А.Д. Система профилактики в длительных космических полетах // Авиакосм. и экол. медицина. 2008. Т. 42, № 6. С. 66–73.
2. Козловская И.Б., Ярманова Е.Н. Фомина Е.В. Российская система профилактики: настоящее и будущее // Авиакосм. и экол. медицина. 2013. Т. 47, № 1. С. 13–20.
3. Попов Д.В., Виноградова О.Л., Григорьев А.И. Аэробная работоспособность человека. М.: Наука, 2012. 112 с.
4. Баевский Р.М., Мотылянская Р.Е. Ритм сердца у спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 1986. 143 с.

Personalized approach to the prevention of the negative effects of reduced physical activity. Results of an experiment simulating a 120-day space flight

^{1,3}Fomina E. V., *DSci, Professor, fomin-fomin@yandex.ru*

^{1,3}Didkovskaya N. S., *n.didk@mail.ru*

^{2,3}Timme E. A., *PhD, alpdem@yandex.ru*

¹Russian Federation State Research Center Institute of Biomedical Problems, RAS, Moscow

²Moscow Center of Advanced Sports Technologies, Moscow

³Sobolev Institute of Mathematics of the Siberian Branch of RAS, Omsk

Abstract. A study was conducted to analyze the dynamics of human performance in the conditions of 4-month isolation in the participants of the experiment SIRIUS-18/19. During isolation, the level of physical performance was assessed using the following tests: a test to assess physical performance on the bicycle ergometer; registration of metabolic costs in the test with a step-increasing load first in the active mode of the web, and then in the passive mode of the treadmill web; MO-3 test performed on a passive treadmill. Our analysis showed that the system of locomotor physical training of high intensity and short duration, built on the basis of individual parameters of the response of the vegetative systems of the body to physical activity, made it possible to effectively counteract the decrease in the level of motor activity in five volunteers out of six. On average, the group experienced an increase in physical performance after isolation.

Keywords: isolation experiment, performance, reduction of motor activity, functional tests, management of the training process.

Дискретно-событийное моделирование спортивных рекордов на пути предела возможностей человека как биологического вида

Гладков В.Н., gladkov.vn@mossport.ru
ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, Москва

Аннотация. В статье выдвинута гипотеза о дискретно-событийном развитии видов спорта на пути достижения пределов человеческих возможностей как биологического вида.

Ключевые слова: развитие вида спорта, рекорд, предел биологический, период стабилизации.

Введение

Установленный мировой рекорд, показанный спортсменом, является комплексным совокупным продуктом всей истории развития спорта, вида спорта, спортивных наук в целом и большого числа людей, принимавших участие в подготовке спортсмена. В его состав входит не только подготовка и состояние спортсмена, но и уровень развития прогресса и развития общества.

Предыдущие исследования

Установление мирового рекорда является многофакторным результатом, который трудно поддается прогнозированию, тем более многолетнему. На данный период времени накоплено достаточно много данных по мировым рекордам в различных видах спорта, которые неоднократно подвергались анализу и прогнозу. Часто авторы выделяли периоды развития вида спорта, связывая их с периодами развития спорта в целом, с возрастом спортсмена, сменой методики тренировки, выделяя своего рода «ступени» [1,2,3,4] (рис. 1).

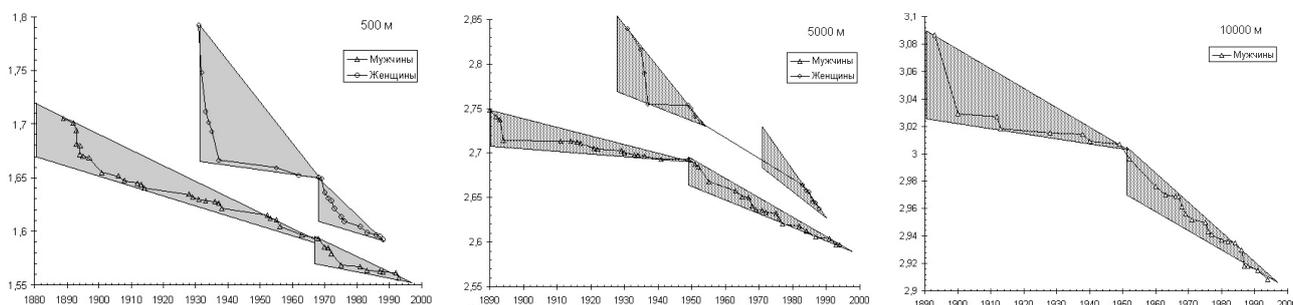


Рис. 1. Полулогарифмический график динамики мировых рекордов у мужчин и женщин в скоростном беге на коньках. По оси ординат – логарифм спортивного результата; по оси абсцисс – год установления мировых рекордов [4]

Так, Н.И. Волков и С.Ф. Сокунов заключали, что суммируя результаты проведенного ими количественного анализа роста мировых рекордов в скоростном беге на коньках, следует отметить, что в истории этого вида спорта произошли две кардинальные смены методики тренировки, вызвавшие выраженные изменения относительных темпов улучшения мировых рекордов. Первая смена произошла в пределах первых двух десятилетий (1911-1914 гг.), когда методы непрерывной длительной тренировки сменились практикой применения методов повторных упражнений; вторая смена, произошедшая в начале 50-х годов, знаменует собой начало широкого внедрения различных модификаций интервальной тренировки в спорте [4].

Мы же решили подойти к мировым рекордам с позиции рассмотрения их как предельные возможности биологического вида, которые, как ни странно, медленно, но постоянно увеличиваются. Тем самым мы смогли определить некоторые направления, которые помогают развитию спорта.

Методика и организация исследования

Для решения поставленных задач поэтапно проведен ряд исследований. На каждом этапе ставилась определенная цель и решались конкретные задачи.

Одним из основных направлений первого этапа исследования являлся обзор и анализ научной и научно-методической литературы по вопросам исследования. Особое внимание уделялось выявлению закономерностей мировых рекордов.

На втором этапе осуществлялся поиск основных тенденций, способствующих увеличению рекордов.

Третий этап включал в себя сопоставление данных первых двух этапов.

Четвертый этап – поиск прогнозируемых путей развития спорта.

Нами высказано предположение, что в конкретной деятельности человека, в том числе и спортивной, существует некий предел, к которому стремится результат и этот предел является пределом биологического вида. Человек же отличается от животных тем, что в процессе многолетней подготовки может влиять на свои возможности не только адаптируясь сам, но и влиять на свои приспособительные механизмы и возможности достижения результата.

Что могло бы предположительно указать на существование таких пределов? Во-первых – стремление кривой мировых рекордов к некоему пределу (рис. 2а). Во-вторых – снижение прироста результата от начала открытия спортивной дисциплины до сегодняшнего дня (рис. 2б).



Рис. 2. Эмпирические зависимости многолетних изменений спортивных показателей:
а – абсолютные значения мировых рекордов (y – мировые рекорды, x – годы),
б – относительный прирост мировых рекордов (y – величина прироста, x – годы)

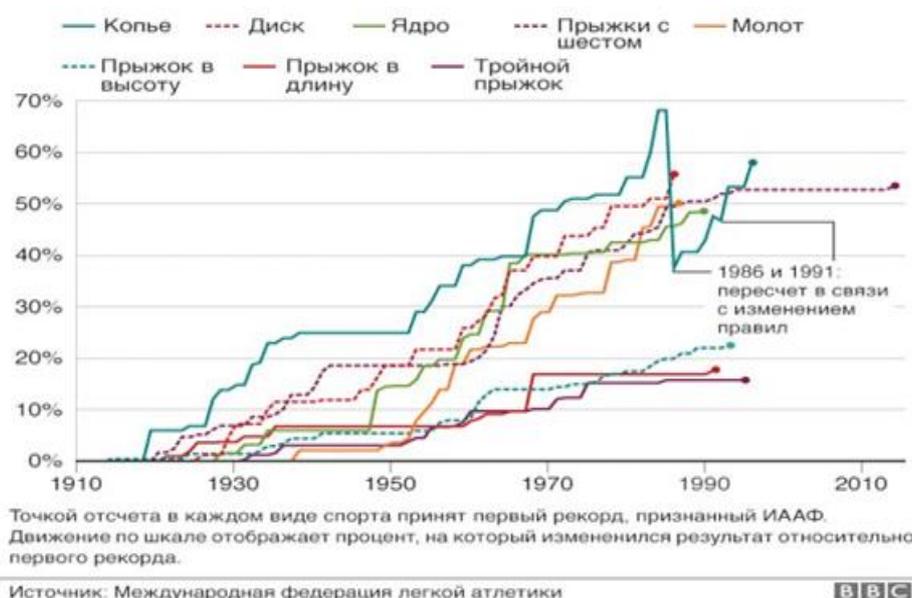


Рис. 3. Изменение мировых рекордов в соревнованиях по легкой атлетике среди мужчин (y – процент от первого зафиксированного рекорда, x – годы)

Если рассмотреть виды спорта, в которых многолетние показатели спортивных результатов напрямую зависят от психофизического состояния спортсменов при объективном судействе, такие как легкая атлетика или циклические виды спорта, то можно отметить их соответствие предположению о наличии биологических ограничений (рис. 3).

Рассмотрим данную картину на примере некоторых видов спорта (рис. 4). Несмотря на постоянный прирост результатов и, казалось бы, хаотических пиков подъема мировых рекордов, можно увидеть некоторую закономерность.

На примере прыжков в высоту можно выявить некоторую тенденцию замедления прироста спортивного результата даже без стабилизации рекорда в последние годы.

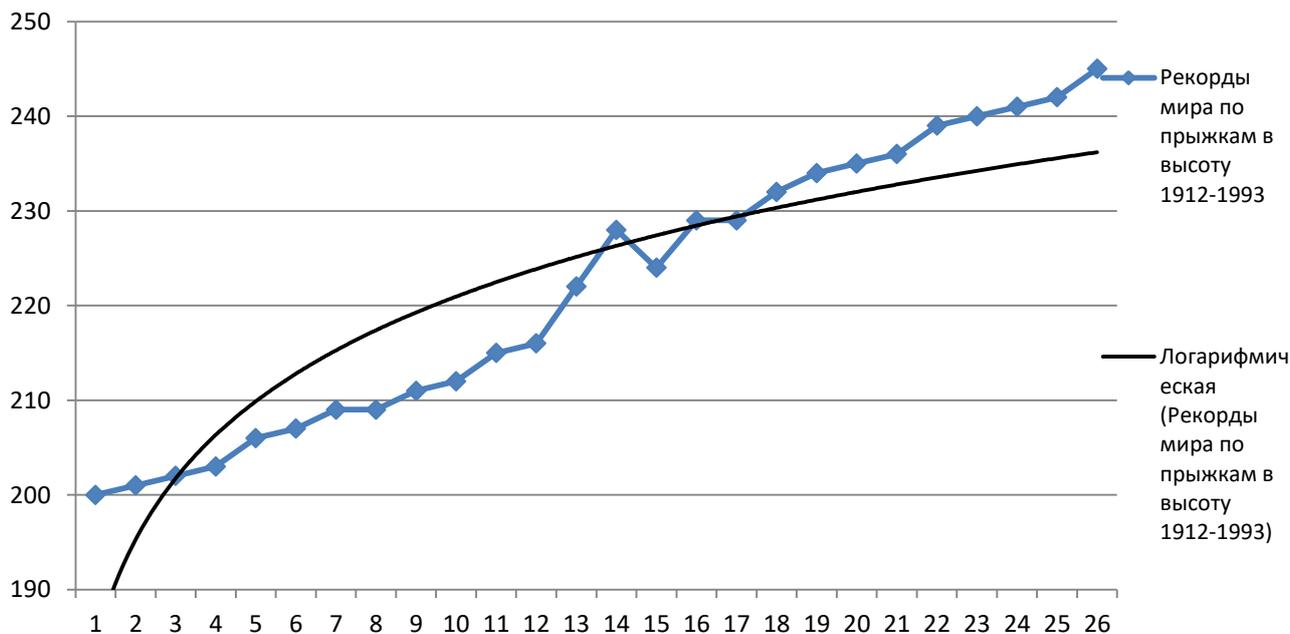


Рис. 4. Рекорды мира по прыжкам в высоту 1912-1993 (у – рекорд в сантиметрах; x – годы)

Ту же картину можно видеть и на этапах развития спортивного вида после очередного скачка мирового рекорда, что обусловлено применением инновационного метода, способствующего установлению рекорда и соотносением, адаптацией всей системы подготовки спортсменов в данном виде, как саморегулирующейся системы, к новым требованиям. Весь период развития данного вида спорта можно разложить на ряд основных периодов (рис. 5).



Рис 5. Основные периоды развития спорта, связанные с введением новых стилей (у – рекорд в сантиметрах; x – годы)

Более подробно на рис. 6, 7, 8 можно видеть этапы развития вида спорта, связанные с внедрением новых стилей прыжка.

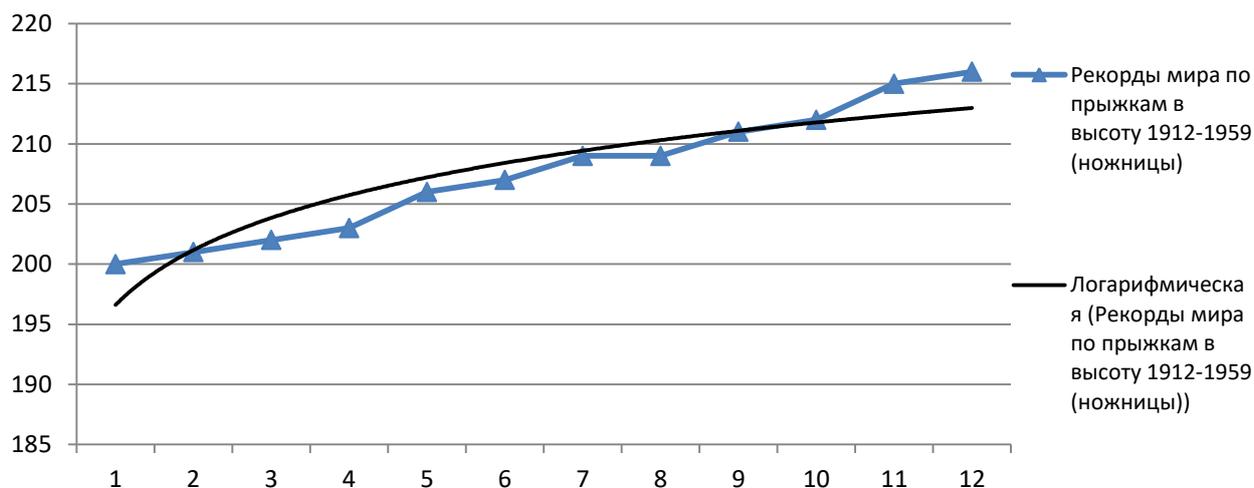


Рис. 6. Рекорды мира по прыжкам в высоту 1912-1959 (стиль – ножницы) (у – рекорд в сантиметрах; х – годы)

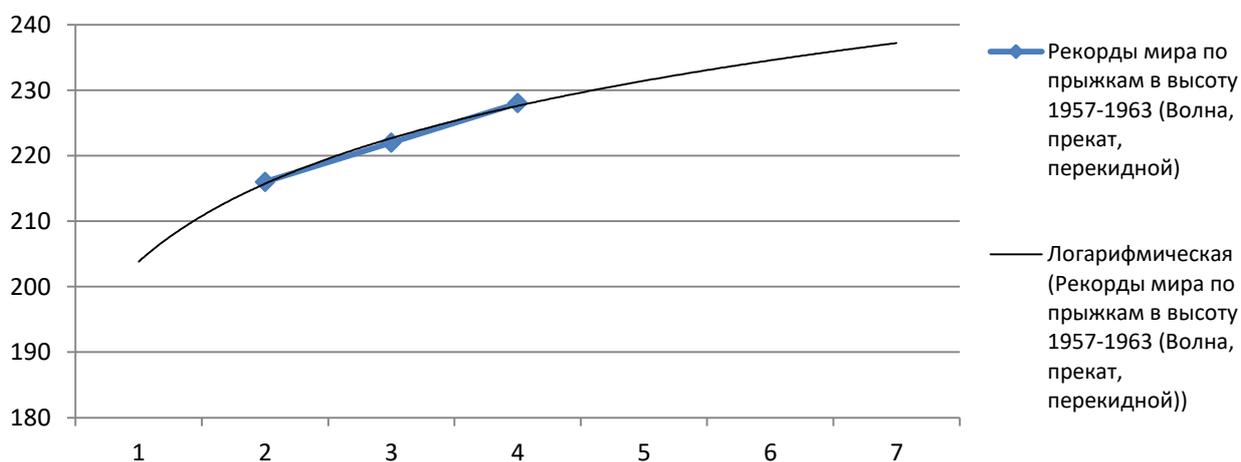


Рис. 7. Рекорды мира по прыжкам в высоту 1957-1963 года (стиль – волна, пережат, перекидной) (у – рекорд в сантиметрах; х – годы)

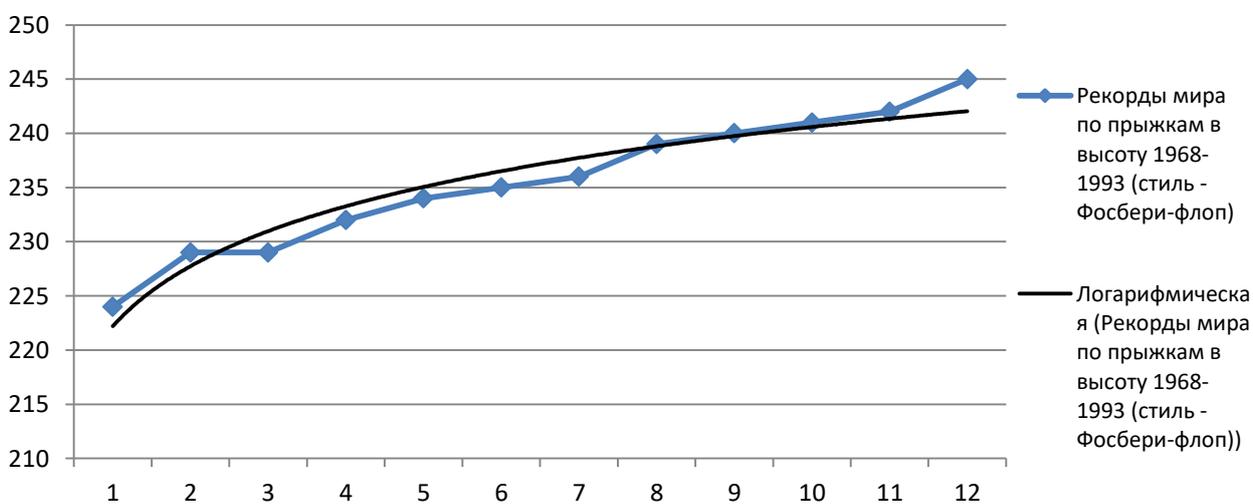


Рис. 8. Рекорды мира по прыжкам в высоту 1968-1993 (стиль – фосбери-флоп) (у – рекорд в сантиметрах; х – годы)

Достижение некоего предела подтверждается и снижением прироста результата в мировых рекордах (рис. 9).

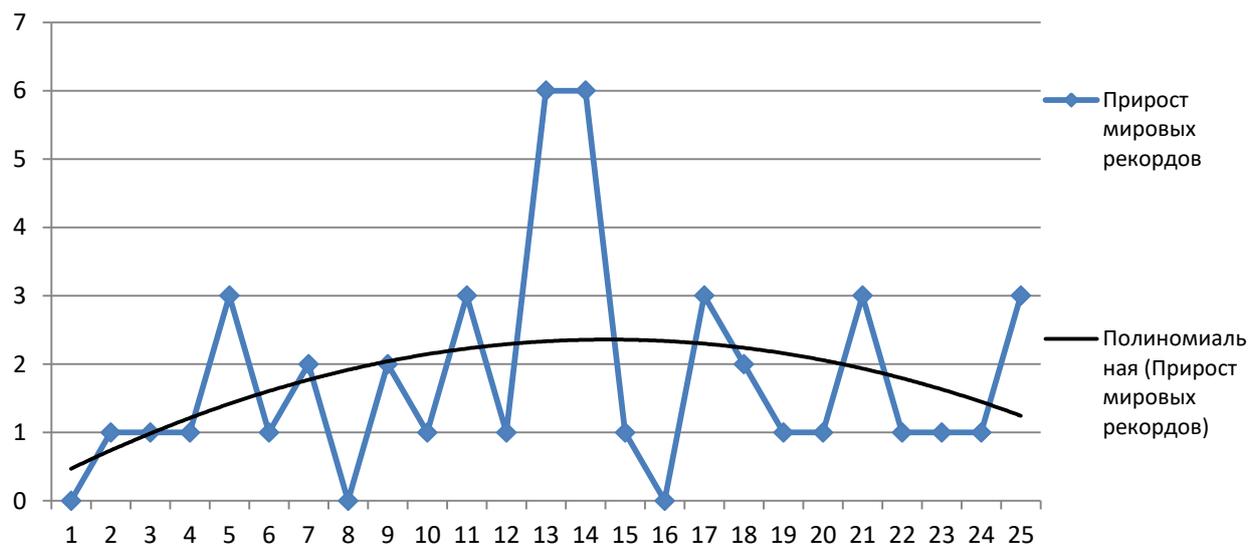


Рис. 9. Прирост мировых рекордов по прыжкам в высоту

Прирост результата классическим стилем с 1912 по 1959 год (47 лет) составил 16 см. Прирост результата стилем фосбери-флоп с 1968 по 1993 год (25 лет) составил 21 см. Стабилизация результата и выход на плато классическим стилем, заключающимся в падении прироста рекордов и увеличение количества спортсменов, которые способны показать данный результат или результат близкий к рекордному, способствовал поиску новых стилей (волна, пережат, перекидной) и в результате созданию стиля фосбери-флоп. Он позволил поднять планку видовых возможностей человека по прыжкам в высоту, но и здесь последнее время наблюдается выход на стадию стабилизации результатов.

Таким образом, видно, что рекорды мира, подвывая к некоему пределу человеческих возможностей, производят запрос на инновационные методы подготовки спортсменов, либо они обречены на застой. Это можно продемонстрировать тем, что в ряде дисциплин рекорды мира не обновлялись в течение практически 30 лет, что ведет к снижению привлекательности выступлений в этих видах спорта.

Такая же картина наблюдается и в других видах спорта. Например, в прыжках в длину (рис. 10).

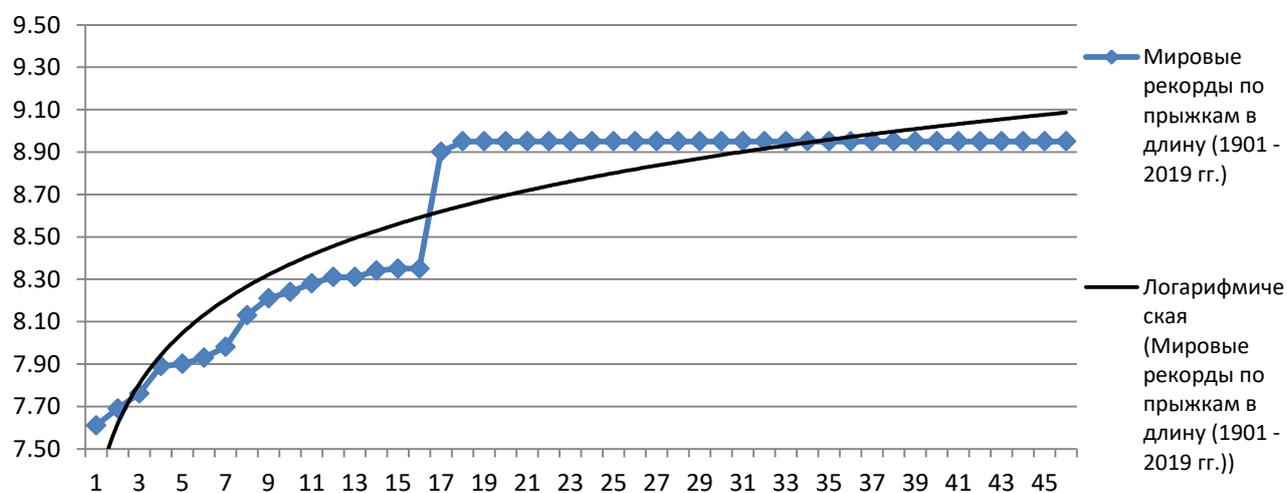


Рис. 10. Мировые рекорды по прыжкам в длину, 1901-2019 гг. (у – рекорд в метрах; х – годы)

Еще лучше данная картина прослеживается до установления двух последних рекордов мира (рис. 11), установленных спортсменами США Бобом Бимоном (8,90 м) в 1968 г. и Майком Пауэллом (8,95 м) в 1991. То, что эти рекорды не превзойдены до настоящего времени, только подтверждает нашу теорию о достижении этапных пределов биологических возможностей человека (рис. 10).

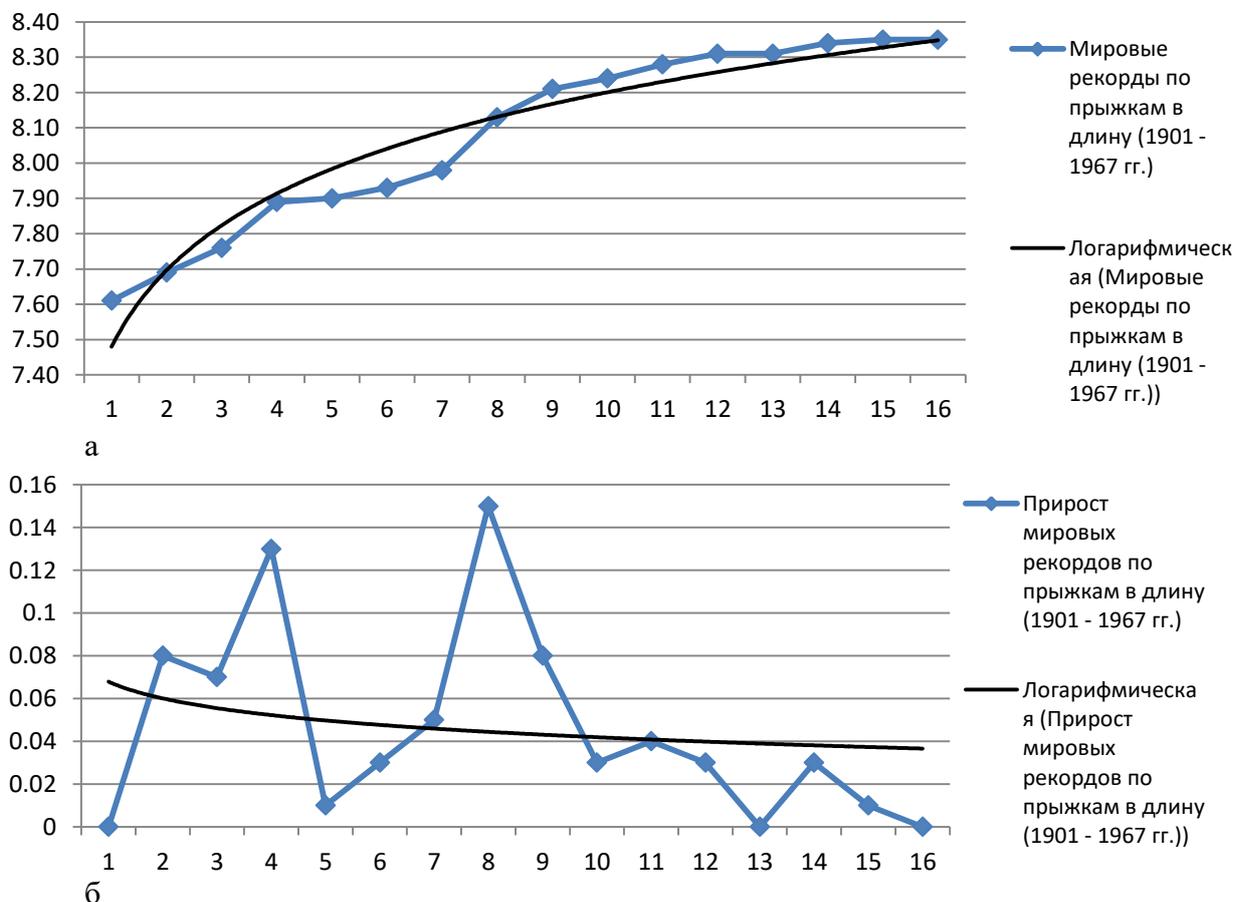


Рис. 11. Мировые рекорды по прыжкам в длину (а) (у – рекорд в метрах; х – годы) и прирост мировых рекордов (б), установленных с 1901 по 1967 годы (у – прирост рекорда в метрах; х – годы)

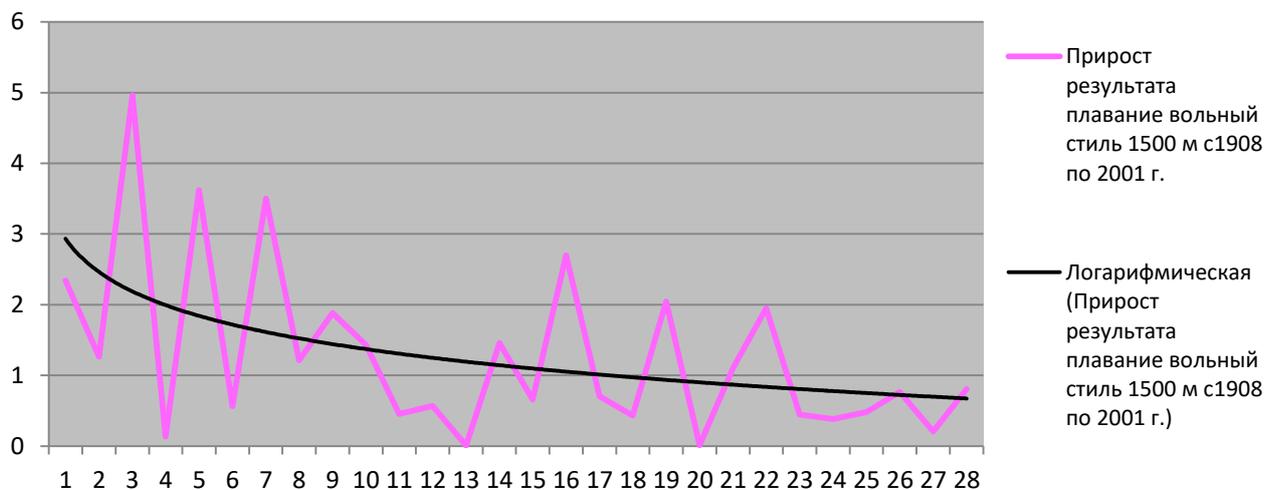


Рис. 12. Снижение прироста результата в плавании вольным стилем на дистанции 1500 метров с 1908 по 2001 г. (у – прирост рекорда в минутах; х – годы) [5]

Подобная картина наблюдается и в других видах спорта. Например, в плавании прирост мировых рекордов в начале составлял десятки минут, а в наше время – только сотые доли секунды (рис. 12).

Снижение прироста результата вызывает потребность поиска новых факторов, которые могут способствовать увеличению рекордов. Так в плавании американский пловец Дэвид Беркофф продемонстрировал так называемый «дельфиний толчок ногами» на Сеульской Олимпиаде 1988 года. Появление гидрокостюма, улучшающего гидродинамику пловца, способствовало установлению по оценкам его производителя, компании Speedo, 84 мировых рекордов за два года. Чемпионату по водным видам спорта в Риме предшествовали соревнования по плаванию на Олимпиаде в Пекине в 2008 году (25 новых мировых рекордов) и чемпионат мира по плаванию на короткой воде в Хорватии того же года (17 рекордов). В прыжках в высоту появление стиля фосбери-флоп и фиберглассового шеста в прыжках с шестом.

Рассмотрим еще один пример, когда достижения науки оказывают непосредственную роль на спортивные результаты. Интересно рассмотреть мировые рекорды в прыжках с шестом (рис. 13).

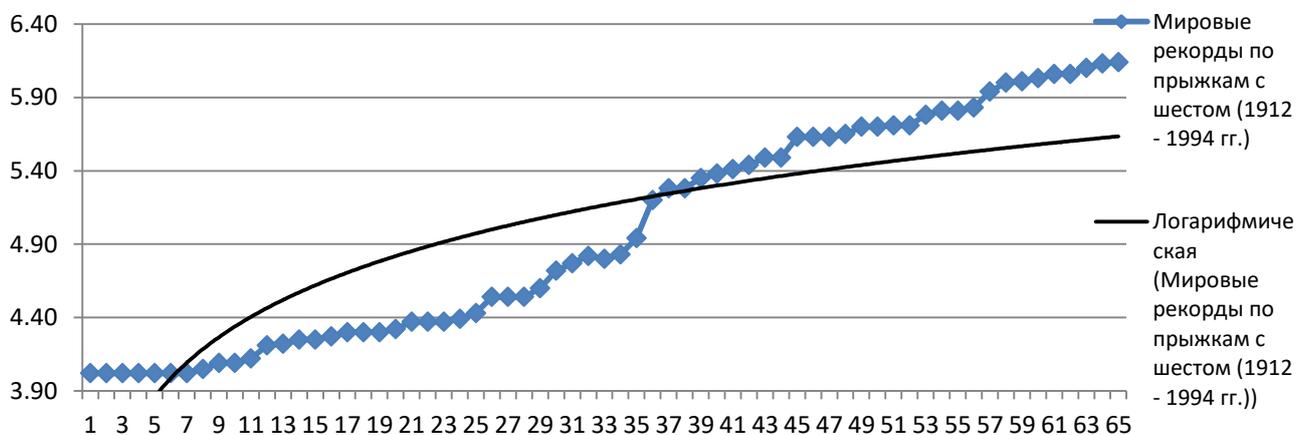


Рис. 13. Мировые рекорды по прыжкам с шестом (1912-1994 гг.)

Особенно хорошо видно влияние технического прогресса на прирост мировых рекордов в этом виде (рис. 14).

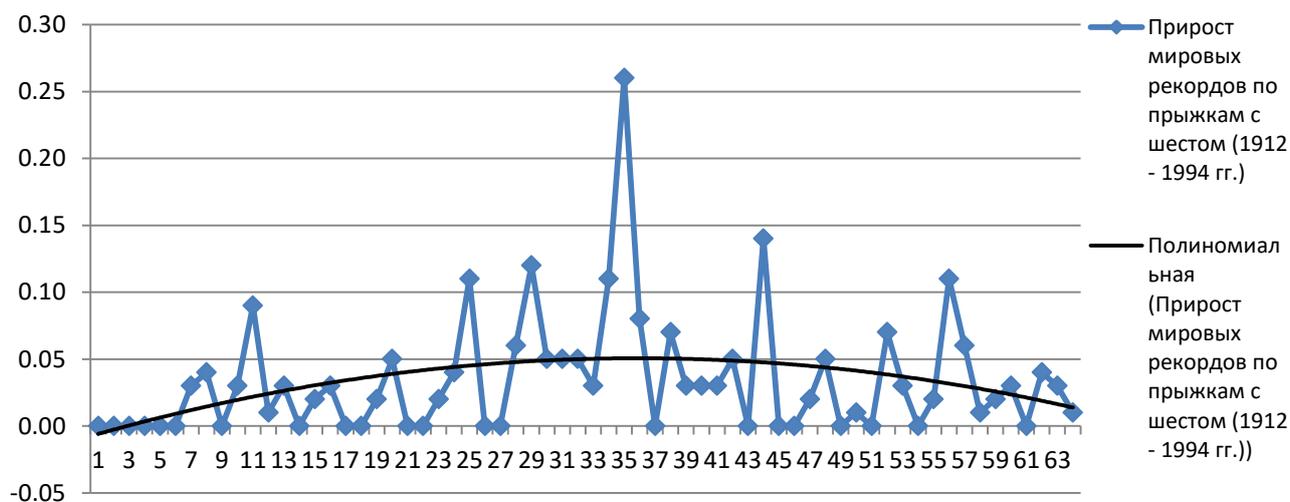


Рис. 14. Прирост мировых рекордов по прыжкам с шестом (1912-1994 гг.)

На графике выделяется пик, связанный с введением в спортивную дисциплину фиберглассового шеста.

Фактически весь период развития вида спорта можно поделить на два больших

периода. Период с 1912 года до 1957 года, когда все спортсмены прыгали с бамбуковым шестом и период, начавшийся в 1961 году и отрывшего эру фибerglassового шеста.

Учитывая приведенные выше примеры факторов, способствующих установлению рекордов их можно разделить на две группы: эндогенные и экзогенные.

1. Эндогенные факторы – влияющие непосредственно на организм спортсмена. Такие как фармакологические препараты, БАДы, методы подготовки спортсмена; введение интервальных тренировок, силовых циклов, периодов подводки к соревнованиям, смена стиля и пр.

2. Экзогенные факторы – непосредственно не влияющие на организм спортсмена, а только опосредованно, как правило, через технические устройства. Введение плавательного костюма, фибerglassового шеста, инновационного покрытия для горных и беговых лыж, развивающих тренажеров и т.д.

Если рассматривать мировые рекорды (особенно заметно на линиях тренда), то можно отметить, что в большинстве своем в них можно выделить два периода: период активного установления новых рекордов со значительным приростом результатов, и период стабилизации, когда кривая приближается к некоему пределу, имеет более плоский вид, с небольшим приростом результатов. Этот предел и будет являться для данного вида спортивной деятельности пределом биологического вида. Конечно, надо оговориться, что, учитывая инновационные достижения и научный прогресс человечества, данный предел надо рассматривать как промежуточный, этапный. Это подтверждает вся история развития спорта в целом.

Выводы

1. В истории мировых рекордов по видам спорта можно выделить два основных периода: период становления рекорда с максимальным приростом результата и период стабилизации рекорда с минимальным приростом результата.

2. Весь период мировых рекордов по виду спорта можно подразделить на субпериоды, обусловленные скачками мировых рекордов и введением в подготовку спортсменов инновационных методов и способов подготовки.

3. Каждый такой субпериод обусловлен периодом адаптации спортивной науки в целом к скачку мирового рекорда.

4. Период стабилизации мировых рекордов служит триггерным механизмом поиска новых инновационных подходов развития подготовки спортсменов, повышения их результативности.

5. Факторы, способствующие установлению мирового рекорда, можно разделить на эндогенные и экзогенные.

6. Достижения научного прогресса оказывают значительную роль в развитии спорта и спортивных наук, определяя зарождение нового этапного субпериода, проявляясь новым пулом мировых рекордов.

Практическая значимость

Установление закономерностей развития видов спорта способствует совершенствованию спортивной подготовки спортсменов.

Список литературы

1. Важны 3. Прогнозирование в системе подготовки // Спорт за рубежом. 1978. № 13, С. 4–7; № 15, С. 12–15; № 16, С. 10–12.

2. Чудинов В.И., Хордин А.В. (ред.) Возраст и спортивные достижения олимпийцев-76: Сборник научных трудов. М.: ВНИИФК, 1978.

3. Волков Н.И., Попов О.И. Историографический анализ рекордов в плавании // Теория и практика физической культуры. 1997. № 3. С. 31–37.

4. Волков Н.И., Сокунов С.Ф. Историография рекордных достижений в скоростном беге на коньках // Теория и практика физической культуры. 2000. № 5. С. 13–19.

5. Гладков В.Н. Некоторые особенности заболеваний, травм, перенапряжений и их профилактика в спорте высших достижений. М.: Советский спорт, 2007. 152 с.

Discrete-event modeling of sports records on the way to the limit of human capabilities as a biological species

Gladkov V. N., *gladkov.vn@mossport.ru*
Moscow Center of Advanced Sports Technologies, Moscow

Abstract. The article proposes a hypothesis about discrete-event development of sports on the way to reach the limits of human capabilities as a biological species.

Keywords: sport development, the record, the limit is biological, a period of stabilization.

Основные проблемы и задачи оценивания спортивных достижений

¹Мещеряков А.В., канд. биол. наук, доцент, *aleksei236632@yandex.ru*

²Ермолаев А.В., специалист

¹Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова

²Центр содействия развитию спорта и досуга, Ульяновск

Аннотация. В статье сформулирована проблема оценивания спортивных достижений. В данной проблеме выделены главные задачи определения эквивалентности спортивных результатов. Эквивалентность можно определить лишь на основе косвенных критериев. Рассмотрены возможные критерии эквивалентности, на основе которых могут быть построены шкалы очков и система оценок достижений в разных видах спорта и дисциплинах. Намечены перспективные направления развития основ информационного обеспечения соревновательной деятельности.

Ключевые слова: *спортивный результат, оценка, шкала оценки, эквивалентность, критерий*

Актуальность

В физическом воспитании и спорте специалисты постоянно оценивают достижения учеников при занятиях физической культурой, достижения отдельных спортсменов и команд, результаты деятельности спортивных коллективов и т.п. Проведение соревнований немислимо без определения результатов участников и их сравнения. Спортивные результаты измеряются и оцениваются при помощи определенных показателей (критериев) [1]. В зависимости от специфики соревновательной деятельности критерии оценки будут иметь отличия. Выбор показателя в каждом конкретном случае зависит от целей и методики оценки результатов, наличия или отсутствия технических устройств регистрации спортивных достижений, особенностей вида спорта или дисциплины и других условий. В современном спорте широкое применение находят рейтинговые, балльные оценки спортивных достижений [5]. Чаще всего подобная оценка основывается на статистических методах. Многие ученые в своих исследованиях применяют математические и кибернетические методы в науке о спорте и спортивной практике [2, 3, 4, 6].

Несмотря на важность проблемы оценивания спортивных достижений, ее теоретические основы остаются в настоящее время недостаточно разработанными [1].

Цель, задачи и направления исследований

Цель работы – формулировка проблем и задач оценки спортивных достижений, описание некоторых направлений исследований по обсуждаемой теме.

Главный постулат дальнейшего анализа состоит в том, что любая оценка может быть выполнена лишь на основе некоторой шкалы [6]. Наличие шкалы не всегда очевидно. Мы настолько привычно относимся к таким вещам, как выставление оценок школьными учителями, выполнение разрядных норм и т.п., что существование шкал порой остается незамеченным, но они существуют как обязательный (хотя может быть и неосознанный) логический элемент оценивания. Шкала может быть развернутой и явной (как в случае таблиц очков по видам спорта); она может сворачиваться до уровня пяти (как в школьных отметках) или даже двух (сдал/не сдал) балльных градаций. Но она всегда существует.

В проблеме оценивания спортивных результатов можно выделить три главные задачи:

1) Определение соответствия между достижениями разного уровня в одной и той же спортивной дисциплине (упражнении, виде многоборья). Математическим аналогом этой задачи является выбор типа шкалы и определение ее кривизны (в случае шкалы параболического типа – выбор показателя степени);

2) Определение соответствия между достижениями в разных спортивных дисциплинах. Определение достижений равной трудности в разных видах спорта или программы соревнований. Сопоставление спортивных результатов разного уровня. Математический аналог – выбор констант шкалы (кроме показателя степени);

3) Определение нормативов: определение количества нормативов и их численных значений. В отдельных случаях нормативы совпадают с градациями шкалы (школьные оценки, комплекс ГТО и т.п.). Математический аналог – выбор фиксированных точек шкалы. Решение указанных задач полностью определяет систему оценки.

Критерии оценки

Достижения в разных видах спорта непосредственно не соизмеримы. Именно поэтому эквивалентность спортивных результатов, под которой понимается одинаковая трудность, а также сложность, класс, уровень мастерства, можно определить лишь на основе косвенных критериев. Этот выбор должен состояться на основе логического анализа при понимании тех конкретных целей, ради которых вводится оценка. Математические вычисления рассматриваются чаще всего как самый существенный этап в построении шкалы оценок и выступают на передний план после того, как решены главные задачи: поставлена цель и выбраны возможные критерии оценки:

- 1) достижения, которые показывают одинаковое количество людей, равны по своей трудности (эквивалентны);
- 2) количество времени и труда, которое необходимо затратить, чтобы добиться определенного результата;
- 3) обобщенное мнение специалистов (спортсменов, тренеров, аналитиков);
- 4) мера соответствия уровня достижений запросам практики (критерий должных величин);
- 5) среднее количество очков в разных номерах программы многоборья;
- 6) равенство дисперсий набираемых очков;
- 7) равенство корреляции с суммой многоборья;
- 8) параллельность кривой мировых рекордов в параметрическом графике.

Заключение

Таким образом, рассмотрены некоторые критерии эквивалентности, на основе которых могут быть построены шкалы оценки спортивных достижений в разных видах спорта и дисциплинах. Возможно, должны быть учтены лишь некоторые из них. Насколько будут совпадать или отличаться системы оценок, построенные на основе разных критериев? Какая комбинация критериев является наилучшей? На эти вопросы пока нет четких однозначных ответов. Их проработке следует уделить значительное внимание, поскольку оценки результатов тестирования, выполнения норм ВСК ГТО, выступления команд на Олимпийских играх и т.п. – все это частные случаи общей проблемы оценивания спортивных достижений.

Публикация подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №18-07-00299, 18-07-00227.

Список литературы

1. Бунин В.Я. Теоретико-методические основы информационного обеспечения соревновательной деятельности в волейболе. Дисс. ... канд. пед. наук. – Минск, 1980. 236 с.
2. Зацюрский В.М. Кибернетика, математика, спорт (применение математических и кибернетических методов в науке о спорте и в спортивной практике). М.: Физкультура и спорт, 1969. 199 с.
3. Левушкин С.П., Мещеряков А.В. О научно-методическом обеспечении подготовки высококвалифицированных спортсменов в рамках работы комплексных научных групп // Теория и практика физической культуры. 2018. № 5 (961). С. 43.

4. Левушкин С.П., Мещеряков А.В. Физическое состояние студентов и совершенствование их подготовки к реализации физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне». М.: Издательство Онто-Принт, 2018. 184 с.

5. Смирнов Ю.И., Муравьев П.Б. Применение методов рейтинга в оценке спортивных достижений. М.: МОГИФК, 1989. 48 с.

6. Эпов О.Г., Мещеряков А.В. Критерии оценки уровня физической подготовленности у представителей различных ударных видов олимпийских единоборств // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2019. Т. 14, № 1. С. 74–80.

The main problems and tasks of evaluation of sports achievements

¹Meshcheryakov A. V., *PhD, Associate Professor, aleksei236632@yandex.ru*

²Ermolaev A. V., *specialist*

¹Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N. Ulyanov,

²Center for the promotion of sports and leisure, Ulyanovsk

Abstract. The article formulates the problem of assessing sports achievements. In the problem of assessing sports achievements, the main tasks of the equivalence of sports results are highlighted. That is why the equivalence of sports results can be determined on the basis of indirect criteria. Possible equivalence criteria are considered, on the basis of which point scales and a system for assessing sports achievements in different sports and disciplines can be built. Promising areas for the development of the basics of information support of competitive activity are outlined.

Keywords: sports result, assessment, rating scale, equivalence, criterion.

О некоторых актуальных задачах исследований состава тела спортсменов

Руднев С.Г., канд. физ.-мат. наук, доцент, sergey.rudnev@gmail.com
ФГБУН Институт вычислительной математики им. Г.И. Марчука РАН,
ГБУ «Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

Аннотация. Рассмотрены основы методологии исследований состава тела человека, представлена классификация моделей состава тела. Приводятся сведения об иерархии, точности, сопоставимости методов оценки состава тела и результатах их применения у спортсменов. Описаны перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: состав тела спортсменов, модели и методы изучения, спортивная информатика.

Введение

Состав тела является важной морфологической характеристикой физической работоспособности, спортивных результатов и здоровья спортсменов [1, 18, 36]. Анализ состава тела востребован в спортивной антропологии и медицине при решении задач спортивного отбора, мониторинга нутритивного статуса и состояния тренированности в годичном цикле подготовки, для профилактики перетренированности и травматизма, объективного контроля процессов восстановления в реабилитационном периоде, в процедурах сгонки веса и при анализе функциональных асимметрий. Цель работы – характеристика методологических основ науки о составе тела и актуальных направлений исследований состава тела спортсменов.

Методические вопросы оценки состава тела

Под составом тела принято понимать структуру массы тела [15]. Различные представления массы тела в виде суммы масс ее компонент называют моделями состава тела. Модели состава тела предложены для каждого уровня структурной организации биологической системы, от элементного и молекулярного уровней до уровня целостного организма [39] (рис. 1).

Исторически одной из первых была предложена 4-компонентная модель состава тела тканевого уровня Й. Матейки [21]. В ее рамках масса тела человека представлена как сумма масс подкожной жировой ткани вместе с кожей, скелетных мышц, скелета и остатка, оцениваемых на основе антропометрических расчетных формул. Ввиду сомнительной точности указанных расчетных формул [12], низкой доступности эталонных методов оценки состава тела тканевого уровня (рентгеновской компьютерной и магниторезонансной томографии) и несравнимости моделей состава тела, относящихся к различным уровням организации биологической системы, в настоящее время эта модель используется редко.

С появлением в середине-второй половине 20 века методов подводного взвешивания и изотопного разведения, а затем метода рентгеноденситометрии наибольшее распространение получили модели молекулярного уровня. В рамках традиционной двухкомпонентной модели молекулярного уровня масса тела представлена в виде суммы жировой (масса всех липидов) и тощей массы (масса остатка) [35]. В этом случае измеренные значения плотности тела преобразуют в оценку тощей и жировой массы на основе известных плотностей указанных компонентов тела (инварианты состава тела). Традиционно для измерений плотности тела ранее использовался метод подводного взвешивания, а в последние годы чаще применяется более удобный, оперативный и неинвазивный метод воздушной плетизмографии. По аналогии с двухкомпонентной моделью получают трех- и четырехкомпонентные модели состава тела в результате сочетанного применения двух или трех методов [32, 35]. Четырехкомпонентная модель является эталоном при проверке точности оценок жировой и тощей массы. В. Сири, автор двухкомпонентной и

трехкомпонентной моделей состава тела молекулярного уровня [35], был научным руководителем и участником первого успешного американского восхождения на г. Эверест – самую высокую горную вершину мира – в 1963 году, а из исследователей состава тела впервые взойти на вершину Эвереста удалось Д. Вагнеру в 2010 году [37]. Интересно, что снижение веса в результате восхождения на Эверест происходило у данного опытного спортсмена-альпиниста только за счет уменьшения жировой массы.



Рис. 1. Уровни организации биологической системы и модели состава тела [42]

Таблица 1

Методы оценки состава тела

Уровень структурной организации биологической системы	Метод оценки состава тела
Элементарный	Нейтронный активационный анализ, метод определения естественной радиоактивности всего тела
Молекулярный	Антропометрия, биоимпедансный анализ, воздушная плетизмография, метод инфракрасного отражения, подводное взвешивание, рентгеноденситометрия
Клеточный	Биоимпедансный анализ, метод определения естественной радиоактивности всего тела, методы разведения индикаторов
Тканевой	Антропометрия, магниторезонансная и рентгеновская компьютерная томография
Все тело	Антропометрия, трехмерное лазерное фотонное сканирование

Все существующие методы оценки состава тела *in vivo*, включая эталонные методы, являются непрямыми. Некоторые из них, такие как антропометрия, биоимпедансный анализ и метод инфракрасного отражения, классифицируются как двойные не прямые. Для их калибровки используются эталонные методы. Получаемые формулы для оценки состава тела, как правило, применимы для людей определенного возраста, пола, этнической принадлежности и уровня физической активности. Двойные не прямые методы менее точны, но более доступны, удобны и относительно недороги, и потому сравнительно широко используются в популяционных скрининговых исследованиях [8, 27] и спортивной медицине [23]. Эталонные методы оценки состава тела применяются сравнительно редко, однако они необходимы для калибровки и проверки точности двойных не прямых методов. Примерами новых методов являются ультразвуковая калиперометрия [38] и метод трехмерного лазерного фотонного сканирования, служащий потенциальной заменой традиционной

комплексной антропометрии [17]. В спортивной антропологии и медицине чаще применяются антропометрия и биоимпедансный анализ, при этом растет частота использования рентгеноденситометрии и воздушной плетизмографии.

Соответствие некоторых методов оценки состава тела и уровней структурной организации человека представлено в табл. 1. Основной проблемой использования разного оборудования для оценки состава тела является потенциальная несравнимость данных и необходимость взаимной калибровки.

Состав тела спортсменов

Для антропометрической и биоимпедансной оценки состава тела спортсменов формулы для общей популяции могут быть неточны, поэтому чаще применяются специальные прогнозирующие формулы [20, 23]. Например, в случае использования биоимпедансных анализаторов Tanita или Inbody это достигается путем установки соответствующей моды измерений. При измерениях разными типами биоимпедансных анализаторов могут отличаться не только оценки параметров состава тела, но и измеренные значения импеданса [34]. Показано, что взаимная калибровка первично измеряемых параметров импеданса дает возможность сопоставления оценок состава тела на групповом, но не индивидуальном уровне [29, 34]. Оценки состава тела могут также отличаться при применении разных типов калиперов [4, 19] и рентгеноденситометров [24]. При мониторинге изменений состава тела спортсменов и обследовании спортивной команды рекомендуется использовать один и тот же тип анализатора состава тела при строгом соблюдении методики проведения обследования [26]. Желательно, чтобы измерения выполнял один и тот же оператор. В работе [25] показано, что нормализация измеренных значений импеданса происходит уже к концу первого часа после получасовой тренировки на беговой дорожке средней интенсивности, однако для измерений целесообразнее использовать утреннее время до начала тренировок.

Значимым индикатором функционального состояния спортсменов может служить фазовый угол импеданса [13]. Выявлена потенциальная применимость векторного анализа биоимпеданса (БИВА) для оценки изменений гидратации в результате интенсивной тренировки [10].

Увеличилась доступность рентгеноденситометрии [24] и опубликованы референтные данные состава тела спортсменов на ее основе [30]. Однако следует иметь в виду, что данный метод оказался неточен при оценке сезонных изменений состава тела у элитных дзюдоистов [31].

Важной характеристикой морфологического статуса спортсменов является тип телосложения (соматотип). Самой распространенной схемой оценки телосложения является трехкомпонентная схема Хит-Картера, в рамках которой рассчитывают выраженность компонентов эндоморфии (степень развития жировой ткани), мезоморфии (степень развития скелета и мышц) и эктоморфии (степень вытянутости тела) на непрерывной количественной шкале, а результат представляют на плоском рисунке – соматограмме [8]. Преимущество такого представления в сравнении с оценками отдельных компонентов массы тела заключается в целостном описании типа телосложения. В работе [16] была установлена более высокая информативность соматотипа, определяемого по схеме Хит-Картера, у триатлонистов – участников соревнования Ironman-Швейцария – в сравнении с параметрами состава тела при прогнозировании времени прохождения дистанции. В связи с установленной возможностью оценки соматотипа по схеме Хит-Картера в рамках стандартной процедуры биоимпедансного обследования [7, 9] представляет интерес проверка применимости данного подхода у спортсменов.

Сведения о составе тела спортсменов в России по большей части ограничиваются результатами поперечных выборочных исследований. Сколь-нибудь подробные данные проспективных исследований на сегодняшний день отсутствуют. Эталонные методы, такие как воздушная плетизмография и четырехкомпонентная модель состава тела молекулярного уровня, не применялись. До сих пор нередко применяется модель Матейки несмотря на

неизвестную точность соответствующих формул у спортсменов и несопоставимость с оценками состава тела в традиционной двухкомпонентной модели (так как масса жировой ткани по Матейке и жировая масса тела в модели молекулярного уровня – это не одно и то же). Одно из преимуществ использования биоимпедансометрии заключается в возможности стандартизации получаемых оценок состава тела по данным для общей популяции [5].

Обсуждение и выводы

Биоимпедансный анализ и антропометрия являются наиболее распространенными методами скрининговой оценки состава тела спортсменов. Увеличивается доступность рентгеноденситометрии, внедряются новые методы, такие как воздушная плетизмография и трехмерное лазерное фотонное сканирование. Получены модельные характеристики состава тела спортсменов для многих видов спорта [1, 2, 18, 22, 30, 36]. Эталоном оценки состава тела является четырехкомпонентная модель молекулярного уровня [32]. Много внимания в современной литературе уделяется вопросам точности и сопоставимости оценок состава тела спортсменов.

Данные по изучению состава тела российских спортсменов разобщены, сопоставимость этих данных находится под вопросом. Валидация методов оценки состава тела у российских спортсменов не проводилась, базы данных комплексных обследований элитных спортсменов в годичном цикле подготовки отсутствуют.

Актуальными направлениями исследований состава тела в области спортивной информатики являются создание проспективных баз данных комплексных обследований спортсменов, включение параметров состава тела в модели успешности соревновательной деятельности, разработка алгоритмов и программного обеспечения для новых методов оценки состава тела, таких как лазерное фотонное сканирование. Представляет интерес математическое моделирование физиологических механизмов регуляции массы тела [14], а также структурно-функциональных и генетических/геномных ассоциаций состава тела спортсменов (см, например, [33]).

Текст представленного краткого обзора основан на материалах предшествующих публикаций автора [3, 28]. Дополнительную информацию по теме исследования можно найти в статье [6].

Список литературы

1. Башкиров П.Н., Лутовинова Н.Ю., Уткина М.И., Чтецов В.П. Строение тела и спорт. М.: Изд-во Московского ун-та, 1968. 236 с.
2. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. 248 с.
3. Руднев С.Г. Исследования состава тела спортсменов-скалолазов // Спортивная наука – скалолазам. Сборник материалов I научно-практической конференции по скалолазанию, 14-15 марта 2019 г. М.: ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, 2019. С. 22–28.
4. Руднев С.Г., Анисимова А.В., Синдеева Л.В. и соавт. Методические вопросы изучения вариаций подкожного жира: сравнение различных типов калиперов // Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. 2017. №3. С.4–26.
5. Руднев С.Г., Соболева Н.П., Стерликов С.А. и соавт. Биоимпедансное исследование состава тела населения России. М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. 493 с.
6. Рылова Н.В. Актуальные аспекты изучения состава тела спортсменов // Казанский медицинский журнал. 2014. Т. 95, №1. С. 108–111.
7. Синдеева Л.В., Руднев С.Г. Характеристика половозрастной изменчивости соматотипа по Хит-Картеру у взрослых людей и возможности его биоимпедансной оценки (на примере русского населения Восточной Сибири) // Морфология. 2017. Т. 151, № 1. С. 77–87.
8. Стародубов В.И., Мельников А.А., Руднев С.Г. О половом диморфизме ростовых показателей и состава тела российских детей и подростков в возрасте 5-18 лет: результаты массового популяционного скрининга // Вестник РАМН. 2017. Т. 72, № 2. С. 134–142.

9. Anisimova A.V., Godina E.Z., Nikolaev D.V., Rudnev S.G. Evaluation of the Heath-Carter somatotype revisited: new bioimpedance equations for children and adolescents. *IFMBE Proceedings*, vol. 54 (Eds. F. Simini, P. Bertemes-Filho). Singapore-Heidelberg: Springer, 2016. P. 80–83.
10. Carrasco-Marginet M., Castizo-Olier J., Rodriguez-Zamora L. et al. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) for measuring the hydration status in young elite synchronized swimmers // *PLoS One*. 2017. 12(6):e0178819.
11. Carter J.E.L., Heath B.H. *Somatotyping: development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 517 p.
12. Cattrysse E., Zinzen E., Caboor D. et al. Anthropometric fractionation of body mass: Matiegka revisited // *J. Sports Sci.* 2002. Vol. 20, N 9. P. 717–723.
13. Di Vincenzo O., Marra M., Scalfi L. Bioelectrical impedance phase angle in sport: a systematic review // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2019. 16(1):49.
14. Hall K.D. Computational model of in vivo human energy metabolism during semistarvation and refeeding // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2006. Vol. 291, N 1. P. E23–E37.
15. Heymsfield S.B., Lohman T.G., Wang Z., Going S.B. (eds.) *Human body composition* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, 2005. 533 p.
16. Kandel M. Body shape vs body composition as predictor on Ironman race performance // *Int. J. Sports Phys. Edu.* 2017. Vol. 3, N 3. P. 9–15.
17. Koepke N., Zwahlen M., Wells J.C. et al. Comparison of 3D laser-based photonic scans and manual anthropometric measurements of body size and shape in a validation study of 123 young Swiss men // *PeerJ*. 2017. 5:e2980.
18. Lukaski H.C. (Ed.) *Body composition: health and performance in exercise and sport*. Boca Raton: CRC Press, 2017. 400 p.
19. Marfell-Jones M.J., Stewart A.D., De Ridder J.H. *International standards for anthropometric assessment*. Wellington: International Society for the Advancement of Anthropometry, 2012. 131 p.
20. Matias C.N., Santos D.A., Júdice P.B. et al. Estimation of total body water and extracellular water with bioimpedance in athletes: A need for athlete-specific prediction models // *Clin. Nutr.* 2016. Vol. 35, N 2. P. 468–474.
21. Matiegka J. The testing of physical efficiency // *Am. J. Phys. Anthropol.* 1921. Vol. 4, N 3. P. 223–230.
22. McArdle W.D., Katch F.I., Katch V.L. *Sports and exercise nutrition*, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2008. 702 p.
23. Moon J.R. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2013. Vol. 67 (Suppl. 1). P. S54–59.
24. Nana A., Slater G.J., Stewart A.D., Burke L.M. Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2015. Vol. 25, N 2. P. 198–215.
25. Nickerson B.S., Esco M.R., Welborn B.A. et al. Time course toward baseline of hand-to-foot BIA measures following an acute bout of aerobic exercise // *Int. J. Exerc. Sci.* 2018. Vol. 11, N 2. P. 640–647.
26. NIH. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement // *Am. J. Clin. Nutr.* 1996. Vol. 64 (Suppl. 3). P. 524S–532S.
27. Olds T.S. One million skinfolds: secular trends in the fatness of young people 1951–2004 // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2009. Vol. 63, N 8. P. 934–946.
28. Rudnev S.G. Body composition in athletes: history, methodology and computational prospects, in: *Proceedings of the 12th International Symposium on Computer Science in Sport (IACSS 2019)*, ed. by M. Lames, A. Danilov, E. Temme, and Y. Vassilevski. Cham: Springer Nature Switzerland, 2020. P. 159–165.

29. Rudnev S.G., Burns J.S., Williams P.L., Lee M.M., Korrick S.A., Denisova T., Dikov Yu., Kozupitsa G., Hauser R., Sergeev O.V. Comparison of bioimpedance body composition in young adults in the Russian Children's Study // *Clin. Nutr. ESPEN*. 2019. Available online 16 November 2019. DOI: 10.1016/j.clnesp.2019.10.007
30. Santos D.A., Dawson J.A., Matias C.N. et al. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes // *PLoS One*. 2014. 9(5):e97846.
31. Santos D.A., Silva A.M., Matias C.N. et al. Accuracy of DXA in estimating body composition changes in elite athletes using a four compartment model as the reference method // *Nutr. Metab.* 2010. 7:22. DOI: 10.1186/1743-7075-7-22.
32. Selinger A. The body as a three component system. PhD thesis. University of Illinois, Urbana-Champaign, 1977. 544 p.
33. Silva A.M. Structural and functional body components in athletic health and performance phenotypes // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2019. Vol. 73, N 2. P. 215–224.
34. Silva A.M., Matias C.N., Nunes C.L. et al. Lack of agreement of in vivo raw bioimpedance measurements obtained from two single and multi-frequency bioelectrical impedance devices // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2019. Vol. 73, N 7. P. 1077–1083.
35. Siri W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods // In: Brozek J., Henschel A. (eds.) *Techniques of measuring body composition*. Washington: National Academy of Sciences, National Research Council. 1961. P. 223–234.
36. Tanner J.M. *The physique of the Olympic athlete*. London: Allen and Unwin, 1964. 126 p.
37. Wagner D.R. Body composition and hematological changes following ascents of Mt. Aconcagua and Mt. Everest // *Aviat. Space Environ. Med.* 2010. Vol. 81, N 11. P. 1045–1048.
38. Wagner D.A., Cain D.L., Clark N.W. Validity and reliability of A-mode ultrasound for body composition assessment of NCAA division I athletes // *PLoS One*. 2016. 11(4):e0153146.
39. Wang Z.M., Pierson R.N., Heymsfield S.B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research // *Am. J. Clin. Nutr.* 1992. Vol. 56, N 1. P. 19–28.

On some current issues of body composition studies in athletes

Rudnev S. G., *PhD*, sergey.rudnev@gmail.com

Marchuk Institute of Numerical Mathematics, RAS; Research Institute of Health Organization and Medical Management of the Moscow Department of Health, Moscow

Abstract. The body composition basics and classification of body composition models are described. Information is given on the hierarchy, accuracy, comparability of methods for assessing body composition and the results of their use in athletes. Some prospects for further research are outlined.

Keywords: body composition in athletes, models and methods, sports informatics.

Кардиомониторинг: от зон интенсивности к индивидуальным целевым тренировочным зонам

Федотова Е.В., *д-р пед. наук, доцент, fedotovaev@uor2.ru*

ГБПОУ Московское среднее специальное училище олимпийского резерва Департамента спорта города Москвы, Москва

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к классификации циклических тренировочных нагрузок по зонам интенсивности, наиболее распространенные алгоритмы расчета их границ для конкретных спортсменов, а также обсуждается возможность и целесообразность иного (целевого) подхода к такой классификации, учитывающего целевую направленность тренировочной нагрузки на заданные адаптационные перестройки.

Ключевые слова: кардиомониторинг, целевые тренировочные зоны, управление адаптацией.

Введение

Построение тренировочного процесса может считаться оптимальным в том случае, если наибольшего прироста спортивного результата удастся добиться при наименьших затратах, т.е. наименьшей для спортсмена «физиологической стоимости» предшествующей соревнованиям выполненной тренировочной работы. Но если контроль уровня и динамики спортивного результата и основных показателей подготовленности спортсменов в настоящее время используется весьма широко и не вызывает особых затруднений среди специалистов-практиков, то контроль и учет «внутренней нагрузки», определяемой сдвигами, происходящими в организме спортсмена под действием выполненной работы и отражающей степень выраженности реакции организма на выполняемую работу и сегодня является скорее исключением, чем правилом, а разработка и коррекция тренировочных программ базируются, главным образом, на субъективных ощущениях. Сравнительно небольшое количество тренеров количественно оценивают тренировочную нагрузку.

Показатели, характеризующие внешнюю сторону нагрузки, до сих пор наиболее часто используются тренерами не только при планировании, но и при учете выполнения тренировочных нагрузок. Причем нередко учитываются, как и планируются, нагрузочные параметры сразу для всей группы спортсменов. Однако даже при индивидуальном учете данные, характеризующие общий или частный километраж или тоннаж, пусть и с указанием параметров интенсивности, не дают информации о том, как каждый спортсмен реагирует на тренировочную нагрузку, насколько уставшим он является после ее выполнения и как долго, какие адаптационные перестройки такая нагрузка может вызвать в системах организма спортсмена. Именно поэтому для мониторинга необходимы показатели «внутренней стороны» нагрузки, определяемые сдвигами, происходящими в организме спортсмена под действием выполненной работы и отражающие степень выраженности реакции организма на выполняемую работу.

Эффективность тренировочного процесса в значительной мере зависит от точности распределения нагрузки на тренировочные зоны и правильного выбора тренировочного метода для решения поставленных задач совершенствования специальной подготовленности спортсменов. Одной из ключевых переменных, определяющих ход адаптационных перестроек в организме спортсмена в процессе подготовки, является тренировочная интенсивность: ошибки в выборе интенсивности тренировок могут либо не вызвать необходимой адаптации (что приведет к недостаточно высоким результатам), либо повлекут за собой срыв адаптационных процессов, возникновение хронической усталости и снижение результатов спортсмена. В этой связи все более распространенным становится подход к построению оптимальных тренировочных программ на основе различных комбинаций распределения тренировочных средств в разных зонах интенсивности, что, в свою очередь,

требует более строгого количественного анализа тренировочных программ в целом и зон интенсивности, в частности.

Предшествующие исследования

В отечественной и зарубежной научно-методической литературе уделяется немало внимания вопросам построения общей схемы градации циклических нагрузок, их распределения по зонам интенсивности, хотя и на сегодняшний день предлагаются различные подходы. Один из наиболее распространенных подходов к делению тренировочной нагрузки на зоны интенсивности – планирование и мониторинг тренировок при помощи индивидуальных пульсовых зон интенсивности на основе показателей ЧСС. А в тренировочный процесс спортсменов различных видов спорта все шире внедряются кардиомониторы, которые позволяют непрерывно регистрировать ЧСС до, во время и после нагрузки, и способны обмениваться данными с персональным компьютером, что позволяет получать объективную информацию, быстро ее перерабатывать, анализировать и систематизировать. На этой основе можно получить непрерывную кривую динамики ЧСС во время нагрузки и в период восстановления. Получаемые в результате анализа и оценки динамики ЧСС показатели обладают высокой информативностью и дают ценную информацию об основных энергетических процессах в организме человека.

Количество используемых тренировочных зон зависит от вида спорта и уровня подготовленности спортсмена: предлагаемые различными авторами системы предусматривают выделение четырех и более тренировочных зон. Для расчета границ тренировочных зон конкретного спортсмена, необходима информация о частоте сердечных сокращений в условиях мышечного покоя, на уровне порогов аэробного и анаэробного обмена, а также максимальные значения ЧСС.

Одним из наиболее простых методов определения границ индивидуальных пульсовых зон является метод М. Карвонена и др. [8]. Метод основан на реальных данных, полученных из большого количества МПК-тестов, которые проводились с бегунами и лыжниками-гонщиками. На основе этих данных была создана формула, позволяющая относительно точно высчитывать уровни ЧСС.

В методике распределения на тренировочные зоны в зависимости от максимальной ЧСС (5 зон) тренировочные зоны, имеющие разный механизм энергообеспечения и направленные на развитие определенных физических качеств организма, также рассчитываются по величине процента от максимальной ЧСС. Подобный подход для определения тренировочных зон используется в программе Polar ProTrainer 5 («Спортивные зоны Polar»).

При распределении на тренировочные зоны по пороговым значениям (АэП, ПАНО) и МПК, основанном на классификации тяжести циклической нагрузки с опорой исключительно на физиологические параметры, можно выделить три основные зоны и супрамаксимальную. При такой модели зоны интенсивности разделяются на основе физиологических показателей: вентиляционных (ВП1 и ВП2), аэробного (АэП) и анаэробного (АнП) порогов.

При распределении на тренировочные зоны с учетом объективных и субъективных показателей (5 зон) по системе, предложенной Р. Bourdon [7], помимо объективных показателей тестирования учитывается и субъективный показатель, отражающий оценку степени напряжения организма. При определении тренировочных зон учитывается величина значений частоты сердечных сокращений на уровне аэробного и анаэробного порогов, концентрация лактата крови и субъективная оценка степени напряжения спортсмена.

В Норвегии, стране с традиционно сильными спортсменами, специализирующимися в видах на выносливость, принято делить зоны интенсивности на 5 уровней, соблюдая при этом общие принципы физиологической направленности и ориентируясь на установленные соотношения мощности выполняемой работы и ответной реакции организма на нее, проявляющейся в изменениях показателей ЧСС и концентрации лактата.

Подход с более детальной характеристикой и более точной оценкой границ пульсовых

зон интенсивности предлагается и в некоторых других работах (К. Johnson, 2005) – это распределение на тренировочные зоны по пороговым значениям (АЭП, ПАНО) и МПК (7 зон). При этом повышенная детализация наблюдается в зонах высокой интенсивности – в данном случае 5-ю зону авторы предлагают разбить на 3 подзоны (5а, 5в и 5с).

В основе распределения на тренировочные зоны в зависимости от ЧСС ПАНО (система П. Янсона, 6 зон) лежат значения частоты сердечных сокращений на уровне порога анаэробного обмена. Границы каждой зоны определяет процент сдвига от величины частоты сердечных сокращений на уровне порога анаэробного обмена.

При использовании спортсменами так называемых датчиков мощности (например, SRM), появляется возможность воспользоваться специальными зонами интенсивности, которые выделяются на основе показаний таких датчиков. Для определения границ соответствующей зоны требуется осуществить заезд до отказа за 20 минут (т.е. проехать с максимальными средними усилиями в течение 20 минут). Среднее значение мощности данного тестового заезда минус 5% (в некоторых источниках не предполагается такой корректировки [9]) и дает значение мощности, используемой для определения границ соответствующих зон.

Существуют и подходы к определению зон интенсивности тренировочной нагрузки, основанные на спортивных результатах. Предполагается, что спортивный результат коррелирует с определенными интенсивностями, тренировка с каждой из которых реализует те или иные задачи адаптационных перестроек. Данный подход получил название PZI (Pace Zone Index score), т.е. выделение зон скорости по очкам, полученным в результате преобразования результатов легкоатлетических соревнований в беге. Для спортсмена, показавшего конкретный результат, в колонках таблицы определены зоны скорости бега разной интенсивности и целевой направленности. Серая зона I для большинства спортсменов соответствует ходьбе/бегу трусцой с интенсивностью 55% VO_{2max} и ниже 60% от максимальной ЧСС; L Aero – аэробная низко интенсивная; M Aero – аэробная средне интенсивная [9].

В случае использования скоростных или силовых тренировок возможностей выделить зоны интенсивности для типичных тренировочных средств не так много, как в случае с обычными тренировками на выносливость. Обычно используется подход, в рамках которого выделяются зоны интенсивности относительно максимальных величин (скорость, мощность, повторный максимум) [6].

В исследовании Sylta et al. [13] авторы сравнили три концептуально различных метода количественной оценки тренировочной нагрузки. Одним из подходов является «время в зоне» (TIZ): специальное программное обеспечение распределяет данные регистрации ЧСС по зонам интенсивности, определенным по отрезкам, установленным в программном обеспечении спортсменом или тренером. Второй подход – это учет «цели тренировки» (SG). Этот подход относит тренировочное занятие в одну зону интенсивности с предположением, что «целевая направленность» тренировки, в первую очередь, определяет ее воздействие как адаптивного сигнала и источника физиологического стресса. Третий подход – это «гибридная комбинация» двух первых, называемая в литературе модифицированным подходом (SG/TIZ). В этом случае при распределении на тренировочные зоны учитывается направленность тренировочного процесса, интенсивность тренировки по отношению к уровню ПАНО, особенности энергопродукции и основные используемые тренировочные методы. Авторы подчеркивают, что из-за различий в используемых методах неуместно сравнивать результаты квантификации нагрузки как по данным дневниковых записей и «самоотчетов» спортсменов, так и между разными исследованиями, не принимая во внимание расхождения между методами.

В подавляющем большинстве работ по этой тематике индивидуальная пульсовая тренировочная зона рассматривается как диапазон значений ЧСС, используемый для совершенствования конкретного физического качества, определенного вида функциональных возможностей спортсмена. В основе определения тренировочной зоны

лежит зависимость между направленностью тренировочной нагрузки, ее энергетическим обеспечением и частотой сердечных сокращений. Совокупная последовательность этих зон в целом выглядит как непрерывная шкала – от ЧСС покоя до ЧСС максимальной: верхняя граница одной зоны является нижней границей следующей, характеризуемой более интенсивной нагрузкой. В основе такого деления лежит принятая в теории спорта и спортивной практике классификация тренировочных нагрузок, основанная на их зависимости от характера и интенсивности физиологических сдвигов в организме спортсмена при выполнении соответствующей нагрузки.

Методика и организация исследования

Для решения задач исследования использовался анализ научно-методической литературы и обобщался опыт работы тренеров и спортсменов высокой квалификации, позволившие получить данные о реально сложившейся в нашей стране и за рубежом практике квантификации тренировочной нагрузки и классификации зон интенсивности.

Результаты и обсуждение

Существующий подход к классификации тренировочных зон позволяет проводить сбор статистического материала по общему суммарному количеству времени, проведенному в каждой из выделенных зон ЧСС. При этом в состав данного «общего времени» автоматически включаются все временные отрезки с заданной, входящей в диапазон значений зоны показатели ЧСС, независимо от решаемых задач, реальной направленности нагрузки и прилагаемых спортсменом усилий. Эти данные последовательно суммируются для тренировочных занятий, дней, микроциклов и т.д., давая некоторую общую картину, в том числе для проведения сравнительного анализа. Но при переходе к концепции спортивной подготовки не как к управлению поведением спортсмена, а как к управлению конкретными адаптационными перестройками, такие данные не всегда информативны.

Для получения определенного эффекта при планировании тренировки необходимо понимать, при работе в какой именно зоне интенсивности этот эффект может быть получен, а при учете и анализе пост-тренировочных данных – были ли созданы условия для получения эффекта, и какой объем работы выполнен в соответствующих зонах.

Такой подход подразумевает, что при работе в этих зонах происходит не «развитие тех или иных физических качеств», а конкретные адаптационные изменения и перестройки, ведь именно этот результат является целью применения тренировочного метода и средства. При этом зона интенсивности должна определяться индивидуально для каждого спортсмена под решение конкретной адаптационной задачи на основе результатов тестирования его функциональных возможностей. Рекомендации по итогам такого тестирования должны включать границы индивидуальных целевых тренировочных зон. Именно эти границы и должны закладываться в кардиомониторы, а затем время работы именно в соответствующих зонах целесообразно учитывать и анализировать.

Наглядным примером различий существующего и предлагаемого подходов может служить соотношение рекомендаций, касающихся повышения аэробных возможностей спортсменов. При существующем и широко используемом подходе для повышения аэробных возможностей рекомендуется т.н. 2-я зона: «Вторая зона интенсивности. Аэробная развивающая. Тренировочная нагрузка в этой зоне интенсивности применяется для выполнения упражнений большой продолжительности с умеренной интенсивностью. Такая работа необходима для увеличения функциональных возможностей сердечнососудистой и дыхательной систем, а также для поднятия уровня общей работоспособности. Интенсивность выполняемых упражнений – до уровня порога анаэробного обмена, то есть концентрация молочной кислоты в мышцах и крови – до 20 Мм/л.; ЧСС – 140-160 уд/мин.». Описание предшествующей ей 1-й зоны таково: «Первая зона интенсивности. Аэробная восстановительная. Тренировочные нагрузки в этой зоне интенсивности используются как средства восстановления после тренировок с большой и значительной нагрузками, после соревнований, в переходном периоде. Этой зоне соответствуют и так называемые фоновые

нагрузки. Интенсивность выполняемых упражнений умеренная (около порога аэробного обмена). Частота сердечных сокращений (ЧСС) – 130-140 ударов в минуту (уд/мин.)».

Таким образом, в соответствии с этой концепцией и делением на зоны интенсивности, первая зона выпадает из активной тренировочной работы, направленной на повышение аэробных возможностей. В то же время известно, что уровень аэробных возможностей спортсмена связан с такими факторами, как ударный объем сердца, способность мышц к утилизации (мобилизации и использованию) жирных кислот, объема митохондриальной массы, эффективности митохондрий и активности аэробных ферментов, рост капилляризации и т.п. Совершенствование каждого из этих факторов требует понимания того, что этот фактор требует целенаправленного воздействия в своей «зоне интенсивности». Границы этих зон могут и должны определяться при нагрузочном тестировании. Работа в зонах низкой интенсивности – не только и не столько «отдых и восстановление» (как это следует из описания зоны в существующей концепции), а решение конкретных задач адаптации.

Одно из «негативных последствий» продолжающегося использования «сплошной шкалы» зон интенсивности – проблемы с переходом отечественных тренеров и спортсменов к так называемой «поляризационной модели» распределения тренировочных нагрузок, уже показавшей свою эффективность в видах спорта на выносливость. При использовании данной модели предлагается выполнять значительный объем (до 80%) низкоинтенсивной работы. Для многих отечественных тренеров и спортсменов эта работа относится к категории «отдых и восстановление», т.е. потеря времени с точки зрения повышения уровня подготовленности. Если же рассматривать эту работу с точки зрения конкретных адаптационных задач, то ее смысл и полезность вполне очевидны.

Такие данные, безусловно, должны быть дополнены оценкой «нагрузочности» выполненной спортсменом работы, для чего целесообразно использовать субъективную оценку тяжести тренировочной нагрузки RPE (rate of perceived exertion). При использовании s-RPE-метода спортсмену предлагается на основе субъективных ощущений в баллах по специальной шкале оценить уровень напряжения, вызванного выполненной тренировочной нагрузкой. Эти характеристики достаточно корректно соотносятся с такими показателями, как ЧСС, величина легочной вентиляции, потребление кислорода и общая усталость. Так, в работе Е.Б. Акимова [1] установлено, что субъективное ощущение (восприятие) тяжести мышечной работы, оцениваемое с помощью различных категориальных «прямолинейных» шкал (с разными диапазонами чисел, вербальными и визуальными обозначениями напряженности) у спортсменов является достаточно объективным и тесно коррелирует с пульсовыми показателями интенсивности физической нагрузки. А субъективно воспринимаемая напряженность, определенная сразу после окончания тренировки, может использоваться как критерий усредненной нагрузочности всего тренировочного занятия, поскольку находится в прямой и достоверной корреляции со средней ЧСС за время тренировки. В исследовании, проведенном Т. Gabbett и N. Domrow (2007) также была выявлена достоверная взаимосвязь между субъективной оценкой тяжести выполненной нагрузки и другими показателями интенсивности, такими как ЧСС ($r=0,89$) и концентрация лактата в плазме крови ($r=0,86$). S-RPE метод представляет собой полезный и универсальный инструмент количественной оценки и мониторинга тренировочной нагрузки. Его возможности существенно расширяются за счет введения дополнительных расчетных показателей монотонности, нагрузочности, «острой» и «хронической» (долговременной) нагрузки.

Выводы

Переход к управлению спортивной подготовкой от эмпирического подхода («управления поведением спортсмена») к «биологическому», т.е. к управлению адаптационными процессами в организме спортсмена, по-видимому, требует изменения в планировании и учете тренировочных нагрузок, в том числе переходу от используемых сегодня зон интенсивности к индивидуальным целевым тренировочным зонам. Это, в свою очередь, предполагает знание и глубокое понимание тренерами и спортсменами высокой

квалификации направленности адаптационных процессов в клетках тканей и органов и задач управления ими с помощью специально подобранных средств и методов тренировки.

Список литературы

1. Акимов Е.Б. Соотношение между пульсовыми и субъективными показателями в оценке воздействия физических нагрузок у спортсменов. Дисс. ... канд. биол. наук. М., 2008. 115 с.
2. Ландырь А.П., Ачкасов Е.Е. Мониторинг сердечной деятельности в управлении тренировочным процессом в физической культуре и спорте. М.: Триада-Х, 2011. 176 с.
3. Янсен П. ЧСС, лактат и тренировки на выносливость (пер. с англ.). Мурманск: Изд-во «Тулума», 2006. 160 с.
4. Beneke R., Duvillard S.P. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events // *Med. Sci. Sports Exerc.* 1996. Vol. 28, N 2. P. 241–246.
5. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state – implications for performance testing // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003. Vol. 89, N 1. P. 95–99.
6. Bompa T., Haff G. *Periodization: theory and methodology of training.* Champaign, IL: Human Kinetics, 2009. 411 p.
7. Bourdon P. Blood lactate transition thresholds: concepts and controversies. In: C. Gore (Ed.). *Physiological tests for elite athletes.* Australian Sports Commission. Champaign, IL: Human Kinetics, 2000. P. 50–433.
8. Karvonen M.J., Vuorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sport activities: practical application // *Sports Med.* 1988. Vol. 5, N 5. P. 303–311.
9. McGregor S.J., Fitzgerald M. *The runner's edge.* Champaign, IL: Human Kinetics, 2010.
10. Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2010. Vol. 5, N 3. P. 276–291.
11. Seiler S., Tonnessen E. Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training // *Sportscience.* 2009. Vol. 13. P. 32–53.
12. Seiler S. *XC endurance training theory – Norwegian style.* The Institute for Sport, Agder College, Kristiansand, Norway, 1997. 16 p.
13. Sylta Q., Tønnessen E., Seiler S. From heart-rate data to training quantification: a comparison of 3 methods of training-intensity analysis // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2014. Vol. 9, N 1. P. 100–107.

Cardio monitoring: from zones of intensity to individual target training zones

Fedotova E. V., *DSci, Assoc. Professor, fedotovaev@uor2.ru*

Moscow Secondary Specialized School of Olympic Reserve, Department of Sports, Moscow

Abstract. The article discusses modern approaches to the classification of training loads by intensity zones, the most common algorithms for calculating their boundaries for athletes, and the possibility and feasibility of a different (target) approach to such a classification, taking into consideration the target direction of the training load to the specific adaptation changes.

Keywords: cardio monitoring, target training zones, adaptation management.

Оценка адаптивных возможностей у юных фигуристов под влиянием тренировочного сбора

Шумихина И.И., канд. биол. наук, доцент, shumabb@mail.ru
Удмуртский государственный университет, Ижевск

Аннотация. Выявлены индивидуально-типологические особенности регуляторных систем сердечного ритма у юных фигуристов по результатам variability сердечного ритма. Показано прикладное значение проведенных исследований у спортсменов, занимающихся фигурным катанием во время тренировочного сбора.

Ключевые слова: юные фигуристы, сердечный ритм, тренировочный сбор, перетренированность.

Введение

Массовое развитие фигурного катания на коньках, применение прогрессивной методики учебно-тренировочного процесса, совершенствование его организационных форм позволили российскому фигурному катанию занять ведущие позиции в мире. При многолетней подготовки фигуристов возникают существенные колебания физической работоспособности, в основе которых лежит ухудшение адаптации, а нередко и развитие состояний, находящихся на грани нормы и патологии [5]. Своевременная диагностика нарушений деятельности организма, требует использования адекватных методов и методических подходов для выявления характера и степени изменения адаптивных возможностей организма. Значительный интерес у исследователей вызывает изучение особенностей variability сердечного ритма у юных спортсменов. Эта проблема приобретает особую актуальность в связи с привлечением значительного количества детей к занятиям спортом [1, 2, 3]. Поэтому изучение взаимосвязи симпатического, парасимпатического отделов и центральных механизмов вегетативной регуляции у юных фигуристов в покое и под влиянием тренировочной нагрузки открывает возможности раннего выявления перенапряжения.

Целью исследования явилось изучение индивидуальных особенностей variability сердечного ритма у юных фигуристов 11-12 лет под влиянием тренировочных сборов, занимающихся в спортивной школе олимпийского резерва по фигурному катанию на коньках г. Ижевска.

Материал и методы

Исследования проводились у спортсменов, занимающихся фигурным катанием (одиночное катание), имеющих второй спортивный разряд, входящих в состав сборной команды Удмуртской Республики. Запись кардиоинтервалограмм и анализ ВСР проводились с помощью аппарата «Варикард 2.6» и программы «Иским-6» в покое в положениях лежа (5 мин) и стоя (5 мин) утром до завтрака перед первой тренировкой, в течение всего тренировочного сбора длительностью 7 дней на базе СК «Чекерил».

Результаты

У юных фигуристов по данным variability сердечного ритма выявлена степень устойчивости регуляторных систем в подготовительном периоде на тренировочном сборе и составлен индивидуальный портрет состояния кардиорегуляторных систем организма спортсменов. Так, в начале сборов у 73,8% спортсменов отмечается умеренная активность парасимпатической регуляции, характеризуемая низкими значениями стресс-индекса (SI), характеризующего активность симпатической нервной системы и высокой активностью медленноволновой характеристики спектра VLF-волнами, отражающими влияние надсегментарного уровня регуляции, психоэмоционального и функционального состояния коры головного мозга, а также энергодефицитные состояния. В среднем SI у спортсменов составляет $48 \pm 7,2$ усл. ед., частота сердечных сокращений – $65,6 \pm 3,4$ уд/мин, значение

MxDMn, отражающее парасимпатическую активность – $349,4 \pm 9,1$ мс², общая площадь спектра TP – $4214,7 \pm 21,6$ мс², дыхательные волны HF – $617,3 \pm 15,6$ мс², вазомоторные волны LF – $1221,3 \pm 18,4$ мс², медленные волны VLF – $855,3 \pm 15,8$ мс². В работах профессора Н.И. Шлык такое состояние оценивается как физиологическая норма, так как отмечается согласованная работа автономного и центрального контуров управления ритмом сердца, для которого характерны высокие адаптивные возможности организма [4].

В середине тренировочного микроцикла у большинства спортсменов отмечается нарастание активности парасимпатического отдела, что может являться признаком развития утомления, отмечается чрезмерное увеличение значений MxDMn и дыхательных волн (HF). К концу микроцикла отмечается наращивание симпатической активности, значительно увеличивается SI и снижение активности центральных структур управления ритмом сердца, снижаются значения TP, HF, LF и VLF. Особенно такие изменения отмечаются утром после выполнения спортсменом скоростно-силовой работы накануне. Видимо к такому объему нагрузок организм еще не приспособился, поэтому отмечается снижение адаптивных возможностей у фигуристов. Это подтверждается результатами ортостатического воздействия, у спортсменов наблюдаются парадоксальные и гиперреакции со стороны центральных структур управления ритмом сердца, значения TP, LF, VLF и ULF в ответ на переход из положения лежа в положение стоя увеличиваются, особенно часто это отмечается к концу микроцикла. Усиление централизации в управлении сердечным ритмом к концу микроцикла связано, по-видимому, с тем, что спортсмен тяжело переносит нагрузки.

Вывод

Необходимо внедрять в спортивную тренировку методы раннего распознавания признаков перенапряжения регуляторных систем. Тренер должен учитывать «вегетативный портрет» спортсмена и своевременно корректировать тренировочную нагрузку.

Список литературы

1. Аксенов В.В. Ритм сердца у спортсменов / Под ред. Р.М. Баевского, Р.Е. Мотылянской. М.: Физкультура и спорт, 1986. 143 с.
2. Гаврилова Е.А. Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия. М.: Советский спорт, 2007. 200 с.
3. Иванова Е.С., Шумихина И.И. Медико-биологические основы физической культуры: учебно-методическое пособие. Ижевск: Издат. центр «Удмуртский университет», 2018. 208 с.
4. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во «Удмуртский государственный университет», 2009. 255 с.
5. Шумихина И.И. Особенности вариабельности сердечного ритма и центральной гемодинамики у юных футболистов под влиянием тренировочного процесса: Автореф. канд. биол. наук. – Киров, 2005. 19 с.

Assessment of adaptive abilities of young skaters under the influence of training camp

Shumikhina I. I., *PhD*, shuma66@mail.ru
Udmurt State University, Izhevsk

Abstract. The individual-typological features of the regulatory systems of heart rate in young skaters on the results of heart rate variability are revealed. The applied value of the research in athletes involved in figure skating during training camps is shown.

Keywords: young skaters, heart rate variability, training camp, overtraining.

**2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ЗАДАЧАХ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ
СПОРТСМЕНОВ**

Комплексная диагностика функционального состояния спортсменов и раннего отбора в игровых видах спорта при помощи методик «Спортпрогноз»

^{1,2}Губа В. П., д-р пед. наук, профессор, smolguba67@mail.ru

³Пресняков В. В., канд. пед. наук, доцент, vvr863@yandex.ru

¹Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

²Смоленский государственный университет, Смоленск

³Военная академия войсковой противовоздушной обороны ВС РФ, Смоленск

Аннотация. В данной статье представлен набор методов, позволяющий выделить сильные и слабые стороны спортсменов независимо от вида спорта, пола и возраста. Выбранные методики и современный инструментарий позволяют не только прогнозировать дальнейшие результаты в спортивной деятельности, но и оценить медико-биологические отклонения в здоровье занимающихся, если они имеются, с последующей программой их корректировки и устранения.

Ключевые слова: комплексное тестирование, функциональное состояние, психофизиология, генетические маркеры, юные спортсмены, игровые виды спорта

Введение

Наличие целостного комплексного подхода к подготовке высококвалифицированных спортсменов – вопрос исключительно актуальный в наше время, особенно когда в футбол пришла целая плеяда молодых специалистов. Большинство из них не имеют глубоких знаний по базовым предметам: анатомии, физиологии, биохимии и т.д., а также специального образования, а лишь выборочные представления о том, что и когда предлагать в тренировочном процессе, чтобы подобраться к высшему мастерству, основываясь в большей степени на приобретении в команду футбольных звезд. К сожалению, в погоне за сиюминутными результатами мы теряем собственную систему подготовки, уходим от продуманного тренировочного процесса, не контролируя в полной мере динамику подготовки.

Описанная в данной статье методика объединила в себе систему контроля различных видов подготовки спортсменов независимо от возраста, пола и уровня подготовленности. Программа «Спортпрогноз» в основном ориентирована на прогнозирование результатов в игровых видах спорта. Она рекомендована для специалистов, тренеров-практиков и родителей, способных оценить физические возможности своего юного спортсмена.

Результаты

У спортсменов высокой квалификации сформированы различные адаптационные механизмы, позволяющие увеличивать специальную и общую выносливость, но при этом могут нарушаться функции некоторых систем, в частности, функция внешнего дыхания, что ведет к снижению спортивных результатов.

Внешнее дыхание вполне может лимитировать выносливость вопреки мнению, что общая выносливость находится в прямой зависимости только от кислородтранспортной способности крови, кардиореспираторной производительности, мощности систем тканевого дыхания, степени васкуляризации мышц и совершенства регуляторных механизмов, обеспечивающих адекватное кровоснабжение их во время работы.

Для оценки изменений состояния функции внешнего дыхания проводится запись спирограммы с использованием компьютерного комплекса «НС-Спиро» в спокойном состоянии и после различных режимов физической нагрузки.

Исследование вариабельности ритма сердца проводилось с помощью комплекса «НС-

Поли-Спектр». Текущее функциональное состояние организма целесообразно оценивать по показателю TP (общая мощность спектра), с учетом вклада быстрых колебаний (HF-компонент), отражающих активность парасимпатического отдела ВНС, медленных колебаний (LF-компонент) как маркера активности симпатических влияний и очень медленных колебаний (VLF-компонент), обусловленных в определенной степени гуморально-метаболическими и церебрально-эрготропными влияниями.

Баланс отделов ВНС отражает отношение LF/HF. При этом спектральная мощность HF-компонента должна рассчитываться в пределах границ гистограммы длительности дыхательного цикла. В том случае, если ДДЦ составляет менее 9 в 1 минуту, следует произвести перерасчет показателей ВРС, либо провести пробу с управляемым дыханием с большей частотой дыхания.

Для оценки реактивности парасимпатического отдела ВНС при проведении активной ортостатической пробы необходимо использовать коэффициент 30:15 (K30:15) – показатель, характеризующий сохранность возвращающих к норме механизмов. Вегетативное обеспечение деятельности при проведении функциональных кардиоритмографических проб оценивается по изменению процентного вклада отношения LF/HF, с учетом динамики абсолютных значений LF-компонента.

Для проведения психофизиологической диагностики применялся компьютерный комплекс для углубленного исследования индивидуальных психофизиологических различий в спорте «НС-Психотест Спорт». Свойства нервных процессов оказывают влияние на общую умственную и физическую работоспособность человека как основную составляющую надежности.

Выделяют следующие стадии работоспособности:

– Стадия вработывания. Характеризуется постепенным повышением эффективности деятельности на фоне процесса адаптации субъекта к выполняемой деятельности.

– Стадия оптимальной работоспособности. Характеризуется стабильностью всех параметров эффективности деятельности в связи с тем, что процесс адаптации завершен, а утомление еще не наступило.

– Стадия полной компенсации. Развиваются начальные признаки утомления, полностью компенсируемые за счет волевого усилия. Эффективность деятельности незначительно снижается.

– Стадия неустойчивой компенсации (выраженного утомления). Характеризуется нарастанием утомления и значительным снижением работоспособности.

– Стадия «конечного порыва». При наличии высокой мотивации к выполнению деятельности за счет значительного волевого усилия наблюдается кратковременное повышение работоспособности.

– Стадия декомпенсации. Характеризуется нарастанием утомления и полным снижением работоспособности, которые становится невозможно компенсировать посредством волевого усилия. Выполнение деятельности должно быть прекращено.

Работоспособность человека связана не только со свойствами его нервных процессов, но и с особенностями той деятельности, которую данный субъект выполняет.

В зависимости от интенсивности факторов, с которыми сопряжено выполнение профессиональной деятельности, выделяют психофизиологическую «стоимость» трудовой деятельности, определяющую расход резервов организма в процессе выполнения данной деятельности. Профессиональный психофизиологический отбор и выявление профессиональной пригодности человека в данном аспекте осуществляются путем сопоставления свойств нервных процессов человека с психофизиологической «стоимостью» профессиональной деятельности.

Работоспособность человека также зависит от физиологических (телосложение, тренированность и др.) и психологических качеств личности (опыт, образование, мотивы, способности и др.).

Генотипирование полиморфизмов генов значимых в спорте проводится по комплексу

генов, оказывающих существенное влияние на состояние:

I. Выбор вида спортивной специализации по предрасположенности к скорости реакции, повышенной мышечной силе, к развитию и проявлению выносливости, адаптации к гипоксии, способности к восстановлению после физических нагрузок, состоянию опорно-двигательного аппарата.

II. Мотивация к занятиям спортом, нервно-психической и стрессорной устойчивостью.

III. Профилактика развития заболеваний, связанных с профессиональной деятельностью спортсменов.

IV. Оптимизация и коррекция тренировочного процесса (рацион питания, энергетические пищевые добавки, БАДы, лекарственные препараты).

Выяснение индивидуальной генетической предрасположенности:

- Генетические маркеры, ассоциированные с выносливостью.
- Генетические маркеры, ассоциированные с приростом показателей выносливости в ответ на тренировки аэробной направленности.
- Генетические маркеры, ассоциированные с быстротой и силой.
- Генетические маркеры, ассоциированные с приростом показателей скорости и силы в ответ на тренировки анаэробной направленности.
- Генетические маркеры, характеризующие особенности строения поперечнополосатой мускулатуры, ответственные за энергетический метаболизм скелетных мышц во время мышечной деятельности и обеспечивающие быстрое сокращение мышечных волокон.
- Генетические маркеры, ассоциированные с адаптацией к гипоксии.
- Мотивация к занятиям спортом, нервно-психической и стрессорной устойчивостью.
- Профилактика развития заболеваний, связанных с профессиональной деятельностью спортсменов.
- Риск развития повышенного артериального давления.
- Риск развития гипертрофии миокарда левого желудочка и синдрома внезапной смерти.

На основании проведенных исследований даются рекомендации для обследуемого.

При исключении влияния текущего функционального состояния на результат обследования диагностируется инертность (низкий уровень подвижности) нервных процессов. Подвижность нервных процессов, как и другие особенности нервной системы, является врожденным свойством (таким, как цвет волос или глаз, рост и черты лица) и не подвержена значительным изменениям в течение жизни, за исключением детского возраста. Поэтому степень подвижности нервных процессов организма следует рассматривать как неизменную особенность организма, которую желательно учитывать в процессе жизнедеятельности и профессиональной деятельности.

Подвижность нервных процессов влияет на общую скорость выполнения деятельности и на скорость реакций и легкость переключения человека с одного вида деятельности на другой. Поэтому человек с инертным типом нервной системы, в отличие от людей с высокой подвижностью нервных процессов, обладает низкой работоспособностью при выполнении видов деятельности, требующих высокой скорости реагирования и/или выполнения нескольких задач одновременно. Если профессиональная деятельность человека с инертным типом нервных процессов осуществляется в перечисленных условиях, такой человек быстро утомляется, за короткий срок снижается его работоспособность и наступает утомление вплоть до полной дезорганизации нервной деятельности.

Постоянное выполнение человеком с инертностью нервных процессов профессиональной деятельности, требующей высокой скорости реакции и/или выполнения нескольких задач одновременно, может привести к различным нарушениям

функционирования организма и психологической сферы.

С другой стороны, человек, которому свойственна инертность нервных процессов, обладает высокой работоспособностью при выполнении видов труда, требующих длительного сосредоточения на однообразной деятельности, в отличие от человека с подвижным типом нервной системы. При отсутствии необходимости переключаться с одной задачи на другую и при отсутствии необходимости торопиться (т.е. вне воздействия такого фактора, как дефицит времени) человек с инертным типом нервной системы может выполнять профессиональную деятельность максимально скрупулезно и качественно.

Общая закономерность динамики работоспособности состоит в наличии в ней определенных стадий, в течение которых меняется уровень работоспособности.

Выделяют следующие основные стадии работоспособности:

Стадия вработывания характерна на начальных этапах выполнения деятельности (как правило, в начале рабочего дня). На этой стадии происходит постепенное погружение человека в работу, сопровождаемое постепенным увеличением эффективности деятельности.

Стадия оптимальной работоспособности следует за стадией вработывания. На этой стадии человек уже полностью погружен в выполняемую работу, а утомление еще не наступило. Поэтому на данной стадии наблюдается максимальная работоспособность.

Стадия утомления следует за стадией оптимальной работоспособности. Вначале у человека развиваются первые признаки утомления, компенсируемые волевыми усилиями, и эффективность деятельности снижается незначительно. Затем утомление нарастает, становится выраженным, и эффективность труда существенно падает. Если человек, тем не менее, продолжает работу, то работоспособность вначале кратковременно повышается, а затем выполнение деятельности становится невозможным в силу переутомления.

Длительность каждой из перечисленных стадий зависит именно от подвижности нервных процессов.

Для человека с инертным типом нервной системы характерен длительный период вработываемости, однако и период оптимальной работоспособности такого человека является более длительным, чем у людей, обладающих подвижностью нервных процессов.

В то же время после наступления утомления человеку, обладающему инертностью нервных процессов, требуется более длительное время на восстановление, чем человеку с подвижным типом нервных процессов.

Таким образом, обследуемому не рекомендуется выполнять профессиональную деятельность, связанную с воздействием стрессовых факторов и/или необходимостью постоянно переключать внимание с одной задачи на другую.

Деятельность в экстремальных условиях обследуемому противопоказана, т.к. приводит к дезорганизации функционирования нервной системы. Индивидуальным особенностям организма обследуемого в наибольшей степени соответствуют и рекомендуются такие виды профессиональной деятельности, которые требуют длительного сосредоточения внимания на выполнении одной и той же задачи в условиях достаточного количества времени и отсутствия отвлекающих факторов.

Выводы

Перечисленные рекомендации распространяются и на общую жизнедеятельность обследуемого: респонденту целесообразно вести размеренный образ жизни, избегать стрессовых ситуаций и экстремальных условий. Следует отметить, что при выборе спортивной специализации необходимо учитывать не только психофизиологические характеристики (свойства нервных процессов), но также и физиологические (телосложение, тренированность и т.п.) и психологические особенности человека.

В каждом индивидуальном случае эффективность профессиональной деятельности, с одной стороны, и удовлетворенность трудом, с другой стороны, определяется соответствием психофизиологических, физиологических и психологических особенностей данного человека особенностям выполняемой деятельности. Поэтому прогноз успешности деятельности и удовлетворенности работой осуществляются на основе подробного изучения

всех перечисленных факторов.

Список литературы

1. Губа В.П., Маринич В.В. Теория и методика современных спортивных исследований. М.: Спорт, 2016. 232 с.
2. Губа В.П., Пресняков В.В. Методы математической обработки спортивно-педагогических исследований. М.: Человек, 2015. 288 с.
3. Иорданская Ф.А. Компьютерные тесты в мониторинге функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов в процессе тренировочных мероприятий. М.: Спорт, 2019. 74 с.

Complex diagnostics of functional state of athletes and early selection in game sports by means of «Sport prognosis» methods

^{1,2}Guba V. P., *DSci, Professor, smolguba67@mail.ru*

³Presnyakov V. V., *PhD, Assoc. Professor, vvp863@yandex.ru*

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

²Smolensk State University, Smolensk

³Russian Armed Forces Army Air Defense Military Academy, Smolensk

Abstract. This article presents a set of techniques to highlight the strengths and weaknesses of athletes regardless of sport, gender and age. The chosen methods and modern means allow not only to predict future results in sports activity, but also to estimate medical and biological deviations in a state of health of the engaged, if any, with the subsequent program of their correction and elimination.

Keywords: comprehensive testing, functional state, psychophysiology, genetic markers, young athletes, game sports.

Теоретические подходы к обоснованию положения тензометрических элементов на древке весла для каноэ

Гусейнов Д.И., *guseynov.daniil@yandex.by*

Лукашевич Д.А., *dmitry.luckashewi4@yandex.by*

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе сформулированы проблемы применения измерительных устройств для регистрации силового воздействия спортсмена при взаимодействии с веслом в цикле гребных локомоций, решение которых позволит в значительной степени повысить точность получаемых данных, степень корреляции однородных измерений, а также валидность количественных результатов исследования. Определены пути решения на основании предложенных принципиальных подходов, взятых из области теоретической механики.

Ключевые слова: гребля на каноэ, весло, деформация, теоретическая механика, измерительные устройства, тензометрия.

Введение

Результативность осуществления соревновательной деятельности в циклических видах спорта, в частности в гребле на каноэ, определяется успешностью прохождения соревновательной дистанции. Движение системы «спортсмен-весло-лодка» во многом обеспечивается активным взаимодействием гребца с поверхностью воды посредством весла, характер которого определяет стереотип движения лодки [1, 2]. Этот факт, на наш взгляд, является основополагающим при определении направлений изучения биомеханики гребли на каноэ с целью повышения эффективности тренировочной и соревновательной деятельности.

В результате научных исследований в области безуключенной гребли сформировано ясное понимание биомеханики процесса гребли [3]. Однако полнота знаний базируется в основном на пространственно-временной организации гребных локомоций. Процесс регистрации, обработки и анализа основных параметров движений в настоящее время может быть практически полностью автоматизирован благодаря сопряженному использованию высокоскоростной видеосъемки, инерционных измерительных систем и устройств на базе технологии GPS (от англ. Global Positioning System – система глобального позиционирования), а также специализированных вычислительных алгоритмов и основанных на их базе программных продуктов [4–9]. Попытки определения и описания динамической структуры гребли на каноэ в условиях естественной управляющей среды сформировали базовое понимание графического представления гребка, а также величин совокупного силового воздействия на весло со стороны спортсмена и поверхности воды в опорном и безопорном периодах гребли. Эксперименты в этом направлении проводились методом проводной тензометрии путем использования крупногабаритных и многоэлементных измерительных комплексов [10–13]. Такие подходы в регистрации показателей в значительной мере ограничивали движения гребца, вследствие чего получаемые данные не являлись достоверными. При этом регистрируемые показатели в дальнейшем подвергались долгосрочной и трудоемкой ручной обработке, а также незамысловатой схемотехнической организации измерительного инструментария, что не предусматривало первичной обработки сигнала. Высокая степень участия исследователя в процессе обработки экспериментальных данных снижает их точность вследствие погрешности оператора. Значительно более точные данные возможно получить посредством компьютерного моделирования процесса гребли, что подтверждается рядом опубликованных работ, содержащих научно и практически значимые результаты [14–17]. Посредством моделирования представляется возможность выявления основополагающих факторов, обеспечивающих эффективность и результативность гребли в естественных условиях, а

также описания их взаимодействия. Однако, по нашему мнению, наиболее точные и достоверные знания о динамической организации взаимодействия гребца с поверхностью воды посредством весла можно получить только на основе метода беспроводной тензометрии, реализованного в виде компактных интеллектуальных датчиков, непосредственно взаимодействующих с древком весла. Рациональность предлагаемой концепции обуславливается спецификой и направлением деформации древка весла при взаимодействии с управляющей водной средой. Нерешенными остаются вопросы качества регистрируемого сигнала, корреляции результатов однородных измерений и валидности получаемых данных.

Решением обозначенных вопросов, на наш взгляд, с учетом выбранного метода измерения является четкое определение места расположения чувствительного элемента датчика. Тензометрический метод исследования силового взаимодействия спортсмена с поверхностью воды посредством весла в цикле гребных локомоций основывается на использовании в составе измерительных систем и устройств тензорезистивных элементов. Вследствие конструкции и схемотехнических особенностей подключения тензорезисторов в электрическую схему, регистрируемые значения пропорциональны величине деформации инвентаря, в данном случае древка весла. Причем, деформация носит неоднородный характер и зависит, главным образом, от расположения точек опор (в данном случае расположение хвата тянущей руки гребца) при воздействующей нагрузке [18]. Правильное расположение тензорезистивного элемента на снаряде с точки зрения максимального локального механического напряжения, вызванного деформацией, при прочих равных условиях (положение точек опоры, величина и направление приложения внешних усилий, траектория движения снаряда и т.д.) позволит зарегистрировать более качественный массив данных, характеризующих деформацию весла при воздействии на него даже незначительных усилий.

Основная часть

Определение наиболее подходящего места расположения тензорезистивного элемента в процессе гребли в естественных условиях крайне трудоемко вследствие дифференциального характера многих факторов. Статический характер силового воздействия на весло приобретает в процессе калибровки измерительного устройства, подобного рассматриваемому в работе. Причем, специфика этого воздействия относительно расположения точек опоры, направления возникающей деформации в значительной степени коррелирует с естественным. Традиционно процесс калибровки представляет собой расположение весла в горизонтальной плоскости на точечных опорах, соответствующих областям хвата спортсмена-гребца. К лопасти весла прикладывается внешняя нагрузка известной величины, вследствие чего по древку весла неоднородно распределяется возникшее механическое напряжение [19] (рис. 1).

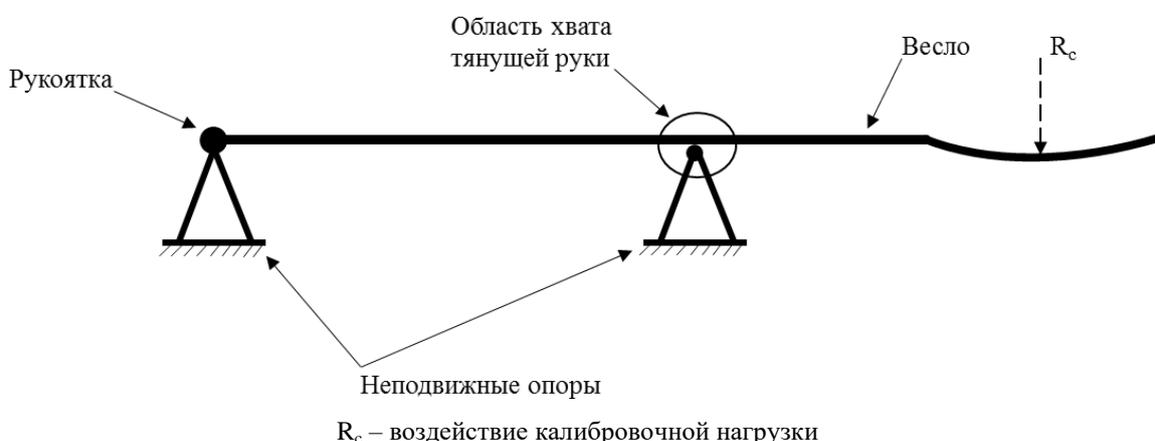
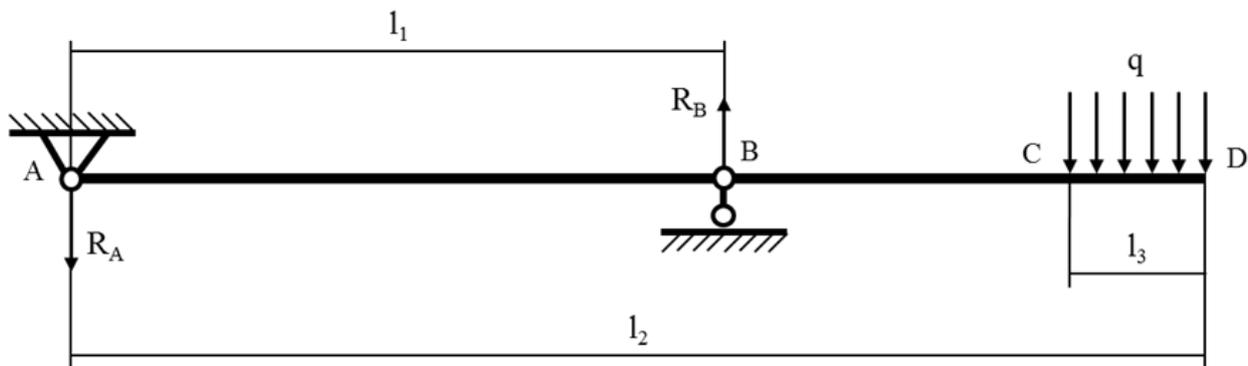


Рис. 1. Общий вид калибровки тензометрического измерительного устройства на весле

Весло в процессе калибровки тензометрического измерительного устройства с учетом расположения точек опоры и направления воздействия внешних нагрузок представляет собой многопролетную неразрезную балку в виде статически-определимой системы (рис. 2).



l_1 – расстояние от центра поперечного сечения рукоятки весла до центра области тянущей руки спортсмена; l_2 – длина весла; l_3 – длина, в пределах которой действует калибровочная нагрузка; R_A – реакция опоры в центре области толчковой руки спортсмена (точка А);
 R_B – реакция опоры в центре области тянущей руки спортсмена (точка В);
 q – распределенная калибровочная нагрузка

Рис. 2. Модель весла в процессе калибровки с точки зрения теоретической механики

Нахождение локального максимума механического напряжения материала вследствие деформации под воздействием внешней нагрузки может быть осуществлено как расчетным, так и графическим методом. Графический метод подразумевает построение эпюр поперечных нагрузок, изгибающих моментов и механических напряжений на выделенных отрезках, ограниченных контрольными точками (в данном случае, в рамках отрезков АВ, ВС, CD). Построение эпюр осуществляется на основании уравнения равновесия [20] (1):

$$\sum M_i = 0, \quad (1)$$

где M_i – результирующий изгибающий момент в точке i , Н×м.

Согласно уравнению (1) возможно определить величины изгибающих моментов в контрольных точках, а также их распределение в пределах выделенных отрезков. При введении допустимых упрощений (пренебрежение конкретной формой поперечного сечения древка весла, изменение ее величины от рукоятки до лопасти и др.) эпюра механических напряжений тождественна эпюре изгибающих моментов. Расчетным методом с учетом принятой дискретности возможно определить величины механического напряжения в каждой точке в пределах выделенных отрезков согласно формуле (2) [20]:

$$\sigma_i = \frac{M_i}{W_i}, \quad (2)$$

где σ_i – максимальное нормальное напряжение в поперечном сечении, Па/м;

M_i – изгибающий момент в точке i , Н×м;

W_i – осевой момент сопротивления при изгибе, м³.

Предлагаемый метод более точен, поскольку позволяет количественно определить оптимальные границы, в пределах которых возможно расположение чувствительного

элемента тензометрического измерительного устройства с точностью принятой дискретности измерений.

Заключение

Четкое определение и формулирование всех аспектов избранного метода исследования повышает точность и степень корреляции результатов, полученных экспериментальным путем вследствие снижения или ликвидации связанных с ними погрешностей. Корректный и объективный выбор места расположения тензометрического элемента, при условии неизменности остальных характеристик (положение точек опоры, величины прикладываемых усилий, длина древка весла, материал весла, форма сечения древка весла), позволит регистрировать массив данных, описывающий незначительные деформации древка весла, что обеспечит более полный и информативный анализ.

Список литературы

1. Саносян Х.А. Силовое взаимодействие в системе «гребец-весло-лодка» и его совершенствование в процессе подготовки юных гребцов-каноистов. Дисс. ... канд. пед. наук. – Л., 1983. С. 32–37.
2. Быков А.И. Построение этапа предсоревновательной подготовки высококвалифицированных гребцов на каноэ. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Краснодар, 2003. 24 с.
3. Zatsiorsky V.M., Yakunin N. Mechanics and biomechanics of rowing: a review // *Int. J. Sport Biomech.* 1991. № 7. P. 229–281.
4. Croft H.G., Ribeiro D.C. Developing and applying a tri-axial accelerometer sensor for measuring real time kayak cadence // *Procedia Engineering.* 2013. № 60. P. 16–21.
5. Tsendorf B. et al. An IMU-based sensor network to continuously monitor rowing technique on the water // *Proc. Int. Conf. on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing.* Adelaide, 2011. P. 253–258.
6. Schaffert N., Matters K. New measuring and on water coaching devise for rowing // *J. Hum. Sport Exerc.* 2010. № 2 (5). P. 226–239.
7. Верлин С.В., Семаева Г.Н., Маслова И.Н. Факторы, определяющие эффективность техники гребли // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* 2014. № 4 (110). С. 29–35.
8. Квашук П.В., Маслова И.Н., Семаева Г.Н. Биомеханические показатели гребли высококвалифицированных гребцов на каноэ // *Вестник спортивной науки.* 2015. № 6. С. 13–19.
9. Квашук П.В., Семаева Г.Н., Маслова И.Н. Факторный анализ биомеханических показателей гребли мужчин-байдарочников // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* 2015. № 9 (127). С. 114–116.
10. Sperlich J., Baker J. Biomechanical testing in elite canoeing // *20th Int. Symp. on Biomechanics in Sports.* Cáceres, 2002. P. 44–47.
11. Sperlich J., Klauk J. Biomechanics of canoe slalom: measuring techniques and diagnostic possibilities // *10th Int. Symp. on Biomechanics in Sports.* Milan, 1992. P. 82–84.
12. Иссурин В.Б. Формирование спортивно-технического мастерства в водных циклических видах спорта. Автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1987. 47 с.
13. Анциперов В.В. Технология тензометрического измерения в спорте. Волгоград: ФГОУВПО «ВГАФК», 2013. 129 с.
14. Caplan N.A. Simulation of outrigger canoe paddling performance. In: *The Engineering of Sport 7.* 2009. P. 97–105.
15. Morgoch D., Galipeau C., Tullis S. Sprint canoe blade hydrodynamics – modeling and on-water measurement // *Procedia Engineering.* 2016. № 147. P. 299–304.
16. Nakashima M. et al. Simulation analysis of paddling motions in a single kayak: development of a comprehensive dynamic model of a paddler, paddle and hull // *J. Sports Eng. Technol.* 2014. Vol. 228, N 4. P. 259–269.
17. Tang Z.J. et al. The simulation of paddle based on workbench // *IET Int. Conf. on Information Science and Control Engineering.* Shenzhen, 2012. P. 1–3.

18. Седов Л.И. Введение в механику сплошной среды. М.: Физматгиз, 1962. С. 47–95.
19. Волгин А.В., Клешнев В.В. Оценка ускорения лодки и временной структуры гребка для анализа эффективности академической гребли // Теория и практика физической культуры. 2008. № 3. С. 57–61.
20. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1965. 856 с.

Theoretical approaches to the substantiation of the position of tenzometric elements on the canoe oar

Huseynov D. I., *guseynov.daniil@yandex.by*
Lukashevich D. A., *dmitry.luckashewi4@yandex.by*
Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The paper formulates the problems of modern measuring devices for recording the force impact of an athlete and control environment on a paddle in a rowing locomotion cycle, the solution of which will significantly increase the accuracy of the data obtained, the degree of correlation of homogeneous measurements, as well as the validity of quantitative research results. The solutions are determined based on the proposed fundamental approaches taken from the field of theoretical mechanics.

Keywords: Canoeing, paddle, deformation, theoretical mechanics, measuring devices, strain gauge.

Интеллектуальные датчики в оценке скоростно-силовой подготовленности биатлонистов при лыжных передвижениях свободным стилем

Дорожко А.С., *darozhka.aliaksandr@gmail.com*

Республиканское инновационное унитарное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Для регистрации усилий, прилагаемых спортсменом при выполнении отталкивания ногами от опорной поверхности, использовалась мобильная сенсорная система, основанная на беспроводной тензометрии. Суть метода регистрации усилий заключалась в закреплении на лыжероллерах интеллектуальных резистивных датчиков «SKI-Smart», разработанных в лаборатории спортивной биомеханики РИУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник». В результате проведенного эксперимента получены показатели кинетических и кинематических параметров двигательных действий и выполнен сравнительный анализ параметров, характеризующих уровень скоростно-силовой подготовленности спортсменов, участвовавших в исследовании.

Ключевые слова: биатлон, лыжные передвижения, измерение силы, скоростно-силовая подготовленность, тензометрия, интеллектуальные датчики, мощность.

Введение

Биатлон – один из наиболее популярных зимних видов спорта, сочетающий в себе бег на лыжах и стрельбу из мелкокалиберного оружия. Соревнования среди стреляющих лыжников в последние годы отличаются увеличением средней скорости передвижения по дистанции, что связано с совершенствованием спортивного инвентаря и технологией подготовки трасс, а также с внедрением новых дисциплин, характеризующихся более короткой дистанцией по сравнению с существующими дисциплинами и значительным увеличением доли контактных гонок в соревновательном календаре. Так, в календаре Кубка Мира по биатлону сезона 2018-2019 из 70 соревновательных гонок у мужчин и женщин 69% приходилось на контактные дисциплины (эстафеты, гонки преследования, гонки с массового старта). Контактные гонки характеризуются постоянной тактической борьбой между спортсменами, что требует от биатлонистов высокой способности к быстрому изменению скорости бега. Кроме того, спортсмены, которые развивают наибольшую скорость во время финишного спурта, имеют значительное преимущество перед конкурентами [1].

Введение новых коротких дисциплин, повышение средней скорости бега на соревнованиях и увеличение доли контактных гонок привели к переоценке факторов, влияющих на достижение высоких результатов на крупных международных соревнованиях по биатлону. На современном этапе развития лыжных видов спорта, включающих в себя бег на лыжах, от спортсменов и тренеров требуется уделять больше внимания развитию силовых и скоростно-силовых качеств, повышая тем самым мощность отталкивания в лыжных локомоциях [2]. Однако на сегодняшний день отсутствует методика контроля и оценки развития скоростно-силовых качеств биатлонистов при непосредственном выполнении соревновательного упражнения, т.е. при беге на лыжах и лыжероллерах.

Измерять уровень прикладываемого спортсменом усилия можно при помощи средств тензометрии, но существующие ныне системы имеют существенный недостаток, связанный с проводным способом передачи данных и значительным весом, что может существенно влиять на кинетические и кинематические характеристики циклических действий при передвижении на лыжах или лыжероллерах [3–5]. На наш взгляд, для продолжительных измерений с высокой точностью в структуре выполнения соревновательного упражнения в лабораторных исследованиях или полевых условиях необходимо использовать методы

регистрации усилий при помощи средств тензометрии с беспроводной передачей данных при стремлении к миниатюризации измерительных устройств.

Методика проведения исследования

В исследовании проводился констатирующий эксперимент с применением методов беспроводной тензодинамографии и скоростной видеосъемки. Исследование проводилось на базе учреждения «Республиканский центр олимпийской подготовки по зимним видам спорта «Раубичи». В эксперименте принимали участие 5 спортсменов (возраст $21,3 \pm 0,5$ лет, масса тела $79,0 \pm 4,7$ кг) из состава сборной команды Республики Беларусь по биатлону, имеющие опыт выступлений на международных соревнованиях среди юниоров под эгидой Международного союза биатлонистов в предыдущем соревновательном сезоне.

Перед началом эксперимента спортсмены выполняли 20-минутную стандартную разминку, включающую в себя бег на лыжероллерах по трассе с незначительной пересеченностью (разница высот 21,5 метра). В течение второй половины разминки спортсмены делали по 4 коротких ускорения максимальной интенсивности продолжительностью 4–6 секунд каждое. Время начала ускорения каждый спортсмен определял самостоятельно.

В основной части эксперимента участникам предлагалось пройти отрезок длиной 110 метров (уклон трассы 0°) с максимальной скоростью. Первые 30 метров дистанции являлись участком для разгона, последующие 80 метров были контрольным отрезком. При прохождении контрольного отрезка спортсмены передвигались исключительно с использованием коньковой одновременной одношажной техники лыжного бега. На участке разгона спортсмены выбирали технику передвижения самостоятельно. Каждый участник выполнил по три попытки. Для последующей обработки были выбраны данные, полученные при прохождении контрольного отрезка в лучшей попытке, с более коротким временем преодоления дистанции. Отдых между попытками составлял 5 минут.

Для регистрации кинематических параметров движений использовалась двухплоскостная видеосъемка. Синхронная по времени видеозапись проводилась с помощью цифровых видеокамер «Canon EOS 1500D» и «Sony Action Cam FDR-X3000» с частотой 60 Гц. Последующая обработка видеоматериалов осуществлялась с помощью программного продукта Kinovea.

В ходе эксперимента с целью измерения силы отталкивания нижними конечностями все испытуемые использовали одну пару лыжероллеров Marwe Skating 610 со стандартными колесами US6 (Marwe Oy, Финляндия), оборудованную сенсорными тензорезистивными датчиками «SKI-Smart», разработанными в лаборатории спортивной биомеханики РИУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник». С помощью датчиков регистрировались упругие деформации лыжероллеров при взаимодействии спортсмена с опорой. Размеры каждого датчика составляли $85 \times 25 \times 25$ мм, вес 118 г. Тензорезистивный элемент располагался на лыжероллере под лыжным креплением. Датчики были предварительно откалиброваны. Информация об упругих деформациях лыжероллеров передавалась по каналу беспроводной передачи данных Bluetooth на устройство-приемник (смартфон с ОС Android) с установленным специальным программным обеспечением. Смартфон переносился спортсменами в поясной сумке, которая не оказывала влияния на их движения. Полученная информация экспортировалась на ПК для дальнейшей математической обработки данных с применением продукта Excel 16 (Microsoft).

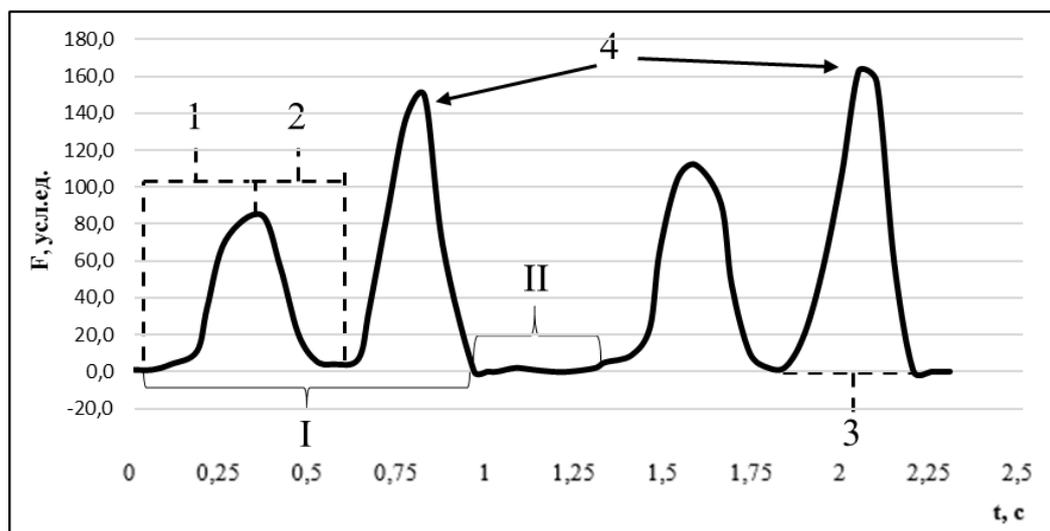
Результаты и обсуждение

По результатам обработки полученных данных были построены графики упругих деформаций лыжероллеров, которые характеризовали величину приложенной вертикальной силы на лыжероллеры в процессе передвижений спортсменов.

Дальнейшая обработка данных включала в себя расчет следующих показателей: продолжительность цикла движений; темп; продолжительность и соотношение ключевых фаз двигательного цикла; усредненная вертикальная сила, приложенная на лыжероллер;

минимальная и максимальная вертикальная сила, приложенная на лыжероллер; дельта силы отталкивания ногами; скоростно-силовой индекс; мощность отталкивания.

Продолжительность цикла движений ($t_{\text{цк}}$, с) была определена как промежуток времени между моментом контакта лыжероллера с опорой и моментом контакта лыжероллера с опорой при следующем шаге. Темп определялся как время цикла в минус первой степени ($t_{\text{цк}}^{-1}$, Гц). Параметры соотношения ключевых фаз двигательного цикла определялись как отношение к общей продолжительности всего цикла передвижений и выражались в процентах. В каждом цикле выделялись две фазы: опорная и безопорная. Время опорной фазы ($t_{\text{о.ф.}}$, с) рассчитывалось как промежуток времени между контактом лыжероллера с опорной поверхностью и последующим отрывом лыжероллера от опоры. Время безопорной фазы ($t_{\text{б.ф.}}$, с) рассчитывалось как промежуток времени между отрывом лыжероллера от опоры и моментом последующего контакта лыжероллера с опорой. Опорная фаза разделялась на фазу свободного скольжения ($t_{\text{ск.}}$, с) и фазу отталкивания ($t_{\text{отт.}}$, с). Началом фазы свободного скольжения определялся момент начала опорной фазы. Границей между фазами свободного скольжения и отталкивания служило минимальное значение вертикальной силы, зафиксированной на графике упругой деформации лыжероллера во время опорной фазы цикла между двумя пиковыми значениями упругой деформации, т.н. «разгрузка» [6]. Время фазы отталкивания ($t_{\text{отт.}}$, с) определялось как промежуток времени от минимального значения упругой деформации во время разгрузки до отрыва лыжероллера от опоры. Время достижения максимальной силы отталкивания ($t_{\text{Fмакс}}$, с) рассчитывалось как промежуток времени от начала отталкивания до момента максимального значения упругой деформации лыжероллера, зафиксированного во время фазы отталкивания. Пример графика упругих деформаций с обозначениями двигательных фаз и ключевых моментов цикла представлен на рис. 1.



I – опорная фаза; II – безопорная фаза; 1 – свободное скольжение; 2 – фаза разгрузки;
3 – отталкивание; 4 – максимальное значение силы отталкивания

Рис. 1. График упругих деформаций лыжероллера с обозначениями фаз ключевых моментов цикла в двух последовательных циклах отталкивания ногами

Значения вертикальной силы, приложенной к лыжероллеру, определялись как соотношение условных единиц деформации к калибровочному коэффициенту и рассчитывались в абсолютных величинах (Н). Средняя сила отталкивания ($F_{\text{отт}}$, Н) рассчитывалась как среднее значение силы во время всей фазы отталкивания. Максимальной силой отталкивания ($F_{\text{макс}}$, Н) считалось максимальное значение силы во время фазы

отталкивания, минимальной силой отталкивания ($F_{\text{мин}}$, Н) считалось значение силы в моменте начала отталкивания, т.е. минимальное значение разгрузки лыжероллера. Дельта силы (ΔF , Н) определялась как разница между минимальным и максимальным значением силы отталкивания. Скорость нарастания усилия ($V_{\text{н.у.}}$, Н/с) рассчитывалась путем деления дельты силы отталкивания на время достижения максимальной силы во время фазы отталкивания. Мощность отталкивания рассчитывалась как в абсолютных единицах измерения ($P_{\text{абс}}$, Вт), так и как отношение абсолютных единиц к массе тела испытуемого ($P_{\text{отн}}$, Вт/кг). Значения максимальной силы отталкивания ($F_{\text{макс}}$) и средней силы отталкивания ($F_{\text{ср}}$) также были рассчитаны как в абсолютных единицах (Н), так и как отношение абсолютных единиц к массе тела испытуемого (% от массы тела).

Полученные средние значения ($X \pm \text{ско}$) кинетических и кинематических параметров движений нижних конечностей в лыжных локомоциях в лучшей попытке каждого испытуемого представлены в таблице 1.

Наиболее важными параметрами, характеризующими развитие скоростно-силовых способностей спортсмена, являются значения дельты силы отталкивания ног (ΔF , Н), скорость нарастания усилия ($V_{\text{ус}}$, Н/с) и мощность отталкивания относительно массы тела ($P_{\text{отн}}$, Вт/кг). Сравнительные гистограммы по этим параметрам представлены на рис. 2-4.

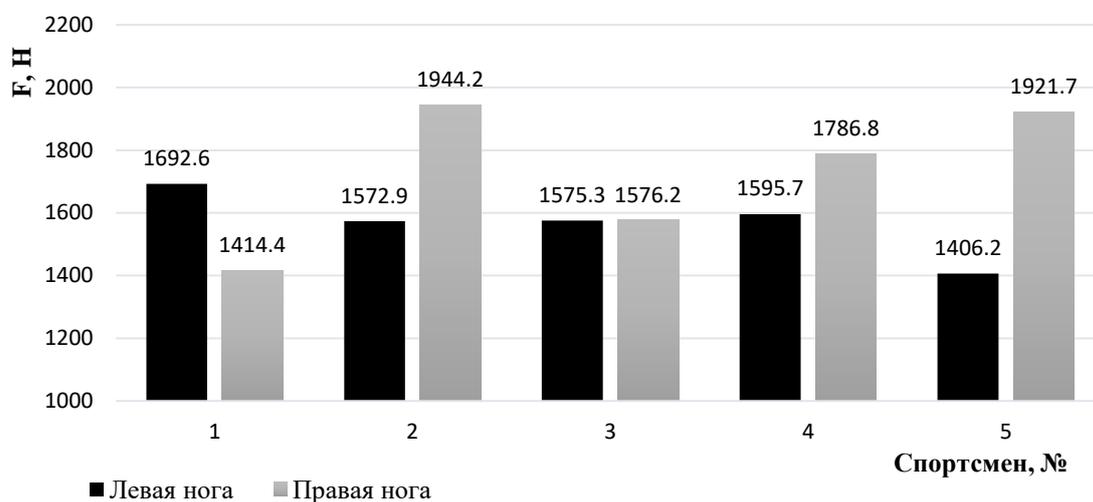


Рис. 2. Сравнительные гистограммы ΔF отталкивания ногами при беге на лыжероллерах с использованием коньковой одновременной-одношажной техники

Согласно предыдущим исследованиям, значения ΔF отталкивания увеличиваются с возрастанием скорости движения из-за более выраженной фазы разгрузки лыж/лыжероллеров. Также было выдвинуто предположение, что такая модель выполнения двигательных действий в лыжных локомоциях является эффективным способом генерации усилия при передвижении на максимальной скорости [4, 7, 8]. В нашем исследовании спортсмены, продемонстрировавшие наивысшие значения ΔF отталкивания, имели значения наименьшей вертикальной силы, приложенной к лыжероллеру в фазе разгрузки.

Таблица 1

Средние значения ($X \pm \text{ско}$) кинетических и кинематических параметров движений нижних конечностей в лыжных локомоциях в лучшей попытке каждого спортсмена

Спортсмен	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5	
	левая	правая	левая	правая	левая	правая	левая	правая	левая	правая
Кол-во циклов (n)	7	7	6	6	6	6	6	5	4*	4*
t цк (с)	1,23±0,05	1,21±0,05	1,23±0,07	1,25±0,07	1,38±0,06	1,24±0,09	1,33±0,04	1,34±0,05	1,23±0,08	1,22±0,03
Темп (Гц)	0,82±0,03	0,83±0,04	0,82±0,05	0,80±0,05	0,72±0,03	0,81±0,06	0,75±0,03	0,75±0,03	0,82±0,05	0,82±0,02
t о.ф. (с)	0,91±0,04	0,82±0,06	0,89±0,03	0,88±0,05	0,97±0,12	0,94±0,05	0,89±0,03	0,95±0,05	0,85±0,05	0,87±0,05
t о.ф. (% от t цк)	74,45±3,39	68,02±4,50	72,14±4,35	70,24±3,33	70,33±7,56	75,45±3,13	66,90±2,23	70,75±3,41	69,41±0,86	71,37±2,39
t б.ф (с)	0,31±0,05	0,39±0,06	0,35±0,07	0,37±0,06	0,41±0,11	0,31±0,05	0,44±0,04	0,39±0,05	0,38±0,03	0,35±0,03
t б.ф (% от t цк)	25,55±3,39	31,98±4,50	27,86±4,35	29,76±3,33	29,67±7,56	24,55±3,13	33,10±2,23	29,25±3,41	30,59±0,86	28,63±2,39
t ск. (с)	0,51±0,04	0,45±0,07	0,48±0,02	0,49±0,03	0,53±0,09	0,54±0,05	0,50±0,05	0,54±0,04	0,46±0,03	0,45±0,03
t ск. (% от t цк)	41,57±3,12	37,06±6,02	39,08±1,92	38,77±1,34	38,40±6,15	43,13±4,49	37,28±4,12	40,59±2,64	37,20±2,76	36,60±1,61
t отг. (с)	0,40±0,04	0,37±0,04	0,41±0,02	0,39±0,05	0,44±0,05	0,40±0,04	0,40±0,05	0,40±0,04	0,40±0,05	0,42±0,03
t отг. (% от t цк)	32,88±3,47	30,95±2,58	33,05±3,22	31,47±3,85	31,94±2,82	32,31±2,48	29,61±3,38	30,16±3,32	32,21±3,15	34,78±1,92
Ср (Н)	684,8±161,1	680,±59,2	696,6±102,9	908,3±128,9	495,6±90,6	714,9±68,0	790,3±112,5	680,1±57,9	595,7±85,6	868,1±174,4
Ср (% от м.тела)	98,42±23,1	97,83±8,5	85,64±12,6	111,67±15,8	95,98±12,1	94,74±9,1	96,01±13,7	82,61±7,1	84,43±12,1	123,03±24,7
Fмин (Н)	33,6±18,6	31,8±20,6	68,6±18,6	56,9±39,9	104,5±107,7	119,2±168,0	83,3±38,0	88,3±56,4	41,7±21,6	18,6±2,4
Fмакс (Н)	1726,2±83,6	1446,2±161,9	1641,5±120,9	2001,2±146,4	1679,8±81,5	1695,4±211,5	1679,1±108,7	1875,1±75,8	1447,9±102,3	1940,4±72,0
Fмакс (% от м.тела)	248,1±12,0	207,8±23,2	201,8±14,9	246,0±18,0	222,6±10,8	224,7±28,0	203,9±13,2	227,7±9,2	205,2±14,5	275,0±10,2
t Fмакс (с)	0,28±0,03	0,22±0,06	0,25±0,04	0,24±0,03	0,33±0,06	0,27±0,03	0,26±0,03	0,25±0,04	0,20±0,04	0,26±0,01
ΔF (Н)	1692,6±80,3	1414,4±152,2	1572,9±118,4	1944,2±135,9	1575,3±140,8	1576,2±365,5	1595,7±122,9	1786,8±112,6	1406,2±81,2	1921,7±70,6
V н.у. (Н/с)	6155,6±679,4	6767,1±1863,2	6412,8±1030,6	8360,5±1361,6	4918,6±1105,3	5796,8±1448,7	6189,0±782,3	7207,4±1010,4	7140,8±1352,4	7543,2±433,8
Рабс (Вт)	714,5±228,9	757,7±79,1	780,3±94,06	1041,2±119,6	543,9±95,2	788,3±84,1	885,2±135,6	764,5±68,1	651,1±68,4	989,9±212,8
Ротн (Вт/кг)	25,54±9,84	28,55±1,85	27,26±3,97	37,89±7,60	25,60±3,51	27,87±3,94	31,73±4,39	26,95±3,88	23,39±3,03	33,30±8,40

Примечание: *у спортсмена № 5 для обработки были выбраны только 4 цикла из 6-ти фактических.

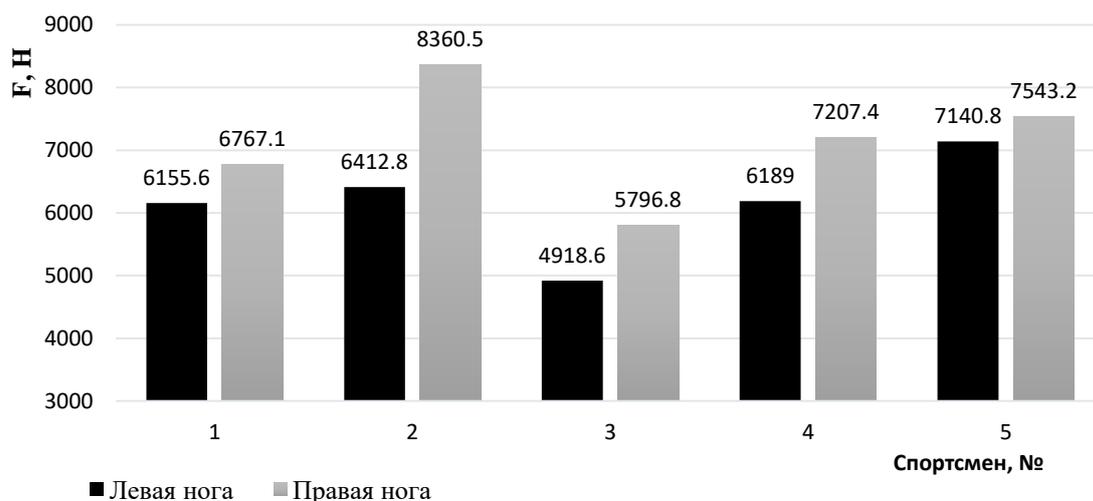


Рис. 3. Сравнительные гистограммы скорости нарастания усилия при отталкивании ($V_{н.у.}$, Н/с)

При передвижении на лыжероллерах на максимальной скорости от спортсмена требуется проявление наибольшего возможного усилия в наименьший промежуток времени, т.е. проявление взрывной силы. Следовательно, показатели скорости нарастания усилия характеризуют уровень развития скоростно-силовых способностей мышц, участвующих в отталкивании нижними конечностями при беге на лыжероллерах.

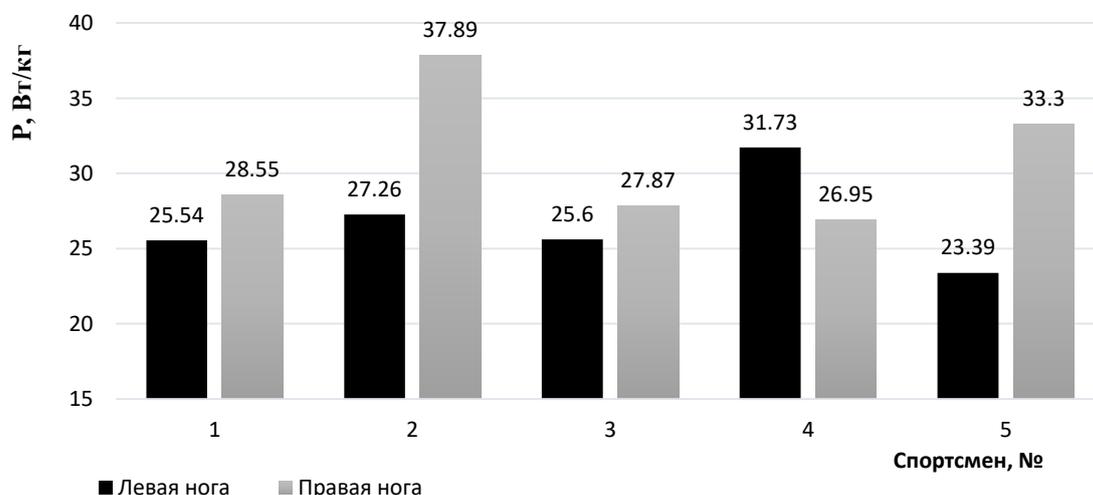


Рис. 4. Сравнительные гистограммы относительной мощности отталкивания (P , Вт/кг)

В нашем исследовании от спортсменов требовалось развитие максимальной скорости, соответственно от них требовалось проявление максимально возможной мощности отталкивания при прохождении контрольного отрезка. Как было показано в более ранних исследованиях, пиковые значения мощности отталкивания коррелируют с максимальной скоростью передвижения на лыжах и с результатами в спринтерских дисциплинах лыжных гонок [9, 10]. Следовательно, спортсмен, обладающий наибольшей максимальной мощностью отталкивания, будет иметь преимущество в контактных и спринтерских

дисциплинах за счет более высокой скорости финишного ускорения при условии сохранения достаточных ресурсов организма для обеспечения этого тактического действия.

По результатам исследования спортсмен №5 продемонстрировал относительно высокую скорость нарастания усилия при отталкивании ногами, однако у него была зафиксирована значительная разница значений силовых показателей и мощности отталкивания между конечностями. Значения дельты силы отталкивания, максимальной силы и мощности отталкивания левой ногой меньше, чем правой на 27, 25 и 30% соответственно. Это может свидетельствовать о возможных технических ошибках или травме. Тенденция в разнице значений динамических характеристик между правой и левой конечностью наблюдалась у всех испытуемых, однако в меньшей степени. Наименьшие интегральные значения показателей, характеризующих скоростно-силовую подготовленность, были зафиксированы у спортсмена №3, наивысшие значения были у спортсменов №2 и №4, которые продемонстрировали также наименьшее время прохождения контрольного отрезка.

Выводы

Использование методов беспроводной тензометрии позволяет определять кинетические и кинематические параметры двигательных действий, выполняемых спортсменом в различных фазах лыжных локомоций. Кроме того, важнейшим преимуществом использования интеллектуальных датчиков «SKI-Smart» для измерения и оценки скоростно-силовых параметров движений является возможность их использования в естественных условиях бега на лыжероллерах, поскольку техническая подготовленность спортсмена с высокой точностью может быть оценена лишь при анализе двигательных действий, выполненных при моделировании соревновательной деятельности в условиях, приближенных к реальным. Внедрение в тренировочный процесс предлагаемой методики оценки скоростно-силовой подготовленности биатлонистов позволит осуществлять оперативную коррекцию учебно-тренировочных планов и подбирать наиболее эффективные упражнения для развития скоростно-силовых качеств, способствующих росту спортивных результатов.

Необходимы дальнейшие исследования с применением беспроводных технологий для поиска наиболее эффективных способов передвижения спортсменов на лыжах/лыжероллерах при различном уклоне трасс и скорости передвижений, а также разработки модельных динамических характеристик бега на лыжах/лыжероллерах для разных скоростей и техник передвижения. Кроме того, необходимо продолжить работу по совершенствованию интеллектуальных датчиков «SKI-Smart» в направлении увеличения частоты измерения значений упругих деформаций с дальнейшей миниатюризацией устройств.

Список литературы

1. Laaksonen M.S, Jonsson M. The Olympic biathlon – recent advances and perspectives after Pyeongchang // *Front. Physiol.* 2018. 9: 796.
2. Sandbakk Ø., Holmberg H-C. A reappraisal of success factors for Olympic cross-country skiing // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 2013. Vol. 9, N 1. P. 117–121.
3. Hoset M., Rognstad A.B., Rølvag T., Ettema G., Sandbakk Ø. Construction of an instrumented roller ski and validation of three-dimensional forces in the skating technique // *Sports Eng.* 2013. Vol. 17, N 1. P. 23–32.
4. Ohtonen O., Lindinger S.J., Lemmettylä T., Seppälä S., Linnamo V. Validation of portable 2D force binding systems for cross-country skiing // *Sports Eng.* 2013. Vol. 16, N 4. P. 281–296.
5. Hladnik J., Supej P., Jerman B. Force measurement system for roller-ski skating // *Tehnički vjesnik.* 2018. Vol. 25, N 5. P. 1291–1297.
6. Ohtonen O., Lindinger S.J., Göpfert C. et al. Changes in biomechanics of skiing at maximal velocity caused by simulated 20-km skiing race using V2 skating technique // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2018. Vol. 28, N 2. P. 479–486.
7. Stöggl T., Kappel W., Muller E., Lindinger S. Double-push skating versus V2 and V1 skating on uphill terrain in cross-country skiing // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2010.

Vol. 42, N 1. P. 187–196.

8. Myklebust H., Losnegard T., Hallen J. Differences in V1 and V2 ski skating techniques described by accelerometers // *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2014. Vol. 24, N 6. P. 882–893.

9. Stöggl T., Lindinger S., Müller E. Reliability and validity of test concepts for the cross-country skiing sprint // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2006. Vol. 38, N 3. P. 586–591.

10. Stöggl T., Lindinger S., Müller E. Testing concepts for the cross-country skiing sprint. In: *Science and Nordic Skiing*. 2007. N 1. P. 159–170.

Smart sensors in assessing the speed-strength readiness of biathletes in V2 skate skiing technique

Darozhka A. S., *darozhka.aliaksandr@gmail.com*

Republican Innovation Unitary Enterprise «Science and Technology Park BNTU ‘Polytechnic’»,
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. To register the force made by the athlete when performing repulsion by feet from the ground, a mobile sensor system based on wireless tensometry was used. The essence of the method of recording force consisted in securing the «SKI-Smart» resistive sensors developed in the laboratory of sports biomechanics of the Scientific and Technological Park BNTU «Polytechnic» on roller skis. As a result of the experiment, indicators of kinetic and kinematic parameters of locomotions were obtained and a comparative analysis of the parameters characterizing the level of speed-strength readiness of the athletes participating in the study was performed.

Keywords: biathlon, skiing, force measurement, speed-strength readiness, tensometry, smart sensors, power.

Разработка требований к биотехнической системе функциональной электростимуляции с использованием обратной связи на основе комплексирования методов сономиографии, тензиомиографии и метода измерения мышечной силы

Каправчук В.В., студентка, 9784882@mail.ru

Брико А.Н., ассистент, briko@bmstu.ru

Кафедра «Медико-технические информационные технологии»,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Аннотация. Статья содержит ключевые требования, позволяющие разработать биотехническую систему для совершенствования физических качеств спортсменов, осуществления реабилитации после травм и наблюдения за функциональным состоянием спортсменов в динамике. Описан процесс актуализации применения метода функциональной электростимуляции с использованием обратной связи с учетом подробной оценки статей научной литературы.

Ключевые слова: биотехническая система, электростимуляция, обратная связь, биологическая информация, реабилитация, тренировочный процесс, мышечное сокращение, сономиография, тензиомиография, метод измерения мышечной силы.

Введение

Развитие современных технологий и методов сбора биологической информации о человеке привело к существенным изменениям в спортивной медицине и тренировочных процессах. Возможность получения и анализа биологической информации, характеризующей эффективность воздействий во время реабилитационного или тренировочного процессов в режиме реального времени, позволяет в полной мере обеспечить оптимизацию использования того или иного метода воздействий с учетом биологической обратной связи.

Функциональная электростимуляция – это метод восстановительного лечения, так же являющийся методом управления функциональным состоянием спортсменов и реализацией их резервных возможностей работоспособности в тренировочной деятельности. Метод функциональной электростимуляции заключается в том, что на двигательный аппарат спортсмена действуют импульсы электрического тока, вызывающие сокращения мышц. Важнейшей особенностью данного метода является то, что продолжительность сокращения и степень напряжения мышц зависят не от воли спортсмена, а от параметров стимулирующих импульсов.

Экспериментально было проверено, что применение метода функциональной электростимуляции увеличивает возможности реализации имеющегося двигательного и энергетического потенциала спортсмена: увеличивается содержание гликогена в мышцах, повышается их работоспособность за счет увеличения кровотока, лимфотока и активности ферментативных систем. Благодаря методу функциональной электростимуляции предотвращается накопление молочной кислоты, повышается доставка питательных веществ к мышце, увеличивается запас АТФ. Кроме того, сокращения мышц, вызываемые электрическими импульсами, обеспечивают выделение недоокисленных продуктов и повышают возбудимость стимулируемой мышцы [1]. Помимо вышеперечисленного, метод функциональной электростимуляции оказывает влияние на ЦНС, а также на нейрогуморальные механизмы регуляции функций в организме [2].

Электростимуляция используется при разминке, для ускорения восстановительных процессов непосредственно после тренировки, для развития скоростных и силовых качеств спортсменов, повышения силовой выносливости мышц, наращивания мышечной массы, для

восстановления после травм, а также для поддержания работоспособности двигательного аппарата в периоды вынужденного бездействия [1]. Комплексное применение метода функциональной электростимуляции с использованием методов обратной связи может обеспечить достижение более высокого эффекта тренировочного или реабилитационного процесса.

Однако, в практике спортивной подготовки спортсменов в процессе выбора средств восстановления и стимуляции не всегда в полной мере учитывается ряд важных критериев, таких как готовность организма к применению тех или иных стимуляционных методов на конкретной стадии восстановления, критерий меры готовности организма к стимуляционным нагрузкам во время и после тренировочных процессов, а также соответствие направленности тренировочного или восстановительного процесса и направленности действия средств восстановления [3].

Исследование этих критериев создает дополнительные предпосылки для формирования требований к биотехнической системе для применения метода функциональной электростимуляции, важнейшей частью которой является наличие обратной связи (на основе объединения методов сономиографии, тензиомиографии и метода измерения мышечной силы) в виде комплексного датчика, включающего в себя тензодатчик, датчик линейного перемещения и одноэлементный ультразвуковой преобразователь. Данные, полученные благодаря обратной связи, позволяют оценивать и контролировать эффективность восстановительных и стимуляционных воздействий в спорте, а также получать большое количество важной информации о процессах, происходящих в мышцах спортсмена в динамике.

На сегодняшнее время существуют работы, описывающие каждый метод в отдельности. Так, метод тензиомиографии – это метод неинвазивного измерения биомеханических, динамических и сократительных свойств скелетных мышц человека после стимулированного сокращения [4]. В свою очередь, сономиография – это метод обнаружения динамических изменений толщины скелетных мышц во время мышечного сокращения посредством ультразвуковых сигналов [5, 6]. Целесообразно предположить, что объединение данных методов с методом измерения мышечной силы при сокращении, основанного на применении чувствительных к силе тензорезисторов, позволит получать большее количество биологической информации о спортсмене.

Предложенный в данной статье метод воздействий и получения биологической информации о спортсмене является неинвазивным, многофункциональным и довольно перспективным. Он может применяться как в совокупности с тренировочным процессом, так и во время реабилитации. При получении биологической информации посредством комплексного датчика учитывается не только внешний ответ мышцы при стимуляции, но и изменения толщины и твердости мышечной ткани спортсмена. Для начала необходимо реализовать биотехническую систему, включающую в себя блок стимуляции с использованием накожных электродов, блок обратной связи с использованием комплексного датчика, а также интерфейсную часть. С целью последующей разработки и реализации биотехнической системы были предложены ключевые требования, описанные в настоящей работе.

Материалы и методы

Целью данной статьи является формирование требований к биотехнической системе функциональной электростимуляции с использованием обратной связи на основе комплексирования методов сономиографии, тензиомиографии и метода измерения мышечной силы в спорте.

Общая схема автоматизации процесса применения метода функциональной электростимуляции с использованием обратной связи представлена на рис.1 (на примере прямой мышцы бедра). Биотехническая система содержит блок стимуляции с использованием накожных электродов, блок обратной связи с использованием комплексного

датчика, а также интерфейсную часть, включающую в себя микроконтроллер, интерфейс, персональный компьютер.

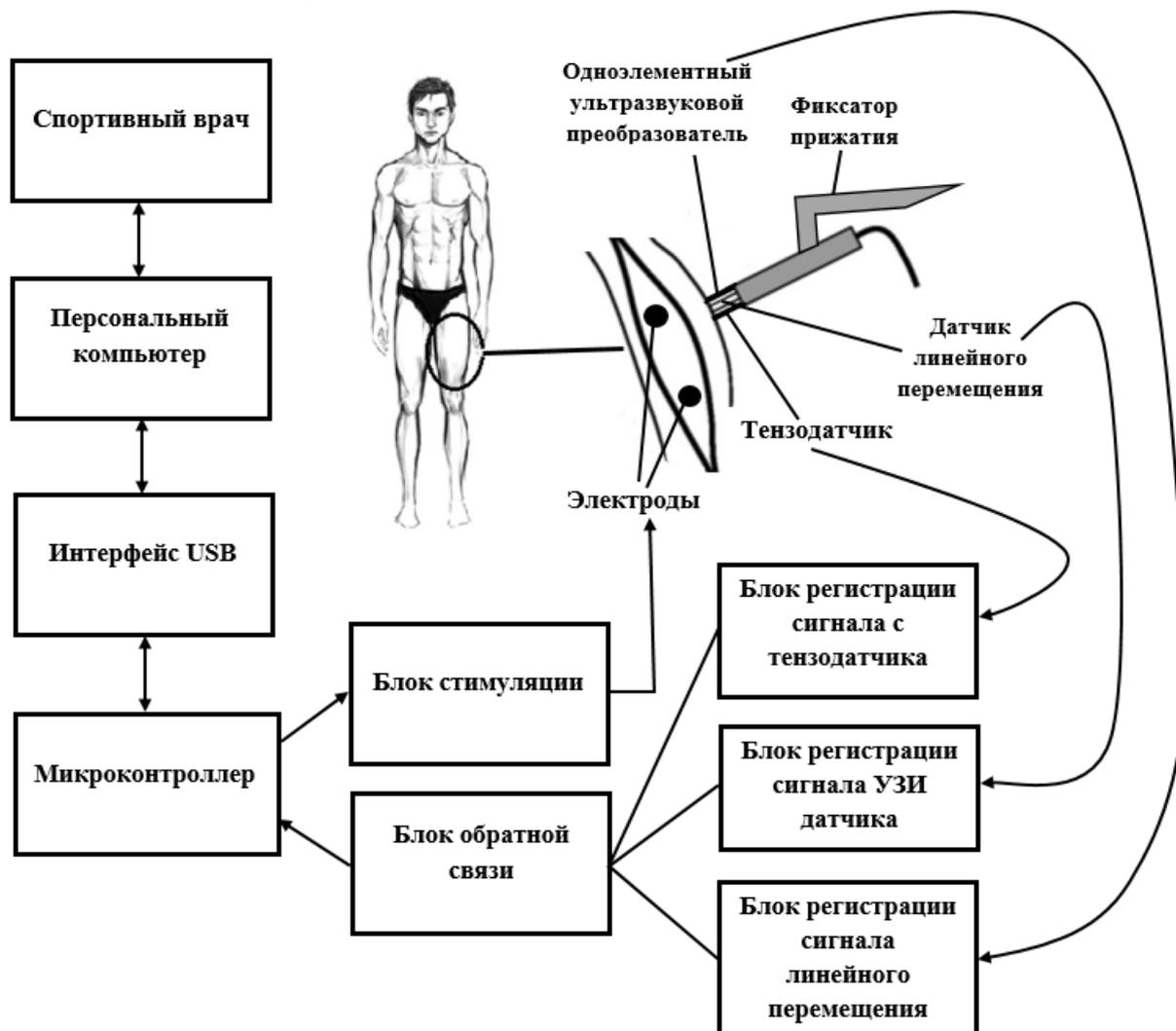


Рис.1. Схема биотехнической системы метода функциональной электростимуляции с использованием обратной связи в виде комплексного датчика в спорте

В спорте для стимуляции нервно-мышечного аппарата применяется неинвазивная электростимуляция с помощью накладных электродов. В представленной на рис. 1 схеме метод функциональной электростимуляции может применяться для реабилитации мышц спортсменов после травм, в качестве вспомогательного метода в комплексе с тренировочным процессом, а благодаря системе обратной связи, представленной в виде комплексного датчика, возможно получение биологической информации о функциональных характеристиках мышц и анализ эффективности применяемых к мышце воздействий благодаря визуализации полученной информации на персональном компьютере в режиме реального времени.

В настоящее время существует множество устройств, позволяющих получать и анализировать характеристики и функциональные показатели мышц: ультразвуковой датчик для измерения толщины и твердости мышц, тензодатчик для определения силы мышечного сокращения, датчик линейного перемещения [7]. Для эффективного получения биологической информации о мышцах спортсмена и дальнейшего анализа полученных данных целесообразно объединить вышеперечисленные устройства в один комплекс, так как использование одних лишь датчиков измерения силы и перемещения при электростимуляции недостаточно для полного анализа мышечных параметров, поскольку на полученные результаты, также влияет толщина и твердость скелетных мышц.

Анализировать совокупность мышечных показателей возможно благодаря объединенному комплексному датчику, включающему в себя: датчик линейного перемещения для анализа радиального смещения мышечного брюшка при стимуляции, тензодатчик для измерения мышечной силы при стимулируемом сокращении, а также одноэлементный ультразвуковой преобразователь, который может определять толщину биологических тканей по эхо-импульсам, отраженным от их границ. Помимо этого, необходим фиксатор прижатия, который будет прижимать блок датчиков к поверхности кожи.

Данный комплекс датчиков измеряет силу реакции мышцы, радиальное смещение мышечного брюшка, время и скорость сокращения, а также толщину и твердость тканей до и после воздействия одиночного электрического импульса, подаваемого блоком стимуляции с использованием двух одноразовых накожных электродов, расположенных симметрично относительно комплексного датчика, прижатого к коже [8, 9]. Полученные данные передаются на персональный компьютер с программным обеспечением, которое позволяет управлять блоком стимуляции и обрабатывать сигналы, полученные с блока обратной связи. Спортивный врач видит преобразованные цифровые или графические показатели мышечной активности на мониторе.

Измерение и анализ данных показателей до и после тренировки или в течение реабилитационного периода играет важнейшую роль для анализа эффективности тренировочного или восстановительного процесса.

Для реализации биотехнической системы необходимо учесть технические характеристики, которым она должна удовлетворять. Для достижения уменьшения мощности стимулирующих сигналов и отсутствия болезненных ощущений необходимо применять переменный ток для стимуляции, так как для него кожа человека обладает меньшим сопротивлением, чем для постоянного тока [1]. Форма стимулирующего импульса должна быть прямоугольная, так как импульс данной формы переносит к мембране максимальное количество заряда [10]. Продолжительность одного электрического стимула должна составлять 1 мс, однако необходимо наличие возможности варьировать данную величину от 25 до 1000 мкс в зависимости от поставленной задачи для использования метода функциональной электростимуляции с применением обратной связи. Также должна быть возможность выставлять время между подачей стимулов, менять частоту следования импульсов тока воздействия от 1 до 120 Гц, а также изменять амплитуду стимуляции в пределах от 20 до 110 мА в зависимости от целей и задач использования метода функциональной электростимуляции с использованием обратной связи в спорте. Центральная частота ультразвукового импульса у одноэлементного ультразвукового преобразователя должна составлять 6-12 МГц [5, 6].

Таблица 1

Технические характеристики

Тип тока стимуляции – переменный.
Форма стимулирующего импульса – прямоугольная.
Амплитудное значение импульсов тока - от 20 до 110 мА.
Частота следования импульсов тока воздействия - от 1 до 120 Гц.
Продолжительность одного электрического стимула – от 25 до 1000 мкс.
Количество каналов стимуляции – 1.
Центральная частота ультразвукового импульса у одноэлементного ультразвукового преобразователя – от 6 до 12 МГц.

Помимо разработки комплексного блока датчиков с приведенными в статье параметрами, ключевым требованием к данной биотехнической системе является наличие программного обеспечения с возможностью регулировки режимов электростимуляции в зависимости от направленности и целей стимуляционного воздействия, а также наличие в учреждении высококвалифицированного врача, способного грамотно назначить

функциональную электростимуляцию в зависимости от задачи и правильно интерпретировать полученные посредством обратной связи результаты.

Дальнейшими целями являются сборка и реализация данной биотехнической системы.

Выводы

В результате проведенной работы достигнута цель исследования – описаны ключевые требования к биотехнической системе метода функциональной электростимуляции с использованием обратной связи в спорте.

Дальнейшая разработка биотехнической системы и внедрение данного метода в практику работы профильных спортивных учреждений позволит осуществлять оперативный сбор биологической информации в режиме реального времени в процессе применения тренировочных и восстановительных методов стимуляционных воздействий.

Автоматизация процессов применения метода функциональной электростимуляции с использованием комплексного датчика в качестве обратной связи в режиме вывода информации на компьютере является одним из возможных результатов внедрения информационных технологий в сфере спорта, позволяющих следить за состоянием спортсмена в режиме реального времени до и после тренировки, а также во время реабилитации. Это, в свою очередь, играет важнейшую роль для достижения высоких спортивных результатов.

Список литературы

1. Николаев А.А. Электростимуляция в спорте. Учебное пособие для студентов и преподавателей академий и институтов физической культуры. Смоленск, 1999. С. 6–11.
2. Калакутский Л.И., Акулов С.А., Федотов А.А. Системы электростимуляции органов и тканей. Электронное учебное пособие. Самара, 2012. С. 14–24.
3. Виноградов В.Е. Внетренировочные средства стимуляции и восстановления работоспособности в подготовке спортсменов высокой квалификации // Наука в олимпийском спорте. 2014. № 2. С. 21–22.
4. Macgregor L.J., Hunter A.M., Fairweather M.M., Ditroilo M. Assessment of skeletal muscle contractile properties by radial displacement: the case for tensiomyography // Sports Med. 2018. Vol. 48, N 7. P. 1607–1620.
5. Guo J.-Y., Zheng Y.-P., Huang Q.-H., Chen X., Dynamic monitoring of forearm muscles using one-dimensional sonomyography system. In: Department of Health Technology and Informatics, 2008. The Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong SAR, China. DOI: 10.1682/JRRD.2007.02.0026.
6. Делягин В.М. Ультразвуковое исследование мышц в норме и при нейромышечной патологии // SonoAce Ultrasound - журнал по ультразвукографии. 2015. № 27. С. 68–73.
7. Esposito D., Andreozzi E., Fratini A. et al. A piezoresistive sensor to measure muscle contraction and mechanomyography // Sensors. 2018. Vol. 18, N 8. P. E2553.
8. Dahmane R., Valenchih V., Knez N., Erzen I. Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response // Med. Biol. Eng. Comput. 2001. Vol. 31, N 1. P. 51–55.
9. Muraki S., Fukumoto K., Fukuda O. Prediction of the muscle strength by the muscle thickness and hardness using ultrasound muscle hardness meter // Springerplus. 2013. 12(2):457.
10. Волобуев А.Н., Сирота А.И. Биофизические принципы электростимуляции // Вестник новых медицинских технологий Тульского государственного университета. С. 14–17.

Development of requirements for the biotechnical system of the method of functional electrical stimulation using feedback on the basis of combining the methods of sonomyography, tensiomyography and the method of measuring muscle strength

Kapravchuk V. V., *student, 9784882@mail.ru*

Briko A. N., *Assistant Professor, briko@bmstu.ru*

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

Abstract. The article contains key requirements that allow development of a biotechnical system for improving the physical qualities of athletes, rehabilitation after injuries and monitoring the functional state of athletes in dynamics. The process of actualization of the application of the method of functional electrical stimulation using feedback is described, taking into account the detailed evaluation of articles of scientific literature.

Keywords: biotechnical system, electrical stimulation, feedback, biological information, rehabilitation, training process, muscle contraction, sonomyography, tensiomyography, method of measuring muscle strength.

Инновационные цифровые технологии в научно-методическом сопровождении подготовки спортсменов-гребцов

Лукашевич Д.А., *Dmitry.luckashewi4@yandex.by*

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье описываются использование методов основанных на анализе биоэлектрической активности мышц и биологической обратной связи к диагностике спортсменов-гребцов с применением современных информационных технологий.

Ключевые слова: академическая гребля, регуляция движений спортсмена, биоэлектрическая активность мышц, миография, техника гребли.

Введение

С каждым годом появляется все больше спортсменов-гребцов, демонстрирующих высокие результаты в официальных международных соревнованиях. Гонка за результат начинается задолго до выхода на спортивную арену и связана, прежде всего, с внедрением в тренировочный процесс цифровых технологий, позволяющих отслеживать динамику подготовленности спортсмена в доступной для понимания форме.

Одной из центральных проблем в физиологии спорта является изучение механизмов регуляции движений с использованием метода электромиографии, благодаря которому получены точные сведения о функционировании нервных и мышечных структур, входящих в систему управления движениями [1].

Материалы и методы

При тестировании спортсменов-гребцов для регистрации параметров биоэлектрической активности мышц нами применялся мобильный аппаратно-программный комплекс Delsys Trigno Avanti. Поскольку любое двигательное действие имеет внешнюю и внутреннюю формы проявления, немаловажным является соотнесение данных биоэлектрической активности с фазовой структурой выполняемого упражнения. Для этого нами использовался алгоритм синхронной регистрации видео и ЭМГ данных путем интеграции двух систем: Delsys и видеокамеры Qualisys, синхронизированных с помощью триггерного модуля и триггерной кнопки. Подобная интеграция позволяла определять текущую активность мышц при выборе любого момента на видео путем перемещения курсора на шкале времени. Такой метод анализа имеет большое практическое применение при оценке эффективности техники двигательных действий спортсмена в естественных условиях гребных локомоций.

Обработка данных

Обработка полученных данных осуществлялась в среде для программирования MatLab с помощью разработанной программы EMG_analyzer. На первом этапе обработки ЭМГ-сигналов автоматически выделялись циклы по данным акселерометрии. На втором этапе обработки осуществлялась фильтрация сигнала для каждого канала данных, строились огибающие линии и выделялись участки локализации в каждом цикле. В результате автоматизированного анализа рассчитывались следующие параметры цикла: время; средняя амплитуда ЭМГ; время локализации; средняя амплитуда в локализации, максимальная амплитуда в локализации, а также средние значения этих параметров для всех анализируемых циклов.

Результаты

По результатам обработки и анализа строились индивидуальные профили спортсмена, в которых цветом выделялась степень активности мышц при выполнении тестовых заданий. Зеленым цветом обозначались наиболее активно вовлеченные в работу мышцы, желтым –

имеющие среднюю активность, и красным – наименее активные. Индивидуальные паттерны средней амплитуды ЭМГ в локализациях отражали силовой потенциал мышечных групп [2].

Немаловажным фактором, определяющим эффективность техники гребли, является рациональная последовательность включения мышц в работу, обусловленная критериями биомеханической целесообразности выполнения двигательного действия. При динамической работе, свойственной выполнению гребных локомоций, характерна последовательная активация, при которой первыми включаются менее быстрые, но более сильные группы мышц, преодолевающие силу инерции при взаимодействии весла с внешней средой. Затем активизируются менее сильные, но более быстрые группы мышц, способствующие увеличению скорости движения. В хорошо освоенном двигательном действии порядок включения мышц в работу довольно строго фиксирован. Наиболее стабильным признаком является активность основных групп мышц, в то время, как для других мышц, принимающих участие в движении, включение в работу носит вариативный характер [3, 4].

Ранее нами была разработана методика, позволяющая оценивать воздействие тренировочной нагрузки на ведущие группы мышц спортсменов-гребцов с выявлением степени симметричности работы мышц, участвующих в реализации двигательного потенциала с использованием биологической обратной связи (БОС), позволяющей спортсмену на основании визуально воспринимаемых сигналов биоэлектрической активности мышц перераспределять усилия, добываясь максимальной мощности гребка на акцентированных участках рабочих движений [5]. Задачей спортсмена в условиях выполнения заданий с дозированной нагрузкой являлось поддержание оптимального темпа движений с целью рационального распределения усилий без явного форсирования и сокращения рабочей производительности. БОС-тренинг считался завершенным, когда спортсмен мог целенаправленно задействовать ведущие группы мышц и перенести полученный эффект на выполнение основного соревновательного упражнения в естественных условиях гребных локомоций.

Выводы

Одним из факторов, непосредственно оказывающих влияние на спортивный результат в гребле, является взаимодействие весла спортсмена с поверхностью воды, которое сопровождается деформацией инвентаря. Величина этих деформаций пропорциональна величине прикладываемого усилия спортсменом. Поэтому для количественной оценки качества гребка мы используем интеллектуальные датчики (ИД), которые позволяют не только с высокой степенью точности определять и контролировать параметры усилий, развиваемых спортсменом в подводной части гребка, но и осуществлять обратную связь между тренером и спортсменом, способствуя повышению уровня эффективности тренировочного процесса. Графический материал, представленный тензодинамограммой, демонстрирует зависимость суммарной нагрузки, прикладываемой к веслу, от времени и отражает выполнение спортсменом всех фаз опорной и безопорной частей гребка [6, 7].

Применение цифровых технологий в тренировочном процессе существенно расширяет возможности специалистов в оценке ключевых сторон подготовленности спортсмена, а также способствует эффективной коррекции техники выполнения основных элементов соревновательного упражнения с использованием приемов биологической обратной связи.

Список литературы

1. Моисеев С.А., Городничев Р.М. Влияние напряженной мышечной деятельности на характеристики сложнокоординационного двигательного действия // Вестник Тверского государственного ун-та (серия «Биология и экология»). 2009. № 11. С. 15–22.
2. Борщ М.К., Хроменкова Е.В. Программа тестирования и система оценки функционального потенциала нервно-мышечного аппарата спортсменов для контроля и коррекции тренировочного процесса: учебное пособие. Минск: БГУФК, 2015. 61 с.
3. Городничев Р.М. Спортивная электронейромиография. Великие Луки: ВЛГАФК, 2005. 229 с.

4. Лукашевич Д.А. Метод электромиографии в оценке рациональности движений спортсменов-ребцов // Ученые записки. 2019. № 22. С. 116–126.
5. Лукашевич Д.А., Васюк В.Е. Развитие силы ведущих групп мышц спортсменов-ребцов с использованием биологической обратной связи // Мир спорта. 2018. № 1 (70). С. 21–25.
6. Caplan N. A simulation of outrigger canoe paddling performance // The Engineering of Sport. 2009. Vol. 1. P. 97–105.
7. Анциперов В.В. Технология тензометрического измерения в спорте. Волгоград: ФГОУВПО «ВГАФК», 2013. 129 с.

Innovative digital technologies in scientific and methodological training of athletes-rowers

Lukashevich D. A., *Dmitry.luckashewi4@yandex.by*
Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article describes the use of methods based on the analysis of bioelectric activity of muscles and biofeedback to the diagnosis of athletes-rowers with the use of modern information technologies.

Keywords: academic rowing, regulation of athlete's movements, bioelectric muscle activity, myography, rowing technique.

Методика гидроакустической спидографии: дальнейшие перспективы

Митрофанов А.А., аспирант, *andrey.mitrofanof@yandex.ru*

Попов О.И., д-р пед. наук, профессор, *olegpo57@gmail.com*

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)», Москва

Аннотация. В работе представлена информация о перспективах и направлениях использования методики гидроакустической спидографии в рамках проведения научных исследований по виду спорта плавание. Вкратце рассматривается история исследований, последовательность развития технологий ведения видеосъемки и фиксации внутрицикловой скорости плавания. На основании анализа публикаций зарубежных и отечественных ученых предложены новые способы применения методики в практике спорта, обоснованы основные пути ее совершенствования и возможности использования в тренерской и научно-исследовательской работе.

Ключевые слова: плавание, гидроакустическая спидография, внутрицикловая скорость, видеосъемка, техническая подготовка, критерии технического мастерства.

Введение

Инструментальные технологии, аппаратно-программные комплексы и иные измерительные системы, позволяющие получать информацию о пространственно-временных кинематических характеристиках движений пловцов, стали применяться уже в начале 20 века [6]. Первой признанной и официально опубликованной работой с использованием авторской методики измерения мгновенной скорости считается работа П.В. Карповича, разработавшего «Натограф» для реализации идеи измерения скорости в течение одного цикла гребка [9, 16]. Со временем стало появляться все больше методов и средств, позволяющих оценивать скорость движения пловцов в водной среде [2]. Настоящее время можно называть эпохой инновационных технологий, большинство из которых применяется и в сфере спортивного плавания, в том числе и для измерения скорости перемещения пловца [21].

На сегодняшний день для описания флуктуационной составляющей скорости отдельных циклов гребковых движений общепринято использовать термин «внутрицикловая скорость» (ВЦС), под которым понимается периодическая (в нашем случае с частотой в 0,02 секунды) последовательность значений мгновенной составляющей скорости точки, расположенной вблизи от центра масс (на поясе пловца) [19, 20]. Методика в настоящее время применяется комплексной научной группой (КНГ) сборной команды России по плаванию [13] и является одним из средств оценки уровня технической подготовленности пловцов.

Предыдущие исследования

Анализ литературных источников показывает, что если ранее было достаточно задействовать в исследовании техники плавания только фото- или видеосъемку и преимущественно визуально анализировать закономерности локомоторных движений высококвалифицированных пловцов [4], то современные тенденции требуют использования дополнительных инструментальных технологий, которые бы опирались на математический анализ и интерпретацию не только эмпирических наблюдений, но и фактически проведенных расчетов первичных данных.

В настоящее время представляемая методика измерения флуктуаций мгновенной скорости является не единственным аппаратно-программным комплексом, который может быть использован в практике научных исследований [21]. Современные разработки позволяют не только производить видеосъемку высокого разрешения и качества, измерять

динамические и кинематические характеристики, но и представляют особый интерес для практического использования в тренерской практике (рис. 1).

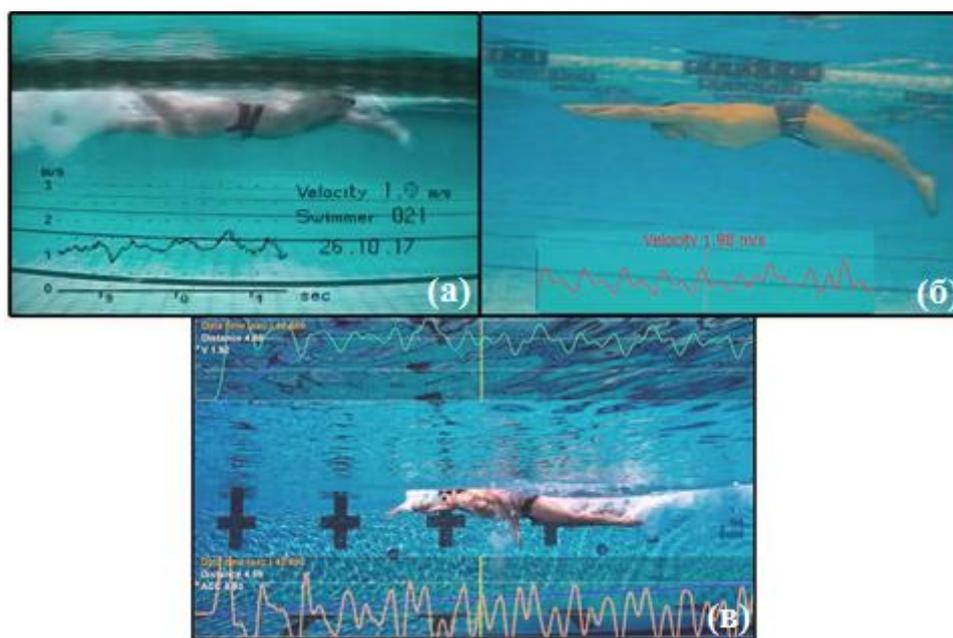


Рис. 1. Современные технологии измерения ВЦС: методика гидроакустической спидографии (а), measure sport science (б), velocity meter (в)

Последний и в настоящий момент актуальный обзор имеющихся комплексов для производства аппаратно-программной съемки выполнил ирландский ученый Robert Mooney с коллегами. В результате за период 2010-2015 годов было проанализировано 30 научных публикаций, связанных с осуществлением видеосъемки в различном формате (2D или 3D), с использованием разного количества камер. Также учитывалось их взаимное расположение, конфигурация, частота кадров, количество используемых маркеров (анатомических) и измеряемые параметры движений. В итоге, несмотря на имеющуюся разницу в способах и методах осуществления видеосъемки, авторы выделили 3 основных стадии в процессе видеоанализа: 1) Выбор и установки камер(-ы); 2) Захват видео (видеосъемка); 3) Обработка данных с их последующим анализом [1].

АПК методики гидроакустической спидографии позволяет получить пул значений ВЦС, синхронизированных по времени с подводной видеозаписью, что расширяет его возможности при проведении научных исследований и изучении техники плавания.

Многие исследователи динамики скорости внутри цикла гребков сходятся во мнении, что чем меньше эти колебания – тем эффективнее техника плавания [7]. Однако имеется и другой подход, согласно которому высочайший уровень квалификации спортсмена позволяет ему созидательно использовать присоединенную массу жидкости, образовавшуюся в связи с резким увеличением скорости во время основной части гребка. А именно, после завершения ускоряющей части, с наступлением закономерного снижения общей скорости плавания, инерция системы пловца с добавленной массой воды противодействует сопротивлению, тем самым замедляя торможение [11]. Таким образом, данная концепция утверждает, что техническое мастерство пловца заключается в умении не только достигать максимальных величин скорости, но и использовать инерцию присоединенной массы воды для увеличения длительности приобретенного ускорения.

Учитывая эти две теории, возникает вопрос: какие подходы стоит использовать при интерпретации получаемых данных мгновенной скорости? ВЦС является интегральным показателем, обличающим результативность выполненного гребкового цикла движений, что побуждает специалистов искать причинно-следственные факторы, обуславливающие эти колебания. До сих пор в научно-методической литературе отсутствуют данные, которые бы

позволяли: 1) Осуществлять количественную, объективную оценку технической подготовленности пловца на основании значений внутрицикловых колебаний скорости; 2) Выделить факторы и характеристики гребковых движений пловца, которые в наибольшей степени обуславливают экономичность и эффективность техники плавания; 3) На основе этих факторов проводить индивидуальную коррекцию техники плавания на фоне представлений о модельных характеристиках флуктуаций скорости в течение как целого цикла, так и отдельных фаз гребка.

Методика гидроакустической спидографии на сегодняшний день: а) не имеет достаточной базы экспериментальных данных и как следствие отсутствует подробный и исчерпывающий метрологический анализ, подтверждающий надежность и информативность измеряемых величин скорости плавания; б) не располагает до конца сформировавшейся моделью обработки исходных данных ВЦС; в) не может предложить основные факторы и критерии техники плавания, которые обуславливают те или иные видимые изменения мгновенной скорости. Все это создает широкое поле для проведения исследований, а также создает необходимую актуальность работы ввиду существующих тенденций к объективизации и визуализации оценки и анализа биомеханической составляющей техники плавания.

Для решения имеющихся противоречий, стоит предположить логику проведения исследований: 1) Выявить и минимизировать погрешность используемых методик измерения скорости, параллельно применяя проверенные методики определения скорости плавания; 2) Определить критерии и факторы, по которым наиболее надежно и информативно можно судить об эффективности плавательной техники; 3) Сформулировать совокупность тестов и последовательность их проведения, максимально удовлетворяющих избранному критерию и позволяющим с уверенностью определять уровень технического мастерства пловцов.

Методика и организация исследований

На базе нашего университета РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК) в течение нескольких лет был проведен ряд исследований с использованием методики гидроакустической спидографии (рис. 2). Последовательно решались задачи по выявлению погрешности метода, определения способов сопоставления циклов гребков и графиков ВЦС между собой. Также осуществлялись попытки поиска оптимальной последовательности обработки исходных данных, представления результатов, определения эффективности техники плавания [15-17].

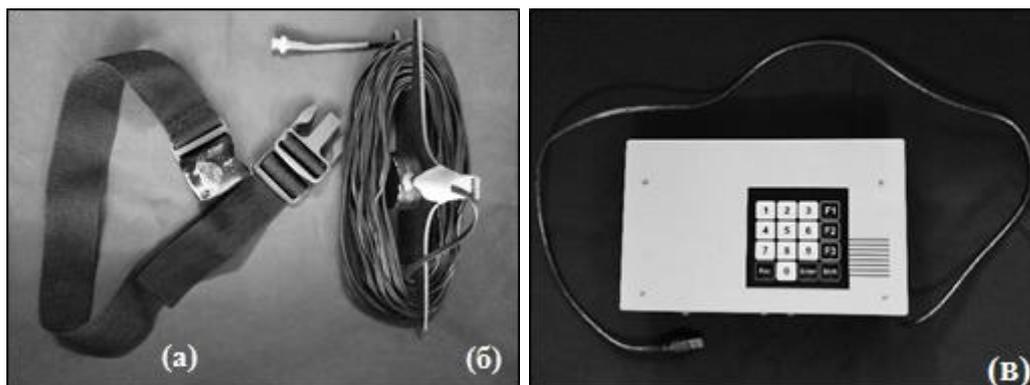


Рис. 2. Составляющие методики гидроакустической спидографии: гидроакустический пояс (а), гидрофон (б), видеопроцессорный блок обработки видеосигнала (в)

Из методических особенностей и организационных основ, ранее не описанных в публикациях к данной методике, следует отметить некоторые нюансы ее использования:

1) Применять методику следует на расстоянии не более 25 метров между гидроакустическим поясом (источником ультразвукового сигнала) и гидрофоном (приемник ультразвукового сигнала).

2) Между поясом и гидрофоном не должно возникать никаких препятствий (предметов и иных объектов) во время съемки.

3) Направление движения пловца должно осуществляться непосредственно на гидрофон, который должен быть расположен на той же дорожке бассейна, что и плывущий спортсмен.

4) Излучатель ультразвука (пояс) – жестко крепится на теле спортсмена, в районе общего центра массы тела (ОЦМТ).

5) Пояс необходимо надевать плоской частью вперед по направлению движения, необходимо удостовериться, что ремень не перекручен.

6) Время непрерывной работы пояса после полной зарядки составляет 40-45 минут (прекращение свечения красного светодиода пояса сигнализирует о разряде внутренней батареи, в этом случае точное измерение скорости не гарантируется).

Результаты и перспективы исследований

На сегодняшний день проведены 75 измерений, осуществившихся в 50-метровом бассейне ФГБОУ ВО РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК) и проводившихся добровольного согласия участников эксперимента. В процессе видеосъемки применялся индивидуальный контроль за состоянием спортсменов, а также подбирались персональная последовательность заплывов, исходя из основной специализации, пола, возраста, стажа и уровня текущей подготовленности пловца. Измерения проводились для плавания на ногах, на руках, в полной координации различными способами. В связи с этим обнаружился внушительный разброс значений средней скорости (рис. 3).

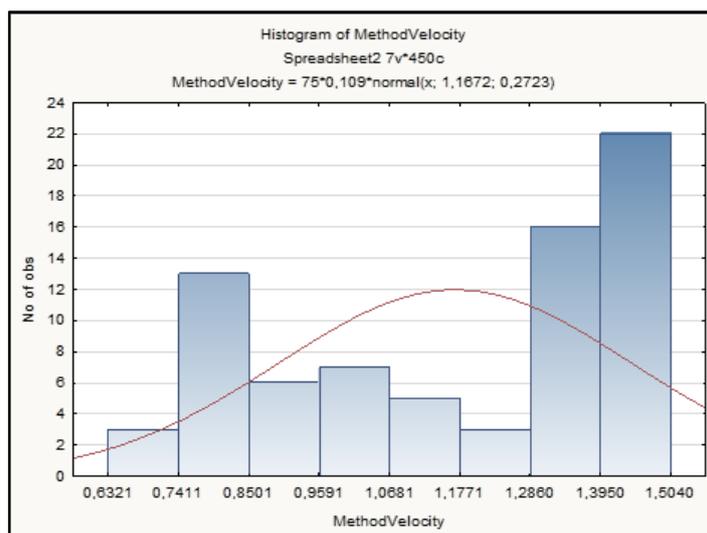


Рис. 3. Гистограмма значений средней скорости (MethodVelocity) проплытия отрезка 10 метров в представленной выборке данных (75 человек)

В предыдущих исследованиях было показано, что методика гидроакустической спидографии имеет систематическую погрешность, выраженную в снижении фактической скорости плавания. Для приведения значений мгновенной скорости к адекватным величинам, которые параллельно регистрировались по видеозаписи, было предложено линейное уравнение регрессии, которое отчасти нивелировало систематическое снижение скорости.

$$V_{\text{факт}} = 1,139 \times V_{\text{гм}} + 0,062 \text{ (м/с);}$$

где $V_{\text{факт}}$ – фактическая скорость (м/с),

$V_{\text{гм}}$ – скорость по гидроакустической спидографии (м/с).

Однако данное уравнение не учитывает волнообразность колебаний ВЦС: градиент возрастания и снижения, максимальные и минимальные пики – поскольку измерение по видео позволяет определять лишь среднюю скорость плавания. В дальнейшем планируется

протестировать методику совместно с другими измерительными устройствами, которые бы позволяли также определять мгновенную скорость плавания или буксировки пловца. Сравнив полученные графики скорости, возможно, потребуется произвести уточнение представленного линейного уравнения регрессии.

Учитывая все ранее опубликованные результаты, помимо увеличения выборки испытуемых, мы предполагаем задействовать новые тестовые и контрольно-измерительные комплексы. В частности, расширяя критерии оценки технической подготовленности пловцов, получаемые с помощью обработки значений мгновенной скорости, планируется помимо коэффициентов гидродинамической добротности [13, 15], использовать ряд других индексов и критериев:

1. Гребковый индекс [8] – универсальный индекс, базирующийся на подсчете основных кинематических характеристик, а точнее их усредненных значений

$$\bar{V} = \bar{SL} \times \frac{\bar{SF}}{60};$$

\bar{V} – Средняя скорость (м/с); \bar{SL} – Средняя длина гребка (м); \bar{SF} – Средняя частота гребков (цикл/с)

2. Эффективная работа в ходе гребка – показатель может быть использован только для сопоставления циклов отдельно взятого заплыва пловца [6]

$$eWPS = 100 \times \left(V_i - \frac{V_i}{V_m} \right);$$

V_i – фактическая скорость (м/с); V_m – модельная скорость (м/с)

$$V_m = V_o \times \sqrt[3]{\frac{SR_m}{SR_o}};$$

V_o – базовый уровень скорости, т.е. средняя величина выборки сравниваемых скоростей (м/с), SR_m - модельное значение темпа (цикл/с), SR_o – базовое значение темпа.

3. Индекс координации – отражает согласованность работы, «перекрытия» рабочих фаз движения циклов гребков правой и левой руки [3]:

$$IdC_{\text{прав}} = \frac{(t_{\text{коп}} - t_{\text{нпл}}) \times 100}{t_{\text{ц}}}; \text{ и } IdC_{\text{лев}} = \frac{(t_{\text{кпл}} - t_{\text{ноп}}) \times 100}{t_{\text{ц}}};$$

$t_{\text{коп}}$ - время конца отталкивания правой рукой; $t_{\text{нпл}}$ - время начала подтягивания левой рукой; $t_{\text{кпл}}$ - время конца подтягивания левой рукой; $t_{\text{ноп}}$ - время начала отталкивания правой рукой; $t_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла.

В дальнейшем эти вычисления позволяют определить один из трех вариантов согласования, которые использует пловец для более эффективного продвижения на разных скоростях плавания [3]:

$$IdC = \frac{IdC_{\text{прав}} + IdC_{\text{лев}}}{2};$$

4. Коэффициент вариации – аналог для ВЦС плавания, учитывающий среднюю скорость и дисперсию мгновенной скорости на всем протяжении цикла [5]:

$$V\% = \frac{SD}{V_{\text{mean}}} \times 100\%;$$

$V\%$ – коэффициент вариации; SD – стандартное отклонение скорости в цикле гребка; V_{mean} – средняя скорость цикла гребка.

Данный перечень коэффициентов, а особенно их взаимосвязь с эффективностью техники плавания, регистрируемой в виде результатов проплывания контрольных отрезков 3x50 метров по методике С.М. Гордона и функциональным состоянием спортсмена после заплыва, позволят определить основные критерии, определяющие техническое мастерство пловца.

Поскольку имеется положительная взаимосвязь гидродинамических характеристик пловца с итоговым результатом [12], то процесс тестирования будет расширен и дополнится данными антропометрических измерений, тестов на плавучесть и обтекаемость, сопротивление [14].

Актуальным также может быть рассмотрение влияния разнообразного плавательного инвентаря и упражнений на ВЦС пловцов (рис. 4). Подобные работы уже не первое десятилетие приводятся и у зарубежных специалистов [10]. Многообразие средств и методов тренировки располагает большим потенциалом для проведения исследовательских работ в этом направлении.

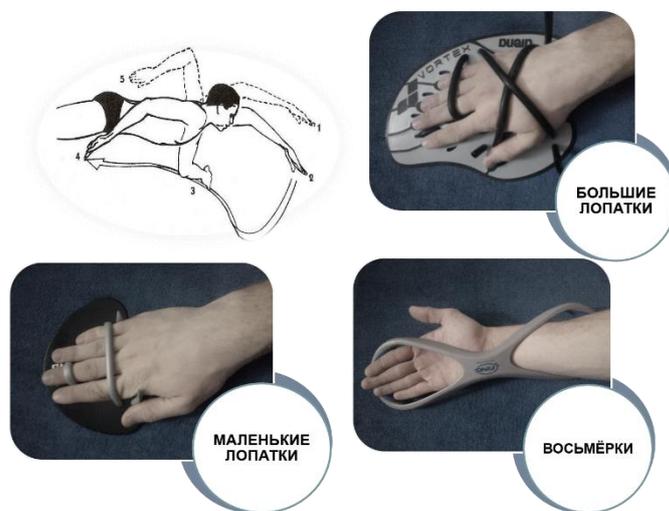


Рис. 4. Современные лопатки различной конфигурации

Выводы. Практическая значимость

Соответственно, осуществив вышеприведенные измерения, с практической точки зрения при использовании методики гидроакустической спидографии станет возможным:

- Обьективизировать определение эффективности гребковых движений на основании анализа ВЦС пловцов различной квалификации.
- Отслеживать воздействия коррекции техники плавания на ВЦС, диагностировать сохранение или увеличение эффективности гребковых движений.
- Сравнивать ВЦС плавания по прошествии определенных периодов, циклов или этапов круглогодичной подготовки.
- Осуществлять обратную связь при изменении условий проведения экспериментов и контрольных измерений (вводить дополнительный плавательный инвентарь, упражнения, отслеживать флуктуации скорости на фоне утомления и т.д.), в том числе в условиях педагогического эксперимента.
- Применять методику гидроакустической спидографии как способ объективного контроля эффективности использования других тестов и средств подготовки пловцов.

Список литературы

1. Mooney R., Corley G., Godfrey A. et al. Application of video-based methods for competitive swimming analysis: a systematic review // *Sports and Exercise Medicine*. 2015. Vol. 1, N 5. P. 133-150.
2. Barthels K.M. Biomechanical research in swimming: past, present and future. In: *Biomechanics in sports. Proc. of the Int. Symp. of Biomechanics in Sports*. Del Mar, CA: Academic Publishers, 1982. P. 321-324.
3. Chollet D., Chaliés S., Chatard J.C. A new index of coordination for the crawl: description and usefulness // *Int. J. Sports Med*. 2000. Vol. 21, N 1. P. 54-59.
4. Counsilman J.E. *Competitive swimming manual for coaches and swimmers*. Bloomington, Indiana: Counsilman Co. Inc., 1977. 308 p.
5. Barbosa T.M., Keskinen K.L., Fernandes R.J. et al. Energy cost and intra-cyclic variations of the velocity of the centre of mass in butterfly stroke // *Eur. J. Appl. Physiol*. 2005. Vol. 93, N 5-6. P. 519-523.

6. Escalante Y., Saavedra M. Swimming and aquatic activities: state of the art // *J. Hum. Kinet.* 2012. Vol. 32. P. 5–7.
7. Fujishima M., Miyashita M. Velocity degradation caused by its fluctuations in swimming and guidelines for improvement of average velocity. In: Keskinen K.L., Komi P.V., Hollander A.P. (eds.) *Swimming Science VIII [Collection]*. Jyvaskyla, Finland, 1999. P. 41–45.
8. Garland S.F., Hibbs A., Kleshev V. Analysis of speed, stroke rate, and stroke distance for world-class breaststroke swimming // *J. Sports Sci.* 2009. № 27 (4). P. 373–378.
9. Karpovich P.V. Swimming speed analyzed // *Sci. Am.* 1930. Vol. 142, N 3. P. 234–235.
10. Telles T., Barbosa A.C., Campos M.H., Junior O.A. Effect of hand paddles and parachute on the index of coordination of competitive crawl-strokers // *J. Sports Sci.* 2011. Vol. 29, N 4. P. 431–438.
11. Ungerechts B.E., Buckwitz R., Bähr H. Principles of non-stationary swimming – a preliminary attempt. In: J.C. Chatard (ed). *Biomechanics and Medicine in Swimming Science IX [Collection]*. Saint Etienne, France, 2003. P. 45–49.
12. Давыдов В.Ю., Авдиенко В.Б. Отбор и ориентация пловцов по показателям телосложения в системе многолетней подготовки (теоретические и практические аспекты). Волгоград: ВГАФК, 2012. 344 с.
13. Дышко Б.А., Кочергин А.Б., Мамонтов Д.В. Инновационная технология оценки эффективности техники выполнения циклических локомоций: на примере плавания // *Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности: материалы III Международной научно-технической конференции [Сборник]*. Минск, 2014. С. 155–161.
14. Кашкин А.А. Оценка специальной подготовленности и гидродинамических качеств пловцов. М.: РИО РГУФКСиТ, 2005. 174 с.
15. Крылов А.И., Бутов А.А., Виноградов Е.О. Внутрицикловая скорость плавания кролем на груди // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* 2016. №2 (132). С. 106–110.
16. Крылов А.И., Бутов А.А. Восстановить связь поколений // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* 2012. № 11 (93). С. 66–74.
17. Митрофанов А.А., Попов О.И. Взаимосвязь внутрицикловой скорости пловцов с темпом и шагом // *Спортивно-педагогическое образование.* 2019. № 2. С. 21–25.
18. Митрофанов А.А., Попов О.И. Влияние плавательных лопаток на внутрицикловую скорость плавания // *Сборник материалов Межрегиональных итоговых научных конференций студентов «Студенческая наука» и «Молодые ученые ГЦОЛИФК» [Сборник]*. М., 2017. С. 205–208.
19. Митрофанов А.А., Булгакова Н.Ж., Попов О.И. Использование гидроакустической спидографии для оценки внутрицикловой скорости в плавании // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта.* 2018. №10 (164). С. 224–229.
20. Мосунов Д.Ф. Методика прикладного анализа внутрицикловой скорости пловца // *Адаптивная физическая культура.* 2013. № 4 (56). С. 49–53.
21. Попов О.И., Фомиченко Т.Г. Внутрицикловая скорость как критерий эффективности техники плавания // *Теоретико-методологические основы и современные технологии физической культуры и спорта / под общей редакцией профессора Т.В. Михайловой.* М.: РИО РГУФКСМиТ, 2018. С. 304–340.

Hydroacoustic speedography method: further perspectives

Mitrofanov A. A., *post-graduate student, andrey.mitrofanof@yandex.ru*

Popov O. I., *DSci, Professor, olegpo57@gmail.com*

Russian State University of Physical Education, Sport, Youth
and Tourism (SCOLIPE), Moscow

Abstract. This study contains information on the prospects and directions of using the hydroacoustic speedography method in the framework of scientific research on the sport of swimming. Briefly, the investigation history, evolution of technology in video recording and intra-cycle velocity computation are being considered in this article. Based on the analysis of foreign and native scientists publications, further ways of methodology applying in the sports practice are proposed, as well as the main ways of its improvement and the possibility of exploitation in coaching and research work are substantiated.

Keywords: swimming, hydroacoustic speedography, intra-cyclic velocity, video footage, swimming technique, technical mastery criteria.

Применение цифровых технологий в управлении процессом спортивной подготовки сборной команды России по фристайлу

¹Носов М.С., *nosovmichael@gmail.com*

¹Коростелев И. В., *korostelevski@mail.ru*

¹Кукушкин В.Г., *vkukuskin@mail.ru*

²Шувалова Л.С., *lilia9292@mail.ru*

¹Общероссийская общественная организация «Федерация фристайла России», Москва

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ФГБУ ФНЦ ВНИИФК), Москва

Аннотация. В статье подробно рассмотрены применяемые цифровые технологии в управлении процессом спортивной подготовки сборной команды России по фристайлу в рамках реализации целевой комплексной программы подготовки к XXIV Олимпийским зимним играм 2022 года в городе Пекин (КНР).

Ключевые слова: XXIV зимние Олимпийские игры, фристайл, «Омега», «Симона III», «SOLOSHOT 3», цифровые технологии, цифровизация, спорт.

Введение

В соответствии с задачами целевой комплексной программы подготовки к XXIV Олимпийским зимним играм 2022 года в городе Пекин (КНР) наряду с общепризнанными методическими подходами и направлениями, внедрение цифровых технологий и их успешное освоение в управлении процессом спортивной подготовки сборной команды обеспечивают эффективность тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов, способствуя формированию их конкурентоспособности на мировой спортивной арене и достижению спортсменами максимального спортивного результата [1].

Формирование единого подхода к созданию системы непрерывного мониторинга функционального состояния спортсменов в ходе спортивной подготовки и оценки результатов соревновательной деятельности, как в командном, так и в персонифицированном аспекте, использование современных спортивных технологий в практике олимпийской подготовки являются одними из основополагающих факторов для эффективного решения задач на предварительном (с 01.05.2018 г. по 30.04.2020 г.) и базовом (с 01.05.2020 г. по 30.04.2021 г.) этапе реализации Программы «Пекин-2022».

Методика и организация исследования

Формирование единого подхода к созданию системы непрерывного мониторинга функционального состояния спортсменов в ходе спортивной подготовки и оценки результатов соревновательной деятельности, как в командном, так и в персонифицированном аспекте, использование современных спортивных технологий в практике олимпийской подготовки являются одними из основополагающих факторов для эффективного решения задач на предварительном (с 01.05.2018 г. по 30.04.2020 г.) и базовом (с 01.05.2020 г. по 30.04.2021 г.) этапе реализации Программы «Пекин-2022».

Реализуя комплексный подход в подготовке спортсменов, информационно-технологические решения в виде специализированных программных обеспечений дают возможность тренерскому штабу спортивной сборной команды России по фристайлу оперативно получать информацию о ходе подготовки спортсменов.

Результаты

На основе полученной информации с помощью технологических продуктов становится возможным оперативно оценить текущее состояние спортсмена, осуществить сбор и анализ данных о тренировочных и соревновательных нагрузках, степени адаптации организма спортсменов к нагрузкам, уровне спортивно-технического мастерства.

Специализированные программные обеспечения применяются так же с целью подбора и оценки спортивного инвентаря, в том числе и при подборе лыж (скользящая поверхность и штайншлифт) под определенное состояние трассы (температура снега и воздуха, влажность и состояние снега – искусственный, естественный, смешанный, грязный, чистый и т.д.). Особое внимание уделяется при подготовке спортивного инвентаря подбору мазей для скользящей поверхности. Данную процедуру возможно осуществить при помощи измерителя коэффициента трения Waxtester. Информация, полученная с помощью специализированных программных обеспечений, используется в качестве объективного метода оценки тренировочной и соревновательной деятельности спортсмена, указывающей на лимитирующие факторы в его спортивной подготовке. Такие технологии, применяемые тренерским штабом совместно со специалистами спортивной сборной команды по фристайлу, в сочетании с их высоким уровнем кадровой компетенции способствуют быстрому и эффективному принятию решения о коррекции индивидуальных тренировочных планов спортсменов сборной.

Исходя из направлений Программы «Пекин-2022» тренерами и специалистами спортивной сборной команды по фристайлу для регулярного мониторинга изменения функциональной подготовленности спортсменов в дисциплинах фристайла – ски-кросс, лыжная акробатика, могул используются специализированные программно-аппаратные комплексы «Омега» и «Симона 111».

Благодаря данному высоко технологичному оборудованию как «Омега» возможно определять уровень и резервы сердечнососудистой системы, вегетативной и центральной регуляции. Используя программное обеспечение «Омега» возможно оценить степень отклонения показателей сердечнососудистой системы, вегетативной и центральной регуляции от нормы; оценивать уровень скомпенсированности и энергетические ресурсы организма на различных уровнях регуляции; в режиме биологической обратной связи определять возможности саморегуляции, оценивать и прогнозировать психофизическое состояние человека.

В качестве одного из факторов, влияющих на принятие решения тренерским штабом о дальнейшем ходе подготовки спортсмена являются данные, полученные на основе неинвазивных измерений жизненно важных функций организма (центральной и периферической гемодинамики, дыхания, метаболизма, активности центральной и вегетативной нервной системы). Благодаря программно-аппаратному комплексу СИМОНА 111 становится возможным осуществить безнагрузочную оценку функционального состояния организма спортсмена в период тренировок, соревнований, восстановления; подготовить заключение для тренерского штаба о контроле восстановительных мероприятий [1].

В рамках полевых тестирований уровня подготовленности спортсменов особое внимание уделяется оперативному контролю ЧСС и смещению РН крови с целью оценки индивидуальных порогов энергообеспечения мышечной деятельности. Оперативная оценка уровня смещения РН крови производится с помощью портативного лактометра «Lactate Pro 2» в комплекте со специализированными тест полосками.

В соответствии с программой научно-методического обеспечения спортивной сборной команды России по фристайлу осуществляется биохимический контроль в рамках этапно-комплексных и текущих обследований. Биохимический контроль показателей крови спортсменов отражает данные связанные с набором микроэлементов и гормонов, соответствующих специфик каждой дисциплины. В отсутствие биохимии в рамках научно-методического обеспечения (НМО) врач команды использует автоматический малогабаритный анализатор для одновременного определения глюкозы, лактата и гемоглобина «SUPER GL compact» для оценки функционального состояния организма.

Сегодня фристайл, включающий в себя семь олимпийских дисциплин (разыгрывается 13 комплектов медалей): акробатику, командную акробатику, биг-эйр, могул, ски-кросс, слоуп-стайл, хаф-пайп требует демонстрации высочайшего уровня спортивно-технического

мастерства спортсмена [2]. Тренерский штаб сборной совместно со специалистами команды уделяет особое внимание технико-тактической стороне подготовки фристайлистов. В качестве одного из методов оценки технической подготовленности спортсменов используется специализированное программное обеспечение Dartfish Pro. С помощью данного ПО возможен видеоанализ тренировки спортсменов с целью выявления лимитирующего звена в уровне технической подготовленности. При этом следует обратить внимание, что анализ с использованием данной программы хоть и эффективен (что является неоспоримым фактом не только во фристайле, но и в других видах спорта), но достаточно трудоемкий и занимает определенный интервал времени. Для принятия решения непосредственно в ходе тренировки, необходимо увидеть технические погрешности непосредственно в короткий временной промежуток, именно поэтому используется роботизированная камера третьего поколения SOLOSHOT. SOLOSHOT 3 автоматически отслеживает предметы на расстоянии до 600 м, осуществляя видеосъемку с любого ракурса в течение нескольких часов без дополнительной помощи видео оператора. Роботизированная камера SOLOSHOT 3 обладает такими характеристиками, как программное обеспечение для редактирования видеоматериала, осуществление видеосъемки на открытой местности и в закрытых помещениях, облачное управление для автоматической загрузки материала. Управление камерой можно осуществлять дистанционно при помощи телефона или планшета, что существенно упрощает съемку и контроль двигательной деятельности нескольких спортсменов одновременно (в том числе, если съемка ведется параллельно с несколькими камерами).

Наряду с таким высокотехнологичным продуктом как SOLOSHOT 3 используются беспроводные WiFi камеры. Просматривать отснятые видеоматериалы можно из любой точки мира со смартфона. Изображение передается на планшет и загружается в облако. Встроенный слот с поддержкой карт памяти обеспечит хранение архива записей, а также удаленного доступа к ним по сети. Камера подключается по сети WiFi.

Выводы

Исходя из приведенной информации о цифровых технологиях, применяемых тренерским штабом спортивной сборной команды России по фристайлу для планирования и организации подготовки спортсменов, мы обращаем внимание на сложность и многообразие факторов, влияющих на принятие эффективного решения. Именно высокий уровень компетенции, большой опыт тренерского штаба позволяет принимать решения о ходе подготовки спортсменов при перспективном планировании и переходе на III этап – подготовительный (с 01.05.2021 г. по 31.12.2021 г.) в рамках целевой комплексной программы подготовки к XXIV Олимпийским зимним играм 2022 года в Пекине (КНР).

Список литературы

1. Целевая комплексная программа подготовки спортсменов к XXIV Олимпийским зимним играм 2022 года в Пекине (Китайская Народная Республика).
2. Приказ Минспорта России от 07.09.2018 №772 «Об утверждении программы развития фристайла в Российской Федерации на 2018-2022 годы».

The use of digital technologies in the management of sports training for the Russian freestyle sports team

¹Nosov M. S., *nosovmichael@gmail.com*

¹Korostelev I. V., *korostelevski@mail.ru*

¹Kukushkin V. G., *vkukuskin@mail.ru*

²Shuvalova L. S., *lilia9292@mail.ru*

¹Freestyle federation of Russia, Moscow

²Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports»
Moscow

Abstract. The article describes in detail the applied digital technologies in managing the process of sports training of the Russian national freestyle team as part of the implementation of the targeted comprehensive training program for the XXIV Olympic Winter Games in 2022 in Beijing (China).

Keywords: XXIV Olympic games, freestyle, Omega, Simone 111, SOLOSHOT 3, digital technologies, digitalization, sports.

Значение каденса в лыжных гонках

¹Петренко Д.Г., канд. пед. наук,

¹Гельманов В.Д., f.s.k@bk.ru

^{1,2,3}Аксенов М.О., д-р пед. наук, доцент, maxim.alexonow@mail.ru

¹Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова,
Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия

²Российский экономический университет, Москва

³Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

Аннотация. В статье сделана попытка на эмпирическом уровне рассмотреть значение каденса в лыжных гонках.

Ключевые слова: амплитуда движений, каденс, эффективность техники, методика подготовки.

Введение

В последние годы техника лыжников-гонщиков претерпевает значительные изменения. Это относится как к классическому, так и коньковому ходу. Все реже можно наблюдать передвижение спортсменов с большой амплитудой движений рук и ног, требующее более мощной силовой работы, все чаще движения напоминают спринтерский бег «колесом» с высокой частотой двигательных актов (движений ног и отталкивания палками). Ярким примером соответствующей техники является техника норвежского лыжника Йоханнеса Клебо. Прохождение контрольных отсечек, спурты в подъем и на финише заставляют анализировать и вносить определенные коррективы в подготовку наших спортсменов. Одним из ключевых понятий современной техники является каденс, обеспечивающий ее экономичность, вариативность, индивидуализацию и эффективность. Фазовый анализ техники и биомеханика движений позволяет говорить о сокращении времени фаз скользящего шага и изменении амплитуды движений, углов отталкивания и пр. моментов, в результате чего меняется действие как внешних сил сопротивления (тяжести, трения, реакции опоры, сопротивления воздуха, инерции и центробежная сила), так и взаимодействие внутренних сил сопротивления (сила тяги мышц, упругие, реактивные и инерционные силы), обеспечивающих перемещение отдельных частей и всей биомеханической системы движений в пространстве и во времени [1].

Каденс (от англ. cadence) – это частота повторяющихся движений спортсмена в циклических видах спорта. В беге, плавании, велосипедном спорте данный феномен достаточно хорошо изучен и освещен, информация доступна для широкого круга любителей и профессионалов.

Первым подробно изучил скорость бега спортсменов на Олимпийских играх 1984 года Джек Дэниелс, известный физиолог, тренер и автор книг «Формула бега Дэниелса» и «От 800 метров до марафона». Он обнаружил, что среднее число шагов в минуту у именитых спортсменов составляло 180, в то время как у его учеников частота была ниже, между 150–170. Дэниелс предположил, что чем больше человек делает шагов, тем быстрее он двигается, что и стало мотивом для открытия понятия «каденс».

Каденс непосредственно влияет на эффективность техники и скорость бега. Чем чаще ноги спортсмена соприкасаются с опорой (короче шаг), тем быстрее темп, выше скорость. Сократив длину шага меняется точка приземления стопы. Оптимальное положение стопы при приземлении – прямо под бедрами (тазом), не «натыкаясь» впереди них. Именно в этом месте начнет автоматически приземляться стопа, если спортсмен предпримет необходимые действия для увеличения каденса и сокращения длины шага. Смещение центра тяжести тела, поддержание равновесия и набранной скорости за счет частоты движений, исключив колебательные движения в каждом цикле (разгон, торможение, остановка). Разгон ноги до

касания опоры (бег «колесом»), вместо выпада со скольжением, подседанием, остановкой, отталкиванием и снова разгоном (маятниковые движения сведены к минимуму) плюс «захлест» голени вместо отталкивания прямой ногой используются для сокращения амплитуды движения бедра, что приводит к сокращению времени каждого шага. При этом сила отталкивания увеличится, что позволит продвигаться вперед без лишних движений вверх-вниз. За счет сокращения амплитуды движений повышается и экономичность хода, поскольку спортсмен выполняет работу с наименьшими усилиями.

Обсуждение

Неправильный (низкий и высокий) каденс. Каждый неопытный человек, начинающий занятия спортом думает, что чем больше усилие, тем лучше результат, и начинает с большей силой и амплитудой выполнять движения, желая повысить спортивный результат. Такой «силовой» метод приводит к повышенной нагрузке и, как следствие, к быстрому утомлению. На нетренированном человеке это сказывается особенно сильно. Это и есть наглядный пример неправильного, низкого каденса.

Существует теория, согласно которой мышцы ног при более частом движении лучше снабжаются кровью и меньше «закисляются». Однако избыточно высокая (неадекватная) частота движений для неподготовленного человека будет эквивалентна слишком высокой мощности (интенсивности) нагрузки и существенно ограничит время выполнения работы, поскольку таким образом расходуется больше энергии.

Если спортсмен не имеет опыта и стажа тренировок, и при увеличении каденса резко возрастает частота сердечных сокращений, то сначала необходимо повысить уровень функциональной подготовки, не стремясь к усредненному показателю «успеха», например, к 180 шагам в беге или к 110 оборотам педалей в минуту на велосипеде [3].

Правильный (оптимальный) каденс. Не существует единого универсального показателя каденса. Оптимальный темп определяется такими морфологическими показателями, как рост, масса тела, длина конечностей, уровень физической подготовленности и другими способностями (возможностями) организма. Каждому спортсмену, независимо от квалификации, необходимо найти свой собственный оптимальный ритм – правильный каденс. Когда спортсмен улучшит свою форму, он сможет дольше сохранять темп, оптимальную частоту шагов и длину шага. При правильном каденсе повышается эффективность движений, что позволяет экономить силы на длинных дистанциях. Правильный каденс также помогает снизить нагрузку на сердце и суставы, что повышает безопасность бега, уменьшается ударная сила, снижается риск получения травмы.

Каденс (в отличие от физиологических функций) является тем параметром, которым можно манипулировать. *Мониторинг индивидуального каденса поможет оптимизировать тренировочный процесс.* Чтобы выбрать и поддерживать оптимальный темп спортсмену потребуется датчик контроля движений. Этот датчик становится столь же необходимым, как и монитор сердечного ритма. Без него тренироваться можно тоже, но при правильном планировании обоих этих значений (мощности и частоты) эффективность тренировок возрастет на порядок.

Практические рекомендации

Изначально необходимо определить свой текущий каденс и добавить к нему 5-10%. Затем следует научиться бежать на высоком каденсе при медленном темпе. Сократить амплитуду и увеличить частоту движений рук, ноги последуют за руками. Для совершенствования техники бега «колесом» рекомендуется сначала применять тредбан, поскольку на движущейся беговой дорожке невозможно «втыкать» ногу. Постепенно увеличивать каденс, на одной-двух тренировках в неделю или на короткое время в течение каждой тренировки. Применять на тренировке ступенчатое повышение частоты шагов из расчета необходимой скорости передвижения. Необходимо постепенно увеличивать время тренировки с новым каденсом. При достижении постоянной комфортной работы с новым каденсом можно уверенно добавить следующие 5% и повторить весь процесс.

Поскольку частота шагов, или каденс, является только одним из ведущих факторов, определяющих скорость бега спортсмена, а другой фактор – это длина шага (амплитуда движений), который влияет на каденс, технику движений и мощность работы, то, разработав (повысив) индивидуальный каденс, можно переходить к тренировкам на увеличение амплитуды движений при сохранении частоты шагов [2].

Необходимо выполнять тренировки в разном темпе (низком и высоком), чтобы организм (опорно-двигательный аппарат, дыхательная, сердечнососудистая и др. системы) мобильно реагировал на различные скорости. Необходимо прочувствовать состояние организма при работе на разных скоростях и с разным значением каденса. Со временем спортсмен ощутит возможность управлять организмом: координировать силу (мощность) и скорость за счет изменения каденса и амплитуды, ему станет доступна игра скоростей – фартлек и спурт [4].

С точки зрения энергообеспечения при такой работе (переменной интенсивности) задействованы различные мышечные волокна (преимущественно быстрые либо медленные) и, соответственно, происходит смена режимов энергообеспечения. Во время анаэробного гликолиза конечными продуктами реакции являются пировиноградная кислота (пируват) и атомы водорода. В бескислородных условиях большое количество пирувата превращается в молочную кислоту, образование которой способствует выделению дополнительного количества энергии сверх анаэробного энергообеспечения. При этом молочная кислота, которая образуется во время анаэробного гликолиза, если кислород вновь становится доступным, подвергается обратному превращению в пируват, который напрямую используется для получения энергии.

Процесс взаимодействия этих переменных является предметом дальнейшего изучения. Предполагается, что детальные исследования значений каденса у лыжников-гонщиков различных возрастных групп и уровней подготовленности позволит повысить эффективность техники передвижений, пересмотреть некоторые подходы и устоявшиеся догмы методики обучения и подготовки, а также внести коррективы в тренировочный процесс лыжников-гонщиков.

Список литературы

1. Аксенов М.О. Лыжный спорт: учебное пособие. 2-е изд. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2015. 48 с.
2. Аксенов М.О. Современные взгляды на научно-методическое сопровождение лыжников-гонщиков комплексной научной группой. В кн.: Заключительный этап подготовки спортивных сборных команд Российской Федерации к XXII Олимпийским зимним играм 2014 года в г. Сочи: итоговый сборник всероссийской научно-практической конференции. М.: ФНЦ ВНИИФК, 2013. С. 100–106.
3. Попов Д.С., Жамбалова А.С., Аксенов М.О. Анализ макроциклов подготовки лыжницы-гонщицы к олимпийским играм в Пхенчхане 2018 г. с использованием системы «Polar». В кн.: Научно-педагогические школы в сфере физической культуры и спорта: материалы Международного научно-практического конгресса, посвященного 100-летию ГЦОЛИФК, 30-31 мая 2018 г. / под общей ред. А.А. Передельского и др. – М.: РГУФКСМиТ, 2018. С. 670–673.
4. Суворов И.В., Аксенов М.О. Построение микроцикла подготовки у биатлонистов-юношей. В кн.: Научно-педагогические школы в сфере физической культуры и спорта: материалы Международного научно-практического конгресса, посвященного 100-летию ГЦОЛИФК, 30-31 мая 2018 г. / под общей ред. А.А. Передельского и др. – М.: РГУФКСМиТ, 2018. С. 692–696.

The value of cadence in skiing

¹Petrenko D. G., PhD,

¹Gelmanov V. D., *f.s.k@bk.ru*

^{1,2,3}Aksenov M. O., *DSci, Assoc. Professor, maxim.axjonow@mail.ru*

¹Buryat State University named after Dorzhi Banzarov, Ulan-Ude

²Russian University of Economics, Moscow

³Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Moscow

Abstract. The article makes an attempt at an empirical level to consider the importance of cadence in skiing.

Keywords: range of motion, cadence, technique efficiency, training technique.

Количественные критерии оценки внешней и внутренней форм межмышечной координации у юных спортсменов

¹Семенюк А.А., *aasemianiuk@gmail.com*

²Давыдова Н.С., *канд. техн. наук, доцент, davydova-ns@bsuir.by*

³Парамонова Н.А., *канд. биол. наук, доцент, paramonovana@tut.by*

³Борщ М.К., *mayia.borsch@yandex.by*

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

³РИУП «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

Минск, Беларусь

Аннотация. Было проведено тестирование юных спортсменов, специализирующихся в прыжках в воду и спортивной гимнастике, которые выполняли задание со сложной двигательной структурой на 8 счетов. С помощью метода электромиографии рассчитаны количественные показатели межмышечной координации. Анализ параметров внешней и внутренней формы межмышечной координации выявил различие в оценке эффективности реализации внешней и внутренней структуры движения. Это может свидетельствовать о неэффективном и неэкономичном выполнении двигательного действия юными спортсменами в возрасте 7–13 лет. Использование метода ЭМГ позволяет определить не только качественные, но и количественные критерии оценки движений.

Ключевые слова: экспертная оценка, движение со сложной двигательной структурой, координационные способности, межмышечная координация, электромиография, ЭМГ-паттерны движения, симметричность, реципрокность, экономизация усилий, критерий Краскала-Уоллиса.

Введение

В современном спорте, особенно в сложно-координационных видах спорта, для анализа внешней структуры движения и оценки эффективности выполнения упражнения используется экспертная оценка. Целью представленной работы является анализ соответствия параметров внешней стороны двигательного действия, полученных на основании экспертной оценки, внутренним механизмам формирования движения, полученным на основании многоканальной электромиографии.

Методика и организация исследования

Для оценки координационных способностей юных спортсменов было разработано упражнение со сложной двигательной структурой на 8 счетов. Особенностью предложенного упражнения является одновременное выполнение движения верхними и одной из нижних конечностей в разных плоскостях в нескольких суставах (плечевом, локтевом обеих рук, тазобедренном, коленном, голеностопном свободной ноги) [1]. Данное тестовое упражнение выполняется следующим образом:

Исходное положение – основная стойка.

Счет 1 – левая рука к плечу, локоть вперед, правая – в сторону. Правая нога согнута в тазобедренном и коленном суставах, пятка находится на уровне коленного сустава левой ноги, стопа перпендикулярна поверхности опоры.

Счет 2 – левая рука вперед, правая – перед грудью. Правая нога согнута в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах на 90°.

Счет 3 – левая рука перед грудью, правая вперед. Правая нога согнута в тазобедренном и коленном суставах, пятка находится на уровне коленного сустава левой ноги, стопа перпендикулярна поверхности опоры.

Счет 4 – стойка руки вверх, ладони вперед.

Счет 5–7 – то же самое в «зеркальном отображении».

Счет 8 – исходное положение (рис. 1).

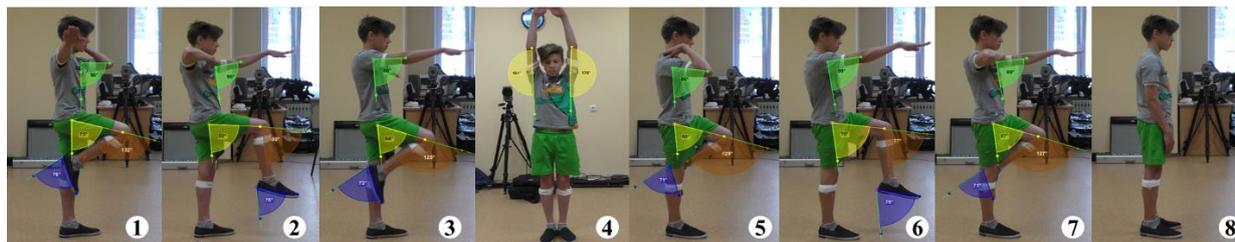


Рис. 1. Упражнение со сложной двигательной структурой на 8 счетов

В исследовании принимали участие 20 спортсменов в возрасте от 7 до 13 лет, из них специализирующихся в прыжках в воду – 7 человек (3 мальчика и 4 девочки) и 13 человек (девочки) – в спортивной гимнастике, стаж занятий видом спорта – от 2 до 9 лет.

Для исследования внешней структуры движения (внешней формы межмышечной координации) применялась экспертная оценка. Экспертная оценка упражнений со сложной двигательной структурой проводилась на основании видео, снятого во фронтальной и сагиттальной плоскостях, по шкале от 0 до 4, где 0 – было выполнено неверное движение, а 4 – движение выполнено по инструкции. Для каждой оценки были разработаны следующие критерии:

- на 3 балла допускались небольшие отклонения до 15° ; один из суставных углов не соответствовал норме (верному выполнению); присутствовали небольшие отклонения продольной оси от вертикали.

- на 2 балла отклонения в суставных углах превышали 15° ; незначительные пошатывания; выполнение движений происходило не под счет; незначительная десинхронизация; 2–3 суставных угла не соответствовали верному выполнению.

- 1 балл выставлялся при потере равновесия (опора на ногу, выполняющую движения); при сильных пошатываниях; значительной десинхронизации; 4 и более суставных угла не соответствуют норме.

По указанной шкале оценивалась каждая фаза двигательного действия. Далее была рассчитана сумма баллов за все упражнение и определен процент от максимально возможного количества баллов по формуле (1):

$$S = \frac{\sum c_{jf}}{128} \times 100 \%, \quad (1)$$

где c_{jf} – количество баллов за выполнение движения в j -м суставе и в f -й фазе.

Для исследования внутренней структуры движения (внутренней формы межмышечной координации) применялась многоканальная электромиография и акселерометрия. Были выбраны 7 крупных групп мышц верхних и нижних конечностей, поскольку все сложно-координационные двигательные действия невозможны без управляющих движений конечностей, которые имеют достаточно большое количество степеней свободы и подвижность по сравнению с туловищем (табл. 1) [2].

Регистрация сигналов многоканальных электромиографии и акселерографии движения осуществлялась с помощью системы Delsys Trigno Lab.

Технические характеристики ЭМГ-датчиков:

- частота дискретизации, образцов/с: 2000;
- диапазон для ввода ЭМГ-датчика и 16-битных образцов, мВ: 11;
- КОСС, дБ: >80 ;
- общий шум в канале, мкВ: $<0,75$;
- количество серебряных контактов, шт.: 4 (5×1 мм).

Технические характеристики акселерометра:

- количество осей: 3;
- диапазон: $\pm 1,5g$;

– частота дискретизации, пробы/с: 148,1 [3].

Таблица 1

Исследуемые мышцы и их функции для упражнения со сложной двигательной структурой на 8 счетов

Название мышцы (латынь)	Название мышцы (русское)	Локализация и выполняемая функция
<i>m. rectus femoris</i>	четырёхглавая мышца бедра	находится на передней части бедра, разгибает ногу в коленном суставе, сгибает бедро в тазобедренном суставе
<i>m. biceps femoris</i>	двуглавая мышца бедра	находится на задней поверхности бедра, сгибает ногу в коленном суставе, разгибает ногу в тазобедренном суставе
<i>m. gastrocnemius</i>	икроножная мышца (латеральная головка)	находится на задней поверхности голени, сгибает стопу, участвует в сгибании ноги в коленном суставе
<i>m. tibialis anterior</i>	передняя большеберцовая мышца	находится на передней поверхности голени, разгибает голеностопный сустав и поднимает медиальный край стопы
<i>m. biceps brachii</i>	двуглавая мышца плеча	находится на передней поверхности плеча, сгибает плечо в плечевом суставе и предплечье в локтевом суставе
<i>m. triceps brachii</i>	трехглавая мышца плеча	находится на задней поверхности плеча, разгибает предплечье в локтевом суставе, участвует в разгибании и приведении плеча к туловищу
<i>m. deltoideus</i>	дельтовидная мышца (средний пучок)	находится над плечевым суставом, участвует в отведении и сгибании руки в плечевом суставе

Для анализа электромиограмм мышц и акселерограмм движения в системе математического программирования MatLab R2017 была разработана специальная программа Motion analyzer, которая значительно облегчает и ускоряет обработку данных.

Количественный анализ внутренней структуры сложно-координационного движения осуществлялась по следующему алгоритму:

1. Предварительная обработка электромиографических сигналов мышц с целью удаления искажений в спектре полезного сигнала. В предложенной методике осуществляется цифровая фильтрация сигналов ЭМГ с помощью фильтра высоких частот Чебышева (ФВЧ) с частотой среза 10 Гц (удаление двигательных артефактов), режекторного фильтра Баттерворта 50 Гц (удаление помех с частотой питающей сети), а также осуществляется удаление постоянной составляющей в спектре полезного сигнала [4].

2. Изучение пространственно-временной структуры сложно-координационного движения для выделения фаз двигательного упражнения на основе сигналов акселерометров правой и левой мышц *biceps brachii* для анализа движений верхними конечностями, и правых и левых мышц *rectus femoris* и *tibialis anterior* – для анализа движений нижними конечностями (рис. 2).

3. Анализ распределения усилий исследуемых мышц по выделенным фазам движения (расчет энергии сигнала ЭМГ мышц в каждой фазе движения).

4. Построение ЭМГ-паттернов движения.

5. Количественная оценка координационных способностей спортсменов на основе анализа электромиографических паттернов двигательного теста [4, 5].

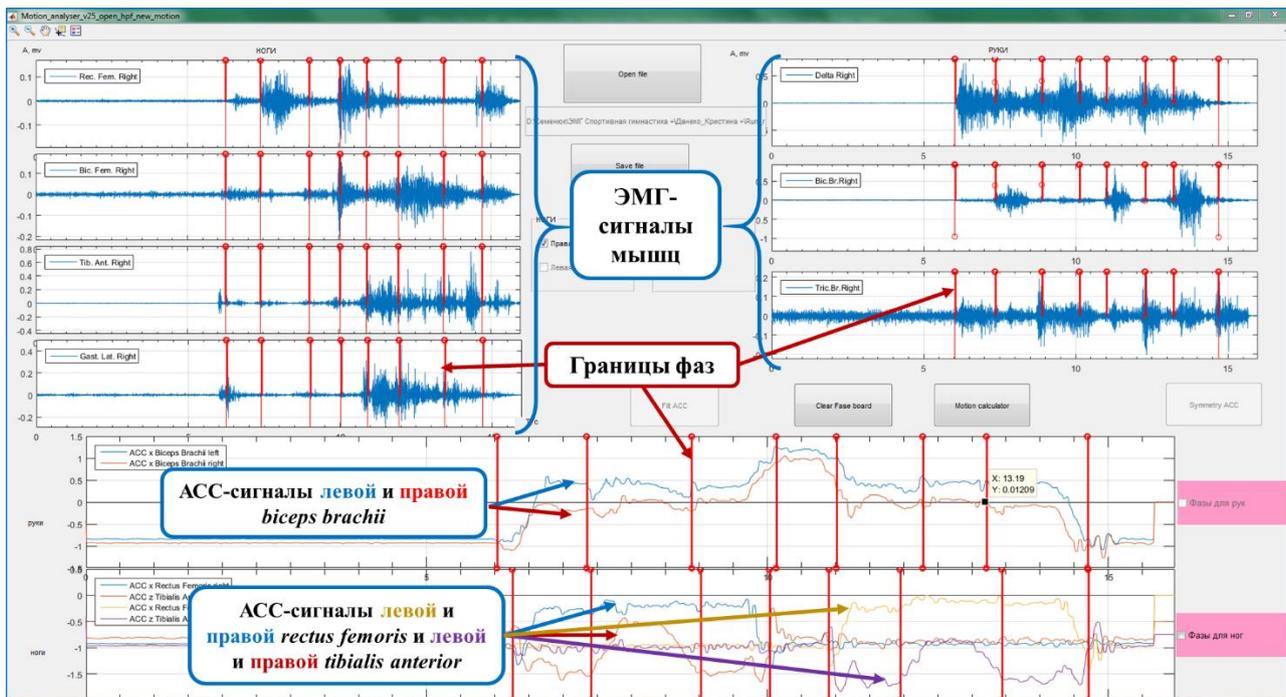


Рис. 2. Анализ пространственно-временной структуры сложнокоординационного движения для выделения фаз двигательного упражнения

Энергия сигнала ЭМГ мышц рассчитывается по формуле (2):

$$E_m = \sum_{i=1}^n E_m[i] = \sum_{i=1}^n \frac{(x_m[i])^2}{n}, \quad (2)$$

где m – номер мышцы; $E_m[i]$ – i -й дискретный отсчет энергии сигнала ЭМГ m -й мышцы; $x_m[i]$ – амплитуда i -го дискретного отсчета сигнала ЭМГ m -й мышцы; n – число дискретных отсчетов сигнала ЭМГ.

Для всех мышц (m) была рассчитана энергия сигнала ЭМГ в пределах каждой фазы (f) исследуемого движения $E_{m,f}$ (рис. 3) [4–6].

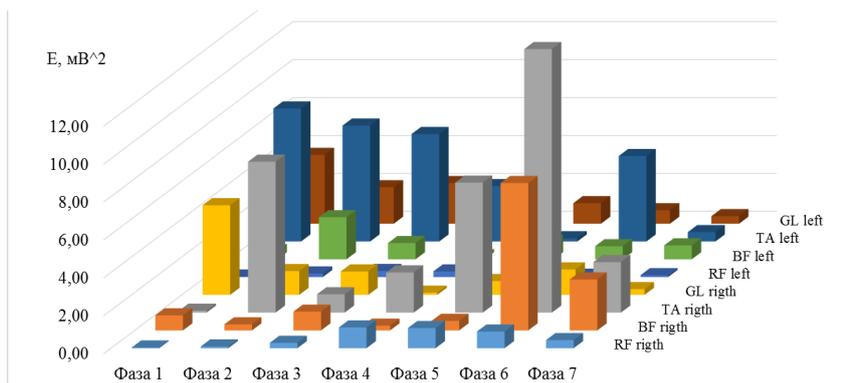


Рис. 3. ЭМГ-паттерн движения нижних конечностей

Для всех мышц в пределах каждой фазы были рассчитаны коэффициенты симметричности (3–5), реципрокности (6–9) и экономизации усилий (10–13) [7].

Коэффициент симметричности ω показывает степень тождественности включения группы мышц при выполнении одинаковых двигательных действий правыми и левыми конечностями и рассчитывается по формуле (3). Коэффициент дает возможность оценить точность дифференцирования спортсменом усилий одноименных групп мышц правых и левых конечностей. Коэффициент может иметь значения от 0 до 100% и стремится к 100%.

$$\omega_m = \frac{E_{m_i, f_j}}{E_{m_k, f_l}} \times 100 \%, \quad (3)$$

где E_{m_i, f_j} и E_{m_k, f_l} – энергия сигнала ЭМГ разноименных мышц i и k в фазах j и l , в которых выполняются одинаковые двигательные действия.

Данный коэффициент рассчитывается для нижних и верхних конечностей (4), а далее определяется общий коэффициент симметрии ω (5).

$$\omega_k = \frac{\sum \omega_{mi}}{n} \times 100 \%, \quad (4)$$

где ω_{mi} – коэффициент симметрии для группы мышц верхних или нижних конечностей; n – количество групп мышц для верхних или нижних конечностей.

$$\omega = \frac{\sum \omega_{ki}}{2} \times 100\%, \quad (5)$$

где ω_{ki} – коэффициент симметрии для верхних или нижних конечностей.

Для анализа работы мышц-антагонистов рассчитывается коэффициент реципрокности (КР) [8]. Данный параметр показывает способность спортсмена к расслаблению мышц, не участвующих в движении и не препятствующих движению мышц-агонистов. КР находится в пределах от 0 до 100% и должен стремиться к 0%.

Коэффициент реципрокности для группы мышц-антагонистов в каждой фазе движения (6):

$$КР_{m, f} = \left(\sqrt{\frac{E_{m_{ант}}}{E_{m_{аг}}}} \right)_f, \quad (6)$$

где $E_{m_{ант}}$ – энергия сигнала ЭМГ мышцы антагониста; $E_{m_{аг}}$ – энергия сигнала ЭМГ мышцы агониста; f – фаза движения.

Коэффициент реципрокности группы мышц-антагонистов для всего движения (7):

$$КР_m = \frac{\sum КР_{m, f}}{n_f} \times 100 \%, \quad (7)$$

где $КР_{m, f}$ – коэффициент реципрокности для группы мышц-антагонистов в каждой фазе; n_f – количество фаз.

Общий коэффициент реципрокности мышц (8):

$$КР = \frac{\sum КР_m}{n_m} \times 100 \%, \quad (8)$$

где $КР_m$ – коэффициент реципрокности группы мышц-антагонистов для всего движения; n_m – количество пар мышц-антагонистов.

В представленной работе все коэффициенты приводятся к единому виду от 0 до 100 %, при этом 100 % соответствует максимальной результативности параметра. Таким образом, необходимо пересчитать обратный $КР_{обр}$ по формуле (9):

$$КР_{обр} = 100\% - КР \quad (9)$$

Для расчета экономизации усилий η сравнивается активность мышц опорной конечности с активностью мышц задействованной при выполнении упражнения конечности. Данный коэффициент характеризует способность поддерживать равновесие в изменяющихся условиях без дополнительного напряжения для его удержания. Значение коэффициента должно стремиться к 0 % (10).

$$\eta_{m, f} = \frac{E_{m, f_{оп}}}{E_{m, f_{оп}} + E_{m, f_{раб}}} \times 100\%, \quad (10)$$

где $\eta_{m, f}$ – коэффициент экономизации усилий мышцы в фазе f ; $E_{m, f_{оп}}$ – энергия сигнала ЭМГ мышцы опорной ноги в фазе f ; $E_{m, f_{раб}}$ – энергия сигнала ЭМГ мышцы рабочей ноги в фазе f .

Таблица 2

Параметры, оценивающие внешнюю и внутреннюю стороны выполнения тестового задания

Спортсмен	Вид спорта	Пол	Возраст	Стаж занятий	Экспертная оценка: % от макс. 128 баллов	Коэффициент симметричности, %	Обратный коэффициент реципрокности, %	Обратный коэффициент экономизации усилий, %
А.А.	прыжки в воду	ж	10	4	77,3	43,28	29,73	37,02
Е.П.	прыжки в воду	м	13	6	75,0	42,38	-7,18	32,35
З.М.	прыжки в воду	м	10	4	60,9	40,17	-10,55	41,93
Л.Ак.	прыжки в воду	ж	11	4	64,8	49,24	-95,77	54,50
М.Д.	прыжки в воду	ж	9	5	65,6	47,66	12,53	27,28
Р.Е.	прыжки в воду	ж	10	3	70,3	39,43	13,56	25,06
Р.О.	прыжки в воду	м	11	5	78,1	44,94	-137,81	39,00
Ш.Д.	спортивная гимнастика	ж	7	2	49,2	50,29	-66,30	39,03
Х.П.	спортивная гимнастика	ж	10	5	58,6	44,21	-60,15	43,30
Ф.К.	спортивная гимнастика	ж	10	4	66,4	48,50	-58,81	52,47
Т.А.	спортивная гимнастика	ж	10	6	72,7	42,99	-61,36	58,53
С.А.	спортивная гимнастика	ж	13	9	60,9	48,10	-8,82	69,37
П.Вс.	спортивная гимнастика	ж	10	5	70,3	44,40	-27,86	44,39
П.Вр.	спортивная гимнастика	ж	12	5	65,6	49,27	-9,06	32,60
М.В.	спортивная гимнастика	ж	11	5	78,9	45,55	-30,07	35,37
М.А.	спортивная гимнастика	ж	11	6	75,8	44,15	-118,15	46,91
Л.Ан.	спортивная гимнастика	ж	10	5	58,6	43,03	-76,05	55,35
К.А.	спортивная гимнастика	ж	9	3	72,7	42,64	-123,71	56,92
К.Е.	спортивная гимнастика	ж	7	2	61,7	39,63	-11,34	31,07
Д.К.	спортивная гимнастика	ж	13	8	78,9	56,75	11,57	28,47

Средний коэффициент экономизации по мышце для всего движения η_m рассчитывается по формуле (11):

$$\eta_m = \frac{\sum \eta_{m,f}}{n_f} \times 100\%, \quad (11)$$

где n_f – количество фаз.

Общий коэффициент экономизации усилий η по всем мышцам для всего движения (12):

$$\eta = \frac{\sum \eta_m}{n_m} \times 100\%, \quad (12)$$

где n_m – количество мышц.

Обратный коэффициент экономизации усилий $\eta_{обр}$ определяется по формуле (13):

$$\eta_{обр} = 100\% - \eta. \quad (13)$$

Результаты

Результаты исследований внешней и внутренней формы межмышечной координации у юных спортсменов представлены в таблице 2.

Для выявления корреляции результатов экспертной оценки эффективности выполнения движения с результатами, полученными на основании многоканальной электромиографии, проведен статистический анализ [9].

Для статистического анализа выбран непараметрический критерий Краскела-Уоллиса для сравнения нескольких выборок. При общем количестве параметров $N=80$ (по $n_i=20$ в каждой группе) и значительном расхождении средних рангов по группам (11, 37, 70, 42), была рассчитана взвешенная сумма квадратов отклонений средних по группам от общего среднего $D=35825,05$.

Для расчета критерия Краскела-Уоллиса используется формула (14):

$$H = \frac{D}{N \times (N + 1)/12} = 66,34. \quad (14)$$

Для 4-х групп приближение с помощью χ^2 пригодно, если численность каждой группы не менее 10, что применимо для нашего исследования ($n_i=20$).

При степени свободы $v=3$ и $p=0,001$ критерий $\chi^2=16,266$ (критическое значение статистического критерия), что является значительно меньше рассчитанного критерия Краскела-Уоллиса $H=66,34$, тем самым показывая различия групп статистически значимыми.

Выводы

Отсутствие корреляции между экспериментальными данными может свидетельствовать о неэффективном и неэкономичном выполнении двигательного действия юными спортсменами в возрасте 7–13 лет. Управление выполнением двигательных действий – весьма сложная организация процессов для достижения целей. Кора головного мозга кодирует движения человека не путем команд о сокращении отдельных мышц, а путем команд, обеспечивающих определенное положение суставов, т.е. осуществляет межмышечную координацию. Л.А. Леонова и О.Н. Васильева (1983) отмечают, что уже в возрасте 7 лет спинальный механизм управления движениями является сформированным. Совершенствование управления движениями в возрасте 7–11 лет связано с процессом становления супраспинальных регуляторных механизмов. Морфологическое созревание коркового отдела двигательного анализатора, фронтальных областей коры и мозжечка обеспечивают, по мнению авторов, возрастающие год от года возможности для формирования все более совершенных моторных программ [10].

В заключение можно сделать вывод, что движение, продуктивное с точки зрения внешнего проявления, не всегда соответствует стоимости затраченной мышечной работы и эффективному распределению мышечных усилий по фазам движения. Для выполнения одного и того же движения могут использоваться различные ресурсы и способы его достижения, при каждом конкретном случае это происходит строго индивидуально – проявляется собственный ЭМГ-паттерн движения. Располагая данными о

последовательности включения и уровне работы мышц для конкретного движения с помощью метода многоканальной электромиографии можно перейти на индивидуализацию тренировочного процесса, которая позволит наиболее эффективно вносить коррективы в еще не совсем сформировавшуюся технику юного спортсмена, тем самым достигая лучших результатов.

В перспективе – проведение исследований с участием спортсменов высокого класса. Предполагается, что внутренняя структура движений опытных спортсменов будет более эффективна и лучше коррелировать с экспертной оценкой.

Список литературы

1. Семенюк М.В., Хохолко А.А. Биомеханические критерии сложности физических упражнений. Материалы V Международной научно-технической конференции, Минск, 15–16 февраля 2018 г. Минск: БНТУ, 2018. С. 141–144.
2. Платонов В.Н. Подготовка квалифицированных спортсменов. М.: Физкультура и спорт, 1986. 286 с.
3. Trigno™ Wireless System. Сайт производителя. URL: <http://www.delsys.com/products/wirelessemg/trigno-lab/> (дата обращения: 10.05.2019).
4. Давыдова Н.С. и соавт. Оценка координационных способностей человека на основе анализа электромиографических паттернов движений // Доклады БГУИР. Минск, 2018. №7 (117). С. 52–56.
5. Davydova N. et al. Estimation of athlete coordination abilities based on the reproducibility analysis of the electromyographic patterns of complex coordination movements // J. Eng. Sci. / ed. V. Bostan. Moldova, 2019. P. 85–98.
6. Давыдова Н.С. Аппаратно-программный комплекс многоканальной электромиографии для диагностики двигательных навыков человека. Дисс. канд. техн. наук. – Минск, 2012.
7. Хохолко А.А. Факторная структура межмышечной координации при выполнении тестовых заданий со сложной двигательной структурой // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка : сб. ст. Чернігів: ЧНПУ, 2017. Т. 1, № 147. С. 215–220.
8. Команцев В.Н. Методические основы клинической электромиографии. СПб., 2006. 349 с.
9. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.
10. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека. СПб.: Питер, 2003. 382 с.

Quantitative criteria for evaluating the external and internal forms of intermuscular coordination in young athletes

¹Semeniuk A. A., *aasemianiuk@gmail.com*

²Davydova N. S., *PhD, Assoc. Prof., davydova-ns@bsuir.by*

³Paramonova N. A., *PhD, Assoc. Prof., paramonovana@tut.by*

³Borsch M. K., *mayia.borsch@yandex.by*

¹Belarusian National Technical University,

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,

³RIUE «Science and Technology Park BNTU «Polytechnic»

Minsk, Belarus

Abstract. We tested young athletes specializing in diving and gymnastics, who performed a task with a complex motor structure for 8 counts. Quantitative parameters of intermuscular coordination were calculated using the electromyography method. The analysis of the parameters of external and

internal forms of intermuscular coordination revealed a difference in assessing the effectiveness of the implementation of the external and internal structure of the movement. This may indicate an inefficient and ineffective execution of motor actions by young athletes aged 7 to 13 years. The use of the EMG method makes it possible to determine not only qualitative but also quantitative criteria for assessing movements.

Keywords: expert evaluation, movement with complex motor structure, coordination abilities, intermuscular coordination, electromyography, EMG-patterns of movement, symmetry, reciprocity, economization of efforts, Kruskal-Wallis criterion.

Компьютерные технологии в задачах мониторинга, тестирования и диагностики спортсменов

Татарова С.Ю. канд. пед. наук, доцент, [sy66@yandex.ru](mailto:syt66@yandex.ru)

Миленина А.А., студент,

Шапорова В.М., студент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

Аннотация. В данной статье будут рассмотрены ближайшие перспективы в направлениях использования современных технологий в сфере физической культуры и спорта. В том числе использование технологий мониторинга, тестирования и диагностики достижений спортсменов. Тестирование – основная методика комплексного педагогического мониторинга. С его помощью можно проанализировать показатели здоровья и подобрать индивидуальный подход к каждому. Компьютерное тестирование признано самым эффективным методом оценки знаний. Также выделяют применение компьютерной техники при тестировании профессиональной подготовки педагогов.

Ключевые слова: мониторинг, тестирование, диагностика, спорт, компьютерное тестирование, физическая культура.

Введение

На современном этапе развития общества крайне необходимы оптимизация и мобилизация имеющихся образовательных, социальных и культурных ресурсов для содействия современной молодежи в формировании жизнеобеспечивающих качеств, в т. ч. патриотизма и гражданской ответственности, креативности, профессионального владения технологиями кросс-культурных коммуникаций, умения организовать свой досуг на основе здоровых нравственных представлений.[1]

Одна из наиважнейших задач российского государства в настоящее время – это обеспечить эффективность функционирования сферы здравоохранения. Решение данной задачи позволит обеспечивать страну здоровым персоналом, повысить использование интеллектуальных ресурсов и повысить качество жизни, что? в свою очередь, повлияет на экономическую, культурную и политическую сферу жизни.

Именно поэтому проблема педагогической диагностики является актуальной и значимой при решении вопросов, связанных с развитием преподавательской деятельности и непрерывным профессиональным развитием субъектов образовательного процесса. Педагогическая диагностика не только выявляет знания учащихся, но и дает основу для определения трудностей в обучении, способствует осознанию и поиску оптимальных решений для их преодоления.

Лечение становится очень дорогостоящим и поэтому укреплению и восстановлению здоровья посредством физических практик, гигиеническим факторам придают особое значение.

От года к году растет число студентов вузов, отнесенных по состоянию здоровья к специальным медицинским группам – 15–20%, в ряде вузов это число увеличивается до 50% (!) [2]. Так что проведение диагностики здоровья, различных тестов и мониторинга позволит, во-первых, помочь учащимся специальной группы заниматься, не нанося вред себе, а во-вторых, собирать статистику и предотвращать ухудшение показателей.

Следует различать спортивную диагностику и тестирование, и педагогическую диагностику, и тестирование. В статье рассмотрим обе стороны.

Педагогическая диагностика

Педагогическая диагностика может включать: степень сформированности определенных личностных качеств; обучение и воспитание личности; поведение и деятельность обучающихся; воспитательное воздействие в социальной среде; педагогическое общение и др. Ограничившись исследованием, мы решили в качестве темы диагностики педагогической деятельности подготовку компетенций будущих специалистов ИТ-отрасли в образовательном процессе.

Оценивая традиционные методы диагностики, мы пришли к выводу, что наиболее эффективным методом является тестирование, которое имеет много преимуществ:

- высокая степень объективности метода (исключает влияние субъективных факторов);
- высокая эффективность исследований (позволяет оценить знания больших групп обучаемых с быстрой обработкой результатов);
- можно оценить точность результатов.

Однако существуют ограничения для теста, потому что может быть сложно оценить глубокое понимание, владение стилем мышления рассматриваемой дисциплины, хотя в целом это возможно. Однако следует отметить, что многие педагоги в настоящее время ориентируются на педагогические тесты как наиболее объективную, самостоятельную диагностическую систему для измерения успеваемости учащихся и предоставляют возможность массовой, оперативной, многомерной диагностики результатов их учебно-познавательной деятельности.

В современной научно-педагогической литературе в рамках педагогической диагностики можно встретить различные определения понятия теста (табл. 1).

Контент-анализ показал, что тесты – это образовательный феномен, который имеет многомерное определение с несколькими смыслами.

С помощью педагогических тестов мы сообщаем о методе оценки качества образования, который представляет собой стандартизированный метод измерения, обработки и анализа результатов.

Современные биомедицинские технологии выходят за рамки профессиональных медицинских учреждений и находят свое применение в различных областях жизни, где необходимо получать информацию о здоровье человека. Наибольшей областью такого применения являются биомедицинские технологии в спорте, особенно виды, связанные с непрерывной, длительной физической активностью. Развитие современных видов спорта и инфраструктуры предъявляет сложные задачи и специфические требования к спортивным специалистам, тренерам и врачам при подготовке высококвалифицированных спортсменов международного класса. В то же время развитие современных медицинских технологий позволяет проводить непосредственное обследование реакции организма на определенные воздействия, что дает важную информацию для диагностики работоспособности и оперативной готовности.

Следует отметить, что функциональная диагностика играет важную роль в информации, полученной из различных образцов. Все материалы медицинского обследования должны рассматриваться не отдельно, а вместе со всеми другими медицинскими критериями. Только комплексный расчет данных медицинского обследования, результатов применения инструментальных методов исследования и материалов, полученных в ходе функционального обследования, позволит объективно оценить функциональную подготовленность организации спортсмена к соревнованиям в целом.

Таким образом, тестирование становится современной парадигмой объективной оценки эффективности образования, основными задачами которой являются:

- Объективная оценка выполнения студентами образовательных стандартов;

- Формирование устойчивого позитивного стереотипа у студентов и преподавателей о необходимости и неизбежности всеобщего внедрения объективных показателей результативности образования в обществе в практику принятия управленческих решений;
- Разработка научных основ для создания, исследования свойств и применения исследований;
- Внедрение стандартизированных методов тестирования как метода объективной оценки результатов обучения;
- Обеспечение разнообразия, необходимого для удовлетворения потребностей учащихся, педагогов, образовательных учреждений, органов управления образованием в адаптации тестовых объектов (создание полного пакета образовательных и управленческих услуг) для решения их конкретных задач.

Таблица 1

Понятие тестирования в контексте педагогической диагностики

Источник	Определение
В.С. Аванесов	Одна из наиболее технологических форм проведения автоматизированного контроля с управляемыми параметрами качества [3].
К. Ингенкамп	Метод педагогической диагностики, с помощью которого выборка поведения, репрезентирующая предпосылки или результаты учебного процесса, должна максимально отвечать принципам сопоставимости, объективности, надежности и валидности измерений, должна пройти обработку и интерпретацию и быть готовой к использованию в педагогической практике [4].
Т.Е. Климова	Процесс и результат применения тестов и других диагностических методик для изучения и оценки свойств, качеств объекта измерения [5].
Педагогический энциклопедический словарь	Стандартизированная процедура объективного измерения образовательных достижений испытуемого по различным учебным предметам [6].

Тесты на основе компьютерных информационных технологий официально считаются основным средством диагностики знаний проекта федерального закона «О государственном образовательном стандарте начального общего образования»

Современный уровень компьютерных технологий и внедрение компьютеров в учебный процесс позволит автоматизировать работу тестового контроллера, осуществить полный цикл стандартизации и повышения качества знаний, подготовки профессиональных кадров в условиях вузовского образования. Поскольку накоплен опыт диагностического комплекса качества знаний по общим и специальным предметам, автоматизация не только облегчает работу преподавателя, экономит время на тестировании, но и снимает психическое напряжение, переводя предметно-предметные отношения «студент-преподаватель» на «ПК студентов»; позволяет повысить эффективность процесса контроля, а также качество совершенствования «системы» показателей.

Под компьютерным тестированием образовательного процесса как основой формирования компетенций будущих специалистов мы понимаем целенаправленную деятельность преподавателя по разработке образовательных услуг, тестированию, обработке, а также результатов вычислительной техники и информационных технологий, а также по желанию студента, максимальному результату процесса

В компьютерных тестах могут учитываться индивидуальные особенности учащихся в зависимости от конкретного сенсорного канала, например, слуха, языка, зрения.

Спортивная диагностика

Доказана низкая эффективность программ экстренной функциональной диагностики и обучения без использования инновационного оборудования, имеются технологические решения по организации тренировочного процесса со специальными средствами, осуществляющими срочную диагностику функционального состояния организма спортсмена.

В рамках элективных дисциплин по физической культуре и спорту в высших учебных заведениях сохраняется необходимость в разработке и внедрении новых подходов в систему учебных занятий по физической культуре с использованием новых методик и технологий [7]. А без должной диагностики, тестирования и мониторинга руководство не сможет наглядно просмотреть результаты и проанализировать целесообразность внедрения.

Большую роль в диагностике, мониторинге и тестировании спортсменов занимают мобильные приложения и специальные аксессуары. Различные фитнес-трекеры, фитнес-браслеты и приложения для бега, йоги и других видов спорта.

С помощью стандартного спортивного браслета и мобильного приложения можно измерить частоту сердечных сокращений, отследить динамику изменения веса, времени сна, следить за количеством потребленных белков, жиров и углеводов.

Из-за широкой доступности спортом может заниматься каждый, при этом видя результаты своих трудов наглядно, на экране своих смартфонов.

Желание улучшить свой внешний вид и произвести впечатление на окружающих посредством совершенствования телосложения, подчеркивания особенностей фигуры, увеличения пластичности движений, увеличения мышечной массы являются наиболее сильным мотивационным механизмом к занятиям спортом и физической культурой у молодежи [8].

Сейчас фитнес-браслеты находятся на пике популярности. Яркие, стильные часы можно увидеть в руках многих людей, которые бегают, плавают, или просто гуляют.

Они помогают контролировать состояние вашего организма, лучше понимать, как он работает, соблюдать здоровый образ жизни.

Фитнес-браслет (трекер, Smartband) — это инструмент со встроенными датчиками, который поможет вам контролировать общее состояние вашего тела, а также двигательную активность. Кроме того, гаджет показывает реакцию пользователя на нагрузку организма и помогает отслеживать развитие. Не все знают, что такое устройство помогает начинающим и активным людям правильно подобрать нагрузку, чтобы переключиться между активностью и отдыхом. Так что суть фитнес-браслета заключается в том, чтобы регулировать самочувствие пользователя, помогая ему приблизиться к идеалу.

Фитнес-браслет необходим не только профессиональным спортсменам, но и офисным работникам, студентам, которые большую часть времени проводят сидя. Он нужен людям, которые хотят похудеть, подтянуть организм или же активнее, контролировать свое здоровье.

Специалисты выделяют такие существенные особенности от фитнес-браслета:

- подсчитывает шаги, пройденное расстояние, напоминает о долгом бездействии. С помощью акселерометра (датчика для измерения ускорения) пользователь узнает, сколько шагов и какое расстояние он проходит, сколько времени на это тратит, сколько калорий сжигает. С каждым днем хочется повышать работоспособность, что положительно сказывается на фигуре. Если вы сидите слишком долго, трекер вибрирует и просит вас встать и попрактиковаться;

- отслеживает сон. Самочувствие и здоровье человека зависит от того, как он спит. Если вы не снимаете устройство ночью, утром оно покажет, как долго длился глубокий /

поверхностный сон, проанализирует данные и даст рекомендации по улучшению качества. Благодаря «умному сигналу тревоги», устройство будит вас во время быстрого сна;

- измеряет пульс. Благодаря встроенному монитору сердечного ритма, вы можете использовать трекер для определения частоты сердечных сокращений, что очень важно во время тренировки. При превышении предельного значения устройство оповещает пользователя вибрацией;

- стимулирует вас следовать вашей диете. Гаджет подсчитывает калории, сжигаемые во время физической активности. Есть модели с дневником питания. Для этого необходимо сканировать штрих-код продуктов, которые вы едите, а затем будет отображена информация о продукте, и приложение покажет диаграммы потребляемых и расходуемых калорий;

- заменяет личного тренера. С помощью фитнес-браслета можно спланировать тренировочный календарь. Опция Smart coach позволяет отслеживать и улучшать свои спортивные результаты. Трекер имеет все необходимые возможности для достижения этих целей.

Устройства можно использовать не только при тренировках на воздухе или в помещении, но и в воде, так как большинство из них оснащены защитой от попадания влаги. В фитнес-трекеры часто заложены программы функциональных тренировок. Функциональная тренировка – это новое направление в фитнесе, требующее адаптации и внедрения в систему занятий в воде. Такая тренировка повышает функциональный уровень работы всех систем организма и выводит их на новый уровень [9].

Помогут такие приспособления и при работе с иностранными студентами, так как программное обеспечение браслетов представлено на нескольких языках. Необходимость преобразования и усиления воспитательной работы с иностранными студентами при проведении учебных занятий по физической культуре, в частности при обучении их плаванию, обусловлена важностью формирования у них не только жизненно необходимого навыка плавания, но и дружественного отношения к России [10].

Очевидно, такие устройства не появились бы без должной популяризации спорта и здорового образа жизни в стране. Имидж здоровья напрямую зависит от содержательного компонента информации о здоровье, которую СМИ транслируют аудитории. Наиболее часто используемые средствами массовой информации темы задают тон всем сообщениям о здоровье, формируя у аудитории соответствующую иерархию компонентов здоровья с точки зрения их ценности [11].

Таким образом, более глубокий уровень мониторинга физического развития и физической подготовленности студентов позволяет, вместо фиксации только показателей, оценить здоровье, физическое развитие студента с большей точностью. Внедрение диагностики и тестов позволит проводить анализ показателей и вмешательство на более ранней стадии в процесс развития студента для облегчения или устранения негативных последствий.

Список литературы

1. Татарова С.Ю., Татаров В.Б. Роль рекреативных технологий в формировании культуры здоровья студенческой молодежи // Вестник ТГУ. 2014. №1 (129). С. 76-80.
2. Татарова С.Ю. Формирование здорового образа жизни студентов в культурно-образовательной среде вуза // Вестник ТГУ. 2008. Вып. 5 (61). С. 341–343.
3. Аванесов В.С. Тесты в социологическом исследовании. М., 1982. 199 с.
4. Ингенкамп К. Педагогическая диагностика (пер. с нем.). М.: Педагогика, 1991. 240 с.
5. Климова Т.Е. Педагогическая диагностика: учебное пособие. Магнитогорск: МаГУ, 2000. 124 с.
6. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б.М. Бим-Бад. М.: Большая Российская энциклопедия, 2002. 528 с.
7. Любина Е.В., Сими́на Т.Е., Татарова С.Ю. и соавт. Изменение функциональных возможностей кардиореспираторной системы у студентов при использовании аква-аэробных

упражнений в сочетании с элементами спортивного плавания // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2019. № 9 (175). С. 171–175.

8. Маврина С.Б., Круглова Ю.В., Татарова С.Ю. Мотивационные механизмы для занятий физической культурой и спортом для студентов высших учебных заведений // Культура физическая и здоровье. 2019. № 1 (69). С. 126–129.

9. Любина Е.В., Симица Т.Е., Шакирова Ю.В., Татарова С.Ю. Повышение уровня физической подготовленности студентов юношей на основе включения функциональных уроков по аквааэробике в систему учебных занятий по физической культуре // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2018. № 10 (164). С. 192–197.

10. Логинов О.Н., Стадник Е.Г., Любина Е.В., Татарова С.Ю. Воспитательная работа с иностранными студентами при формировании навыка плавания в процессе занятий по физической культуре // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2018. № 11 (165). С. 174–180.

11. Панова Е.Л., Татарова С.Ю., Татаров В.Б., Кондраков Г.Б. Формирование имиджа здоровья россиян средствами массовой информации // Социология спорта. 2017. № 4. С. 10–13.

Computer technologies in the tasks of monitoring, testing and diagnostics of athletes

Tatarova S. Yu. *PhD, Assoc. Professor, syt66@yandex.ru,*

Milenina A. A., *student*

Shaporova V. M., *student*

Plekhanov Russian University of Economics

Abstract. In this article the nearest prospects in the directions of use of modern technologies in the sphere of physical culture and sports will be considered. Including the use of technologies for monitoring, testing and diagnostics of athletes' achievements. Testing is the main method of comprehensive pedagogical monitoring. With its help, you can analyze health indicators and choose an individual approach to everyone. Computer testing is recognized as the most effective method of assessing knowledge. Also distinguish the use of computer technology in testing the training of teachers.

Keywords: monitoring, testing, diagnostics, sports, computer testing, physical culture.

Контроль и оценка технической подготовленности спортсменов в лыжном спорте с использованием современных технологий

Федотова В.Г., канд. пед. наук, доцент;

Федотов В.Н., vg.fedotova@yandex.ru

ГБОУ ВО Московская государственная академия физической культуры,
пос. Малаховка Московской области

Аннотация. В статье рассматриваются различные аспекты контроля, анализа и оценки технического мастерства спортсменов, специализирующихся в различных видах и дисциплинах лыжного спорта. Основное внимание уделено возможностям современных высокотехнологичных средств и методов контроля, используемому оборудованию и эффективным методическим подходам.

Ключевые слова: *лыжный спорт, техническая подготовленность, методы контроля и оценки.*

Введение

Построение тренировочного процесса в спорте высоких достижений невозможно без использования современного высокотехнологичного оборудования. Прогресс в этой сфере открывает все новые технические возможности и направления. В значительной степени это относится к разделу технической подготовки и контролю достигнутого уровня технического мастерства спортсменов: возможности современных аппаратно-программных комплексов здесь реализованы далеко не полностью.

Выделяют два основных метода контроля за техническим мастерством: визуальный и инструментальный. Визуальный контроль может проводиться как в ходе непосредственных наблюдений за действиями спортсмена, так и с помощью видеотехники. Видеоанализ более распространен, поскольку позволяет документально зафиксировать движения спортсмена, анализировать технику в динамике движения, использовать стоп-кадр и замедленное воспроизведение движения, что дает возможность контролировать детали техники, а также исключает влияние соревновательной обстановки (эмоциональное восприятие экспертом или его увлеченность каким-то моментом и др.) на процесс наблюдения. В практике подготовки спортсменов визуальный контроль с использованием видеозаписи до сих пор остается весьма распространенным средством качественного анализа технического мастерства.

Современным стандартом спортивной биомеханики является технология компьютерного анализа видеоряда, позволяющая с высокой точностью диагностировать различные виды особенностей функции опорно-двигательного аппарата, осуществлять целенаправленную коррекцию и оптимизацию двигательного стереотипа в процессе технической подготовки спортсмена. Специализированное программное обеспечение позволяет строить усредненные профили и рассчитывать отклонения кинематических характеристик, производить статистическую обработку и сравнительный анализ хранящихся в базе данных результатов исследования нескольких спортсменов или одного спортсмена в разные периоды времени.

К числу наиболее доступных инструментов видеоанализа относятся ПО Coach's Eye и Kinovea. Для более точного и эффективного анализа тренировочной и соревновательной деятельности применяются специализированная программа Dartfish, обладающая широким спектром возможностей включающая целый ряд дополнительных функций: инструментарий для присвоения определенных отметок в видео по ходу выступлений спортсменов; обработка результатов тренировок с последующей регистрацией и архивированием; раскадровка движений спортсменов и спортивных снарядов (технология StroMotion); инструментарий для распечатки полученной в ходе тренировок и выступлений информации на бумажный носитель; графические инструменты для более удобного и наглядного анализа тактики,

техники и других показателей спортсменов; технология «картинка в картинке» для выделения ключевых моментов техники; наложение одного видео на другое (технология SimulCam); online-просмотр информации о ходе тренировок и др. (рис. 1).

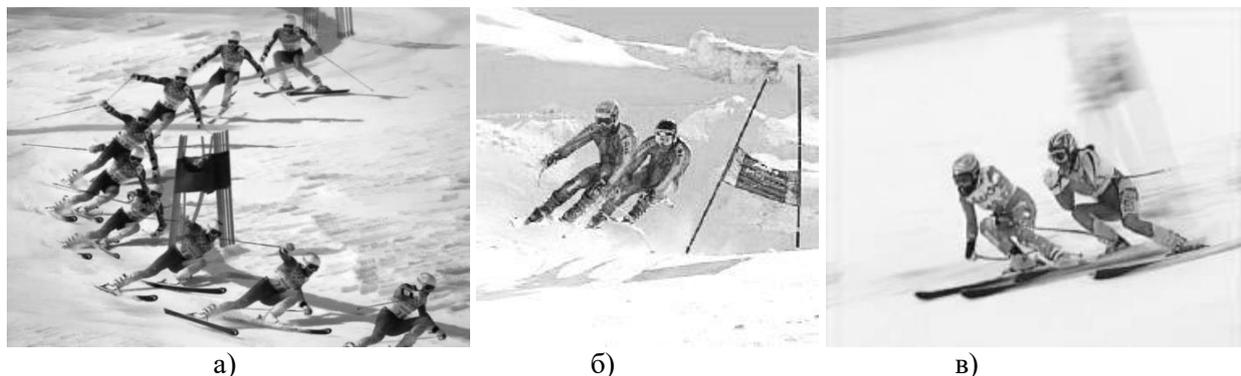


Рис. 1. а) технология StroMotion – кинограмма движения горнолыжника; б и в) технология SimulCam – спецэффект, отображающий позицию движения двух спортсменов

Однако, программа Dartfish – это не только видеоанализ и визуальная оценка внешней стороны выполняемых действий, но и возможность серьезного количественного анализа, что было продемонстрировано в работе В.В. Зибзеева [1]. В ходе видеоанализа гонки на 10 км на лыжероллерах изучались индивидуальные характеристики лыжегоночной техники спортсменов-двоеборцев, обработка и расчет кинематических параметров лыжегоночной техники осуществлялись с помощью программного обеспечения «Dartfish» (табл. 1).

Таблица 1

Кинематические показатели конькового хода в лыжероллерной гонке на 10 км
квалифицированных лыжников-двоеборцев [1]

Показатели	$X \pm \sigma$	Модельные Значения
Общая длина проката цикла (м)	3,14±0,25	3,5-4,5
Максимальная длина проката на одной лыже (м)	2,70±0,16	2,8-3,2
Темп передвижения (кол-во циклов/мин)	46,9±4,4	55-62
Общее время цикла (с)	1,21±0,05	0,97-1,05
Средняя скорость в цикле (м/с)	3,33±0,22	3,7-4,2
Наклон туловища (градусы)	46,2±1,4	40-47
Положение опорной ноги в голеностопном суставе (градусы)	71,7±1,81	65-73
Положение опорной ноги в коленном суставе (градусы)	120,8±8,14	115-125
Положение опорной ноги в тазобедренном суставе (градусы)	83,2±3,11	85-92
Сгибание рук в локтевом суставе (градусы)	76,0±1,96	70-78
Угол постановки палок (градусы)	81,3±3,15	75-83

Полученные данные каждого спортсмена могут быть сопоставлены с модельными значениями, и по расхождению реальных и модельных параметров формулируются рекомендации по дальнейшему совершенствованию технического мастерства.

На современном этапе особое значение для количественной оценки техники движения имеют инструментальные методы, становящиеся все более доступными для использования в подготовке спортсменов разного возраста и квалификации. Все большую популярность и распространение в различных видах спорта получают сложные системы регистрации

двигательных действий спортсменов с последующей компьютерной обработкой, числовым и графическим представлением важнейших характеристик и элементов спортивной техники. Большинство программно-аппаратных комплексов состоят из сети видеочамер, воспринимающих координаты специальных маркеров, установленных на суставах тела спортсмена, системы датчиков и компьютерной обработки данных в режиме реального времени, позволяющей получить обширную информацию о пространственно-временных и динамических характеристиках движений.

Среди них – инновационный аппаратно-программный комплекс UltraMotion Pro SKI (система биомеханического анализа движений спортсменов), дающий возможность проводить анализ кинематических характеристик высокоскоростных движений спортсменов на открытых площадках, трассах и стадионах при температуре окружающей среды от -20°C до $+30^{\circ}\text{C}$. В системе используются маркеры сегментов тела на основе магнитного винила, что дает возможность задействовать алгоритм их автоматического распознавания в условиях солнечного освещения на белом снежном фоне. Возможности этого программного продукта иллюстрируют результаты исследования, выполненного на материале лыжного двоеборья [3]: программа, в частности, позволяет измерить углы не только на остановившемся кадре (т.е. при статичном положении спортсмена), но и проследить все изменения угловых характеристик в процессе выполнения отталкивания. Вл.В. Зебзеев с соавт. [2] также анализируют биомеханические и аэродинамические особенности техники прыжка на лыжах с трамплина, уделяя внимание кинематическим характеристикам в фазах отталкивания и полета (рис. 2). Авторами представлены угловые характеристики техники отталкивания и полета, которым должен соответствовать прыгун во время прыжка на лыжах с трамплина, выявлены основные ошибки спортсменов во время отталкивания.

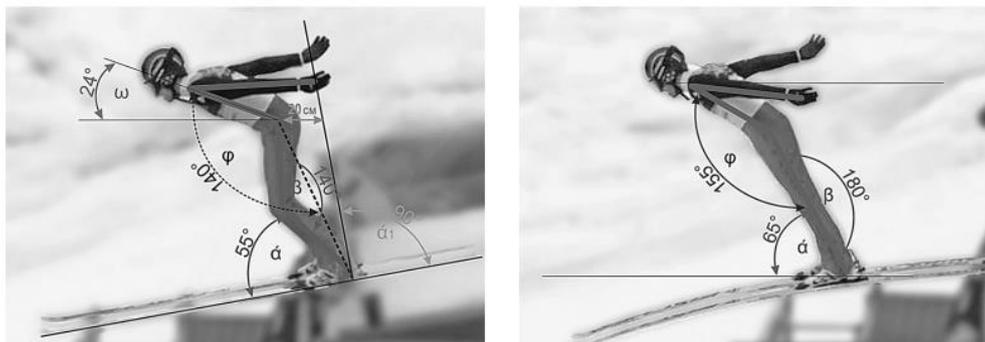


Рис. 2. Кинематические характеристики контактной фазы отталкивания и завершения контактной фазы отталкивания на расстоянии 1 м от края стола отрыва в исполнении С. Амманна на ЗОИ в Ванкувере (2010 г.)

Возможности АПК UltraMotion Pro SKI находят успешное применение и в лыжных гонках: в исследовании Н.Б. Новиковой [4] проводилась оценка эффективности техники лыжников-гонщиков на основе изучения динамики биомеханических характеристик (перемещения, скорости, ускорения) спортсмена при передвижении попеременным двухшажным ходом. Определялись величины линейных горизонтальных и вертикальных скоростей, ускорений, перемещений, суставных углов на протяжении цикла движений. Было, в частности, установлено, что у сильнейших лыжников-спринтеров максимальное ускорение центра тяжести совпадает с фазой отталкивания и снижается до отрицательных значений только в фазе одноопорного скольжения.

Одним из перспективных направлений контроля, анализа и оценки техники спортсменов является использование методики, основанной на использовании микросенсорных датчиков, включая трехмерный акселерометр, гироскоп и датчик позиционирования GPS (рис. 3).

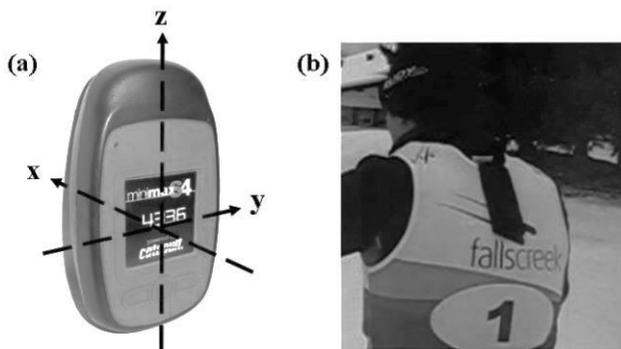


Рис. 3. Микросенсор и его крепление на экипировке спортсмена

Примеры результатов, получаемых с использованием такого рода датчиков в лыжных гонках, приведены на рис. 4 [5].

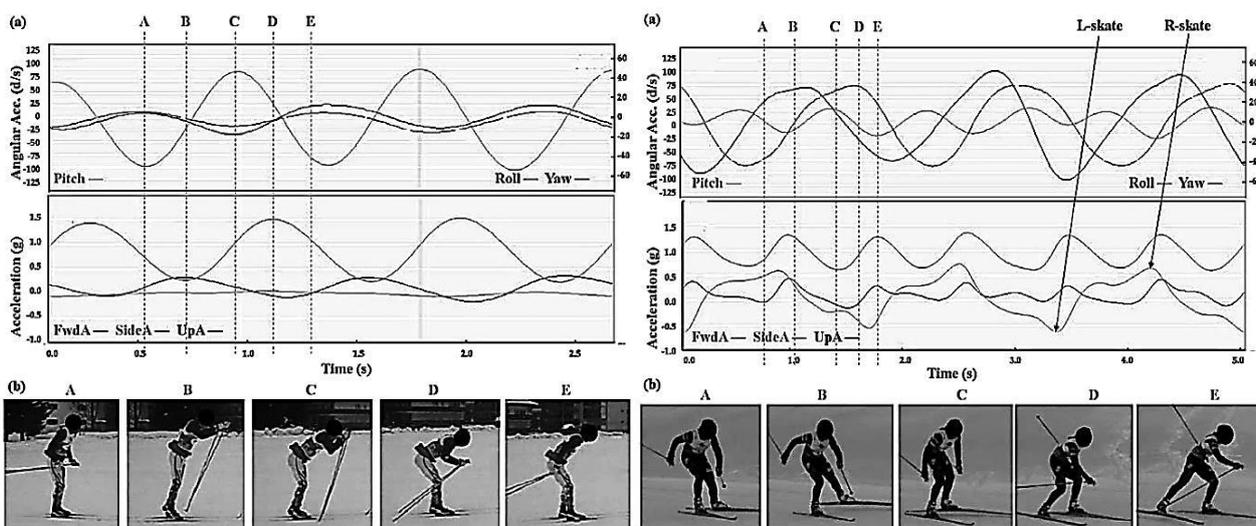


Рис. 4. Динамика угловых характеристик и ускорения при передвижении лыжника одновременным бесшажным ходом (а) и коньковым ходом (б)

Специалистами Национального центра зимних видов спорта в Эстерсунде был разработан АПК MeWeMove, позволяющий оценить эффективность отталкивания руками в лыжных гонках (рис. 5). Встроенный акселерометр передает данные в специальную программу, регистрирующую ускорения корпуса в различных фазах отталкивания и их частоту, а также «стабильность» – степень того, насколько одинаковые по характеристикам отталкивания руками производит лыжник в течение длительного промежутка времени. Результат оценивается в баллах от 0 до 7: например, трехкратный победитель Васалоппет Йорген Бринк показывает значение 5-6, а начинающие спортсмены – 2-5.

Датчик позволяет оценивать два других интересных параметра:

- «Атака» – ускорение падения корпуса на палки до их соприкосновения со снегом. Изменяется в диапазоне от 0 до 20 м/с²: у элиты до 17), у сильных любителей в районе 11, у начинающих – 4. Если лыжник просто ставит палки на снег и только после этого прикладывает усилие, то значение атаки стремится к нулю.
- «Толчок» – ускорение падения корпуса на палки в течение их соприкосновения со снегом. Изменяется в диапазоне от 0 до 30 м/с²: у элиты значение этого параметра доходит до 25, у сильных любителей находится в районе 10-11, у начинающих – порядка 6.

Этими же разработчиками предложено и другое решение: измеритель мощности, встроенный в ручки лыжных палок. Новый прибор способен измерить момент на палках, частоту отталкиваний и посчитать мощность выполняемой работы, причем отдельно для правой и левой руки.



Рис. 5. Датчик MeWeMove, позволяющий оценивать эффективность отталкивания палками в лыжных гонках

В исследовании немецких специалистов Х. Херманна и М. Клаусса [8] проводился анализ техники конькового хода высококвалифицированных биатлонистов. Результаты сравнительного анализа позволили авторам выявить динамические и кинематические характеристики эффективной и неэффективной техники конькового хода при движении спортсмена в подъем (рис. 6).



Рис. 6. Измеритель мощности Proskida, встроенный в лыжные палки

В работе словенских специалистов [9] приводятся результаты использования тензометрической системы, фиксирующей комплекс динамических и кинематических характеристик спортсмена при выполнении прыжка с трамплина. Важный компонент системы – мобильные инерционные датчики, позволяющие проводить измерение в естественных условиях выполнения прыжка с трамплина без вмешательства извне в действия спортсмена и без нарушения естественного хода выполнения прыжка.

Использование комплекса инерционных и тензометрических датчиков позволяет оценивать биомеханические параметры движения спортсменов в горнолыжном спорте и лыжных гонках (рис. 9-10).

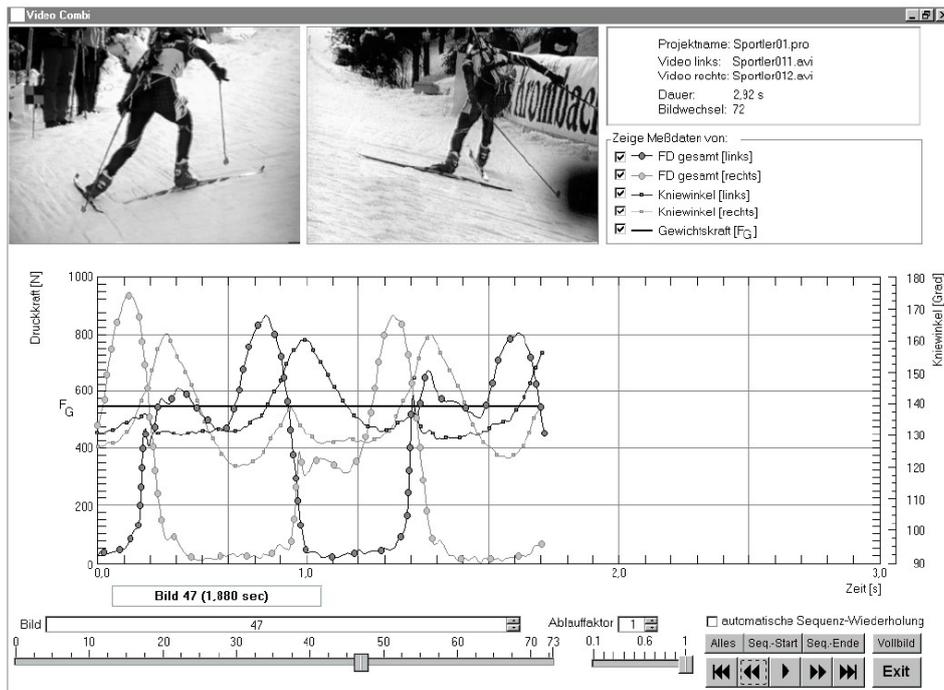


Рис. 7. Регистрация динамических и кинематических характеристик конькового хода биатлонистов в программе Video-Combi

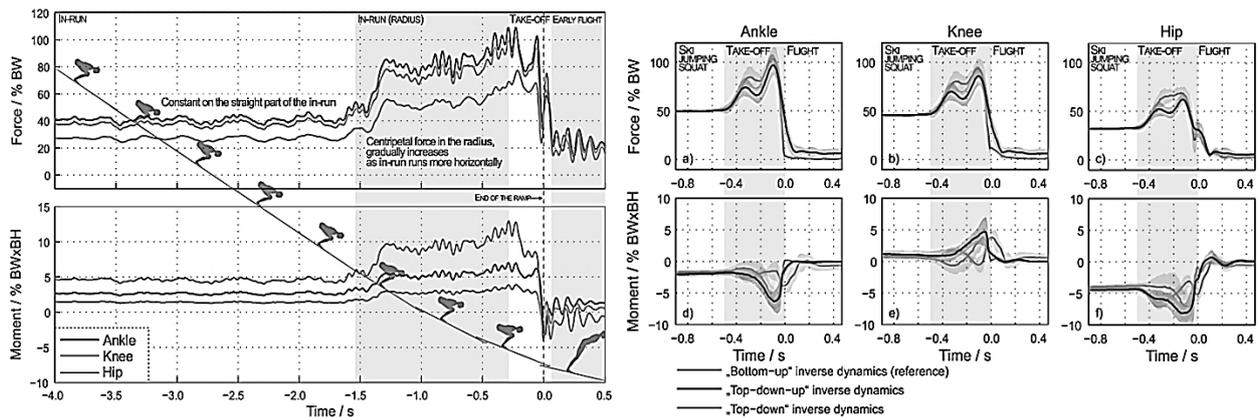


Рис. 8. Динамика изменения изучаемых динамических параметров (а) голеностопный, б) коленный и в) тазобедренный сустав) при разгоне и уходе со стола отрыва [9]

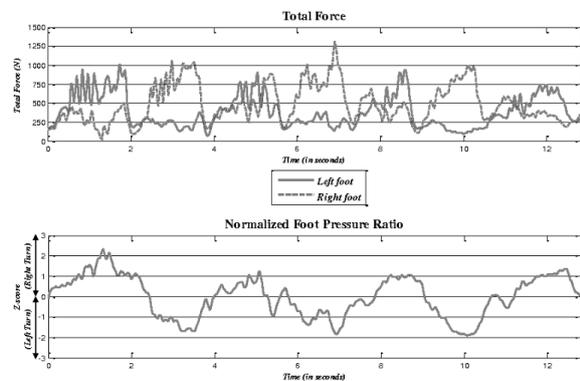
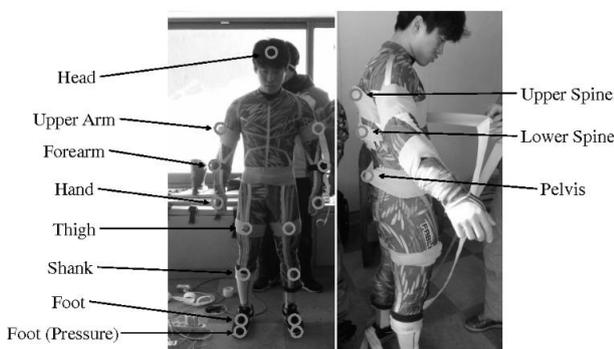


Рис. 9. Расположение инерционных и тензометрических датчиков на теле горнолыжника и пример получаемых данных (Y. Gwangjae et al., 2016)

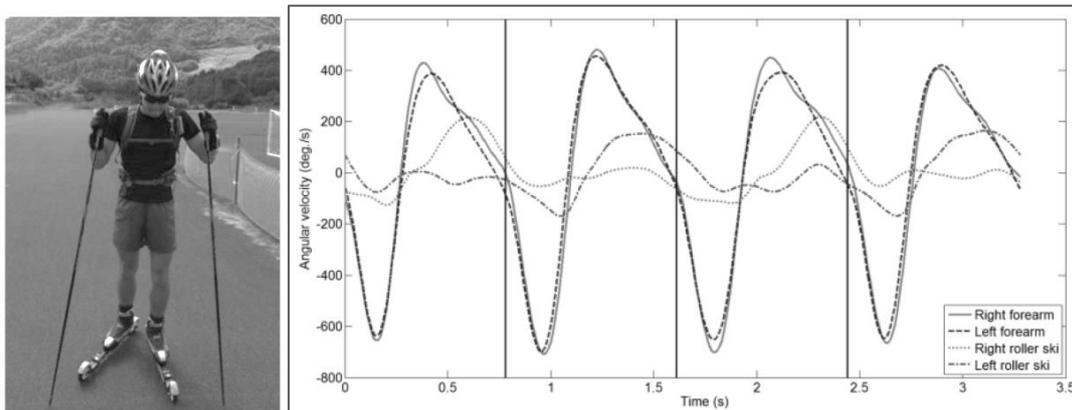


Рис. 10. Расположение инерционных и тензометрических датчиков на теле лыжника-гонщика и получаемые результаты [7]

Таким образом, в настоящее время тренерам и спортсменам, специализирующимся в различных видах и дисциплинах лыжного спорта, доступен весьма широкий круг методов оценки параметров технического мастерства. Но в практике подготовки отечественных спортсменов их использование ограничено: в основном это пока научно-исследовательские проекты, а не ежедневная рутинная работа тренеров-практиков. Важная роль в изменении ситуации отводится подготовке будущих специалистов в вузах физической культуры: именно там будущие тренеры должны получать теоретические основы и практические навыки такой работы.

Список литературы

1. Зебзеев В.В. Методика лыжегоночной подготовленности квалифицированных лыжников-двоеборцев // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2015. №4 (122). С. 52–55.
2. Зебзеев Вл.В., Зданович О.С., Зебзеев В.В. Биомеханические и аэродинамические особенности техники прыжка с трамплина в фазах отталкивания и полета // Наука и спорт: современные тенденции. 2016. Т. 10, № 1. С. 42–49.
3. Злыднев А.А., Захаров Г.Г., Артошин А.В. Техника отталкивания на столе отрыва трамплина квалифицированными лыжниками-двоеборцами в подготовительном периоде. Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции «Южки 100-лет. Вчера, сегодня, завтра». СПб: ФГУ СПбНИИФК, 2011. С. 17–23.
4. Новикова Н.Б. Оценка эффективности попеременного двухшажного классического хода на дистанциях лыжного спринта. Сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции «Южки 100-лет. Вчера, сегодня, завтра». СПб: ФГУ СПбНИИФК, 2011. С. 69–74.
5. Рудберг М.Ю. Модель лыжного конькового отталкивания в шаге КООХ. В сб.: Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Московская государственная академия физической культуры. Малаховка, 2014. С. 81–88.
6. Yu G., Jang Y.J., Kim J., Kim H.Y., Kim K., Panday S.B. Potential of IMU sensors in performance analysis of professional Alpine skiers // Sensors. 2016. Vol. 16, N 4. P. 463.
7. Sakurai Y., Fujita Z., Ishige Y. Automatic identification of subtechniques in skating-style roller skiing using inertial sensors // Sensors. Vol. 16, N 4. P. E473.
8. Hermann H., Clauss M. Biomechanical skating technique analysis in biathlon. In: 18th Int. Symp. on Biomechanics in Sports. Hong Kong, China, June 25-30, 2000.
9. Logar G., Munih M. Estimation of joint forces and moments for the in-run and take-off in ski jumping based on measurements with wearable inertial sensors // Sensors. 2015. Vol. 15, N 5. P. 11258–11276.

Control and assessment of technical skills of athletes in ski sports using modern technologies

Fedotova V. G., *PhD, Assoc. Professor*

Fedotov V. N., *vg.fedotova@yandex.ru*

Moscow State Academy of Physical Culture, Malakhovka, Moscow Region

Abstract. Various aspects of monitoring, analyzing and evaluating the technical skills of athletes specializing in various sports and skiing disciplines are discussed. The main attention is paid to modern high-tech tools and control methods.

Keywords: skiing, technical preparedness, control and assessment methods.

Применение комплексной цифровой системы fusionetics для оценки эффективности движений у теннисистов 13-14 лет

¹Чайковская О.О., канд. пед. наук, olga221182@mail.ru

²Бобенин П.В., магистрант, p.bebenin@gmail.com

¹«Федеральный научный центр физической культуры и спорта» ФГБУ ФНЦ ВНИИФК,
Москва

²Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма,
Казань

Аннотация. в статье представлен опыт использования комплексной цифровой фитнес-системы fusionetics, определена эффективность движений в отдельных звеньях опорно-двигательного аппарата у теннисистов 13-14 лет. Даны рекомендации тренерам по совершенствованию тренировочного процесса.

Ключевые слова: теннисисты 13-14 лет, цифровая система, fusionetics, эффективность движений, звенья тела.

Введение

Информатизация современного общества объясняет необходимость все более широкого использования информационных и телекоммуникационных технологий в сфере физической культуры и спорта [1].

Применения информационных систем используются в управление подготовкой спортсмена, они дают объективную информацию о состоянии спортсмена, помогают выявить проблемы с движением и дисбалансы, индивидуализировать процесс спортивной тренировки. Особо это актуально в подростковом возрасте, когда отмечается резкий скачок роста у спортсменов, а развитие отдельных систем и органов происходит неравномерно, в то же время заканчивается созревание двигательного анализатора и спортсмены могут выполнять движения с той же координацией, что и взрослые [2]. У теннисистов в возрасте 13-14 лет происходит отбор в сборные юниорские команды, увеличивается объем специально-подготовительных упражнений. Все это требует более внимательного отношения к спортсменам в данном возрасте, к необходимости учета их индивидуальных особенностей при построении тренировочной работы, предотвращающей травматизм.

Эффективность двигательной работы оценивается по степени близости техники выполнения упражнения к рациональному образцу, который является наилучшим для большинства людей. Одним из критериев эффективности движений служит показатель асимметрии положения тела в процессе движения [5, 6].

Цель исследования – определить эффективность движений в отдельных звеньях опорно-двигательного аппарата у теннисистов 13-14 лет с использованием комплексной цифровой системы fusionetics.

Задачи исследования:

1. Выявить звенья тела с низким уровнем эффективности движений у теннисистов 13-14 лет с использованием комплексной цифровой системы fusionetics.
2. Разработать практические рекомендации для тренеров, работающих с теннисистами 13-14 лет.

Методика и организация исследования

Для решения поставленных задач было проведено тестирование 12 теннисистов 13-14 лет с использованием комплексной цифровой фитнес-системы fusionetics. Спортсмены выполняли определенные физические упражнения, при этом фиксировалась асимметрия положения тела в процессе движения в трех проекциях, так же учитывались ощущения спортсмена. Данные заносились в систему fusionetics, которая обрабатывала их и выдавала

отчет в виде изображения тела человека с количественными и качественными, цветовыми оценками эффективности движений в отдельных звеньях опорно-двигательного аппарата.

Исходя из результатов обследования, система fusionetics предлагала для каждого теннисиста комплекс упражнений, применение которого необходимо для улучшения эффективности движений в отстающих звеньях двигательного аппарата.

Результаты

В исследовании эффективности движений у теннисистов 13-14 лет оценивалось 10 зон, соответствующих работе отдельных звеньев опорно-двигательного аппарата.

В таблице 1 представлены показатели эффективности движений в отдельных звеньях двигательного аппарата у теннисистов 13-14 лет в процентном выражении и с их качественной оценкой. Качественная оценка в программе выделяет три уровня эффективности движений: 0-49,9% низкий, 50-74,9% средний, 75-100% высокий. Низкий уровень выделен в отчете красным цветом, характеризует данное звено как недостаточно эффективное в выполнении упражнений, а также предупреждает о возможности травматизма в нем.

Таблица 1

Показатели эффективности движений в отдельных звеньях опорно-двигательного аппарата теннисистов 13-14 лет

Звенья тела	Оценка уровня эффективности движений (% / качественная)	
	Правая сторона	Левая сторона
Плечевой пояс	43,8 / низкий	43,8 / низкий
Живот (мышцы живота и спины)	64 / средний	55,3 / средний
Тазовый пояс	25 / низкий	33,3 / низкий
Колено (коленный сустав и мышцы бедра)	67,7 / средний	72,6 / средний
Голеностоп (голеностопный сустав и мышцы голени)	76,2 / высокий	68,9 / средний

Низкие показатели эффективности движений у теннисистов 13-14 лет наблюдаются в плечевом поясе и в области таза. Средние показатели, как видно из таблицы 1, в таких звеньях как колени, голеностоп левой ноги, область живота.

Высокий уровень оценки эффективности движений наблюдается у большинства теннисистов в голеностопе правой ноги. Вероятно, это связано с тем, что основная часть теннисистов, принявших участие в тестировании правши, правая нога является рабочей и больше задействована в движениях.

Можно рекомендовать тренерам, работающим с теннисистами 13-14 лет уделить особое внимание работе над группой мышц верхнего плечевого пояса. К тому же по данным исследований у спортсменов профессионалов часто страдает плечо (50% случаев), наиболее часто у теннисистов от 14-25 лет встречаются травмы локтевого сустава [3]. Теннис – асимметричный вид спорта, ведущая сторона в большей степени участвует в выполнении ударов, чем не ведущая, необходимо тренировать и другую руку с целью недопущения мышечного дисбаланса и предотвращения травм. В теннисе большое значение придается подаче и удару форхенд, в которых задействованы главным образом мышцы груди и передней поверхности плеча, необходимо уделять должное внимание и тренировке мышц спины и задней поверхности плеча. Важно учитывать, что при выполнении подачи и форхенда эти мышцы работают эксцентрически, то есть удлиняются под нагрузкой, а при бэкхенде происходит их концентрическое сокращение [4].

Также в тренировочный процесс с теннисистами 13-14 лет необходимо добавить упражнения для мышц таза, так как низкий уровень эффективности движений в этой области при увеличении нагрузки может привести к ее травмированию, а также к нарушениям и болям в других суставах, коленном и голеностопе, потому что мышцы и суставы находятся в одной кинематической цепи, движение одного сустава или группы мышц влияет на движение других мышц и суставов.

При построении тренировочного процесса важно работать над верхней и нижней частями тела, его правой и левой сторонами, а также задней и передней поверхностями туловища.

Выводы

Использование комплексной цифровой системы fusionetics позволяет:

- расширить аналитику состояния игрока;
- оценить эффективность движений спортсменов;
- подобрать комплекс упражнений, необходимый для улучшения движений в отстающих звеньях двигательного аппарата;
- индивидуализировать тренировочный процесс, предотвращая травматизм, что становится особо актуальным для теннисистов 13-14 лет.

Список литературы

1. Воронов И.А. Информационные технологии в физической культуре и спорте: Электронный учебник. СПб.: изд-во СПбГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2005. 80 с.

2. Донской Д.Д., Зацюрский В.М. Биомеханика: Учебник для институтов физ. культуры. М.: Физкультура и спорт, 1979. 264 с.

3. Мельничук К.Н. Анализ проблем травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата у теннисистов // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2015. № 3. С. 64–68.

4. Роутерт П., Ковач М. Анатомия тенниса: пер. с англ. Минск: Попурри, 2012. 224 с.

5. Томилин В. Н. Энергетические критерии эффективности спортивных движений // Российский журнал биомеханики. 2011. № 3. С. 79–85.

6. Уткин В.Л. Биомеханика физических упражнений: Учебное пособие для студентов фак. физ. воспитания, пед. институтов и для институтов физ. культуры по спец. №2114 «Физическое воспитание». М.: Просвещение, 1989. 210 с.

Application of complex digital system fusionetics to evaluate efficiency movements of tennis players 13-14 years

¹Chaikovskaya O. O., *PhD, olga221182@mail.ru*

²Bebenin P. V., *p.bebenin@gmail.com*

¹FSBI Federal Science Center for Physical Culture and Sport, Moscow

²Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan

Abstract. The article shows the experience of using complex digital fitness-system fusionetics, determined efficiency movement in detached links locomotor apparatus in tennis players 13-14 years. It is given recommendations to coaches to perfect training process.

Keywords: tennis players 13-14 years, digital system, fusionetics, efficiency movement, body's links.

3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СПОРТИВНОЙ МЕДИЦИНЕ

Автоматизация и реабилитация: вызовы современности

Голосов О.А., *oleg.a.golosov@fors.ru*
Мамчур С.С., *sergey.mamchur@fors.ru*
Компания «ФОРС», Москва

Аннотация. В статье анализируются проблемы, стоящие перед информатизацией процессов в спортивной медицине в части автоматизации реабилитации и намечаются пути их решения. Приводится пример системы планирования и контроля реабилитационного процесса.

Ключевые слова: спорт, реабилитация, планирование и контроль.

Введение

На текущий момент сфера ИТ продолжает стремительно развиваться. Это находит свое отражение, с одной стороны, в количественных показателях – так, по результатам исследования, объем российского рынка ИТ-услуг в долларах США увеличился в 2018 году на 7,2% и составил 4,84 млрд. долларов (304 млрд рублей) – в соответствии с первой частью исследования IDC1 «Russia IT Services Market 2019–2023 Forecast and 2018 Analysis».

С другой стороны – рынок ИТ услуг и решений сильно диверсифицируется, а сами информационные технологии проявляют все большую инклюзивность (проникновение во все сферы человеческой жизни), что обуславливает появление новых ниш для автоматизации. Так, например, развитие и повсеместное внедрение ИТ-технологий привело сначала к развитию автоматизации сугубо медицинской деятельности (в рамках МИС), а впоследствии обусловило появление отдельного направления телемедицины (в рамках отдельных телемедицинских решений) [1].

Несмотря на то, что сейчас имеются все предпосылки для полноценной информатизации сферы реабилитации и спортивной медицины, тем не менее, на текущий момент на отечественном рынке практически нет специализированных решений, затрагивающих данную нишу, которая стоит на стыке базовой автоматизации и телемедицины [2].

Пример специализированного решения

Одним из специализированных решений в области автоматизации реабилитационного процесса является решение EMMARENA, которое было разработано компанией «Ай-ФОРС».

Создание системы EMMARENA было обусловлено следующими факторами:

1) Территориальная удаленность пациентов от реабилитационных учреждений.

В подавляющем большинстве случаев существует большая территориальная удаленность между пациентом и реабилитационным центром. Возможности Системы позволяют перенести часть восстановительных мероприятий «на дом» (особенно на поздних стадиях реабилитации), не теряя при этом контакта с врачом-реабилитологом. Особенно актуально это может быть в случае прохождения лечения за рубежом и последующего возвращения домой.

2) Повсеместное развитие дистанционных технологий.

Дистанционные технологии развиваются очень интенсивно, по их применению в различных сферах лидируют образование и медицина, в которой, благодаря им, выделилось отдельное направление – телемедицина. На текущий момент стала активно развиваться и «субниша» телереабилитации.

¹ *International Data Corporation* — международная исследовательская и консалтинговая компания, основанная в 1964 году и занимающаяся изучением мирового рынка информационных технологий и телекоммуникаций.

3) Цифровизация реабилитационной деятельности.

Общая цифровизация экономики и медицины постепенно создала необходимость в «оцифровке» процесса реабилитации за счет создания специализированных информационных решений. В силу ряда аспектов данная ниша долгое время была неким «слепым» пятном для ИТ и включала фактически лишь рынок реабилитационного оборудования.

4) Прочие факторы.

Сюда можно отнести совокупность прочих факторов, которые так или иначе являлись катализаторами развития автоматизации в сфере реабилитации – повышение значимости качества жизни, общая диверсификация направлений рынка, поиск новых каналов монетизация компаниями, занимающихся разработкой решений в области медицины.

Описание системы

EMMAREHA – система планирования и контроля реабилитационного процесса (далее – Система), прежде всего – удаленно. Данное решение сочетает некоторые базовые функции МИС (например, наполнение карточки пациента) с функционалом телемедицины (телеконференции).

Решение EMMAREHA обладает уникальным конструктором формирования индивидуальных реабилитационных планов. Благодаря данному конструктору врачи могут сформировать индивидуальный план восстановления пациента или спортсмена.

На этом основании можно создать полноценный центр компетенции – упомянутый выше конструктор реабилитационных планов вкупе с «контейнером» упражнений позволяет фактически создавать единые методики по проведению реабилитационных мероприятий, делиться компетенцией опытных врачей с менее опытными, формировать собственный пул реабилитационных упражнений, методик и техник.

Дополнительно Система обладает собственным чатом и функционалом видеоконференции для взаимодействия в формате пациент-врач в рамках телеконсультации или полноценных дистанционных занятий, которые и формируют телереабилитацию в нашем понимании.

Ключевое значение имеет возможность интеграции с приборами. На текущий момент нами была реализована и протестирована интеграция с пульсоксиметром Кардекс², что позволяло получать данные ЧСС пациента непосредственно в процессе реабилитационного занятия.

В рамках разработки решения EMMAREHA привлекались отечественные и зарубежные специалисты, которые вложили свои усилия в создание и развитие данного продукта.

В целом, спортивная медицина, по общему определению, это отдельная специфическая область медицинской науки и практики, отвечающая за медико-биологическое обеспечение подготовки спортсменов – неотъемлемую составляющую их спортивной подготовки в целом, призванная решать целый ряд специфических задач.

Не так давно у нас закончился пилотный проект в Самбо-70, который подтвердил значимость Системы на стадии предсоревновательной подготовки для участников Спартакиады в целях предотвращения травматизма.

Другим важным шагом стала победа решения EMMAREHA в открытом запросе, размещенном Агентством инноваций³.

Спортивная медицина и реабилитация в частности – междисциплинарное направление, стоящее на грани медицины и фитнеса, поэтому применение самой Системы

² Пульсоксиметр для определения частоты пульса и насыщения гемоглобина крови кислородом ПО-02-«КАРДЕКС», исполнение 2.

³ Запрос «Современные решения для развития физической активности и улучшения состояния здоровья жителей Москвы при помощи телемедицинских технологий» от 19.08.2019 (определение победителей).

возможно в разных направлениях. В зависимости от изменения конъюнктуры рынка и потребностей пользователей возможно несколько направлений развития Системы, рынок диктует новые условия, создает новые вызовы. И чтобы оставаться «на плаву» необходима постоянная адаптация и та или иная кастомизация, возможные направления:

- Акцент на мобильной разработке;
- Акцент на интеграцию с приборами;
- Акцент на автоматизацию стационарной реабилитации.

Вывод

Информатизация спортивной реабилитации на данный момент значительно отстает от других направлений. В последние годы тематика информатизации и создания различных решений, позволяющих наладить реабилитационный процесс, начинает подниматься чаще. Но можно сказать, что данная ниша еще не занята крупными ИТ-игроками. В дальнейшем в данной нише будет расти конкуренция.

Список литературы

1. Карпов О.Э., Замятин М.Н., Даминов В.Д. и соавт. Повышение эффективности эксплуатации роботизированных систем для медицинской реабилитации путем внедрения информационно-телекоммуникационных технологий // Менеджер здравоохранения. 2016. № 6. С. 36–44.

2. Сапегин А.Н. Учет особенностей учреждений медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины при разработке медицинских информационных систем. В сб.: Системный анализ в медицине (материалы IX международной конференции). Благовещенск, 2015. С. 161–163.

Automation and rehabilitation: the challenges of modernity

Golosov O. A., *oleg.a.golosov@fors.ru*
Mamchur S. S., *sergey.mamchur@fors.ru*
«FORCE» LLC, Moscow

Abstract. The article analyzes the problems facing the informatization of processes in sports medicine in terms of automation of rehabilitation and outlines ways to solve them. An example of the system of planning and control of the rehabilitation process is given.

Keywords: rehabilitation in sport, system of planning and control of rehabilitation process.

Контроль процесса восстановления коленного сустава атлета после перенесенной травмы

Грунт Н.В., *nikita.grunt@skoltech.ru*

Цахилова Т.К., *tamara.tsakhilova@skoltech.ru*

Сапелко А.В., *sapelko_a@mail.ru*

Сколковский институт науки и технологий, Москва

Аннотация. В статье представлен обзор носимых устройств для реабилитации, их свойства и возможные способы применения. Также в статье описываются устройство и программное обеспечение (ПО), сочетающие в себе все необходимые конфигурации для анализа движений атлета во время реабилитации после травм коленного сустава. С помощью них врач может отслеживать прогресс восстановления атлета, рекомендовать упражнения на основе этого и получать аналитику с помощью машинного обучения.

Ключевые слова: машинное обучение, реабилитация после травм, движения атлета.

Введение

Существует множество факторов, необходимых для достижения оптимального результата после операции на коленном суставе. Качество процесса восстановления в значительной степени зависит от силы и выносливости четырехглавой мышцы и подколенного сухожилия. Традиционно реабилитационные тренировки после менискэктомии и реконструкции связок ограничиваются развитием силы мышц, поддерживающих колено, с акцентом на выносливость. Несмотря на то, что функция колена может стабилизироваться в течение нескольких недель после снятия гипсовой повязки, пациенты не могут тренироваться еще долгое время. Более того, возможна повторная травматизация.

В этой статье описывается и оценивается методика послеоперационного управления реабилитацией с точки зрения внедрения специализированных медицинских устройств. Данное исследование сосредоточено на процессе восстановления в домашних условиях для пациентов, проходящих курс реабилитации после операции на коленном суставе. Поскольку существует множество упражнений для такого процесса, мы ограничиваем наш дизайн, уделяя особое внимание упражнениям на разгибание коленного сустава. Чтобы лучше понять потребности пациентов, мы разработали носимое устройство для визуализации выполненных упражнений.

Материалы и методики

Как в коммерческих, так и в исследовательских областях была проделана значительная работа по созданию автоматизированных систем биомониторинга. В коммерческом пространстве прибор bioPLUX Clinical System (plux.info) измеряет и отображает мышечную активность во время сеансов реабилитации. Хотя это устройство компактно и способно передавать данные по беспроводной сети, оно, в первую очередь, предназначено для физиотерапии в клиниках в качестве медицинского устройства.

Исследователи в области здравоохранения изучили носимые датчики для мониторинга терапии с помощью решений, которые классифицируют движение [4], анализируют движение [5] и измеряют физическую активность в конкретных группах населения [6]. Большинство из этих биомедицинских решений были сосредоточены на конкретных технических аспектах, таких как алгоритмы или датчики. В то время как была проведена работа над интерактивными методами [7, 8], лишь немногие сочетают потребности как терапевта, так и пациента. В частности, Thera-Network [9] описывает «умный» коленный ортез как часть концептуальной сетевой системы, которая помогает пациентам контролировать прогресс и восстанавливаться после травмы коленного сустава.

Успех тотальной артропластики коленного сустава (ТКА), определяемый исследованиями результатов лечения пациентов, связан не только с уменьшением боли и восстановлением функций, но также с восстановлением психосоциального здоровья [1]. Поэтому реабилитационный процесс после ТКА должен быть направлен на подготовку пациента к возобновлению повседневных действий (ADL, activities of daily living) и привычных занятий спортом. Для достижения этих целей любой реабилитационный протокол должен контролировать боль, обеспечивать эмоциональную поддержку, улучшать бодрствование и развивать мышечную силу.

Сотрудниками Сколковского института науки и технологий был разработан прототип системы, совмещающей в себе преимущества вышеприведенных решений, концептуальная схема которой показана на рис. 1. Система представляет собой устройство, имеющее возможность автономной работы, состоящее из датчиков пространственного положения, позволяющих с высокой точностью в режиме реального времени визуализировать положение сустава, миодатчиков – устройств, позволяющих анализировать напряженность мышц, а также программного обеспечения, производящего анализ и визуализацию полученных данных. Концепция устройства предполагает возможность взаимодействия с врачом, в которое входит обратная связь и возможность получения рекомендаций. Кроме этого, производится внедрение моделей машинного обучения для целей постановки диагнозов и выдачи рекомендаций пациенту.

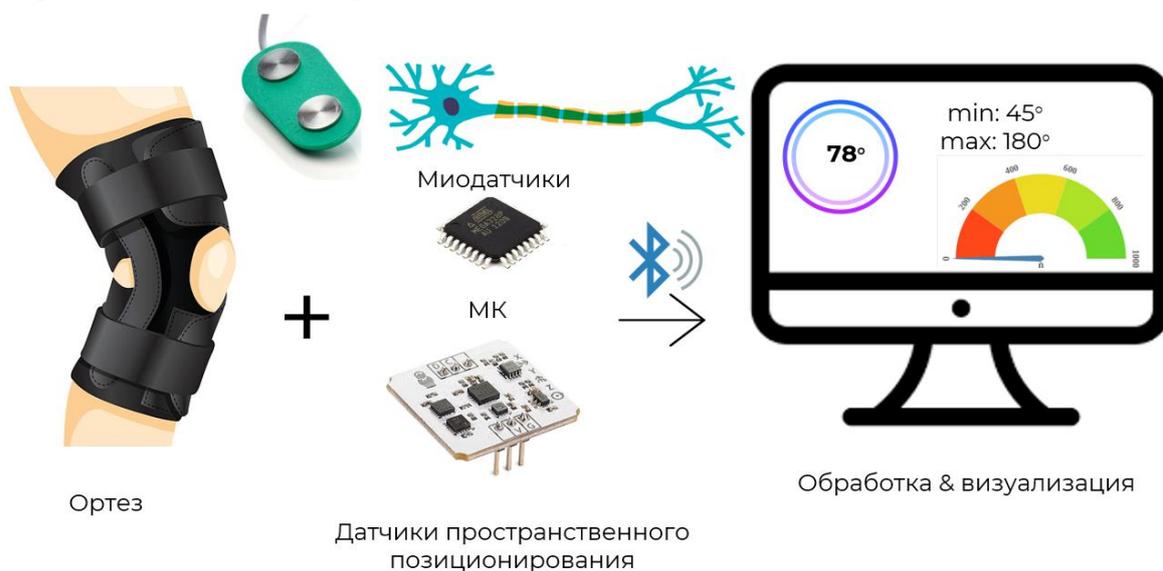


Рис. 1. Концептуальная схема работы системы

Результаты

Несмотря на то, что на точность показаний устройства не влияет положение датчиков пространственной ориентации вдоль одной и той же оси, датчики мышечной активности (миодатчики) чувствительны к расположению на ноге, по этой причине для размещения электроники используется медицинский ортез, фиксирующий сенсоры на пациенте. В ходе разработки было отмечено, что ортез не вызывает дискомфорт у пациентов и не влияет на точность определения положения. В сравнении с медицинскими комплексами, широко используемыми в травматологии для анализа восстановления спортсменов, наше устройство обладает такой же точностью, но при этом существенно меньшими размерами – можно рассматривать его как портативное, т.к. его размеры ограничены размерами ортеза.

Выводы

По результатам количественного сравнения разработки с существующими на рынке комплексами для анализа выздоровления, данное устройство можно использовать в качестве полноценной замены для реабилитации пациента дома. Однако опыт показал, что устройство из-за своей компактности может быть использовано в большем количестве ситуаций,

например, во время активных занятий спортом, что позволит атлетам не только следить за своим прогрессом, но и предотвращать травмы, вызванные чрезмерными усилиями во время тренировок. Авторы данной публикации ведут разработку других форм-факторов, которые позволят использовать устройство также в качестве фитнес-трекера.

Список литературы

1. Mancuso C.A., Scuko T.P., Wickiewicz T.L. et al. Patients expectation of knee surgery // J. Bone Joint Surg. 2001. Vol. 83, N 7. P. 1005–1012.
2. Morrow K., Docan C., Burdea G., Merians A. Low-cost virtual rehabilitation of the hand for patients post-stroke. In: Int. Workshop on Virtual Rehabilitation (2006), pp. 6–10.
3. Kennedy M.W., Schmi德勒 J.P., Striegel A.D. et al. Enhanced feedback in balance rehabilitation using the nintendo wii balance board. In: Healthcom'11, IEEE (2011), pp. 162–168.
4. Guraliuc A.R., Barsocchi P., Potorti F., Nepa P. Limb movements classification using wearable wireless transceivers // IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed. 2011. Vol. 15, N 3. P. 474–480.
5. Bamberg S.J.M., Benbasat A.Y., Scarborough D.M. et al. Gait analysis using ashoe-integrated wireless sensor system // IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed. 2008. Vol. 12, N 4. P. 413–423.
6. Jovanov E., Milenkovic A., Otto C., de Groen P.C. A wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation // J. Neuroeng. Rehabil. 2005. 2(1):6.
7. Paradiso J.A., Morris S.J., Benbasat A.Y., Asmussen E. Interactive therapy with instrumented footwear. In: CHI EA'04, ACM (2004), pp. 1341–1343.
8. Wai A.A.P., Biswas J., Fook F.S. et al. Development of holistic physical therapy management system using multimodal sensor network. In: PETRA '10, ACM (2010), pp. 1–4.
9. Kimel J.C. Thera-network: a wearable computing network to motivate exercise in patients undergoing physical therapy. In: ICDCSW '05, IEEE (2005), pp. 491–495.

Monitoring system for rehabilitation process after knee injury

Grunt N. V., *nikita.grunt@skoltech.ru*,
Tsakhilova T. K., *tamara.tsakhilova@skoltech.ru*
Sapelko A. V., *sapelko_a@mail.ru*
Skolkovo institute of science and technology, Moscow

Abstract. The article presents the review of wearable devices for rehabilitation of their properties and possible ways of exploitation. In the article, a special device and programming software are described. They combine all necessary configurations for analysis of athlete's movements during the process of rehabilitation after the knee injuries. With their help, the doctor can track the progress of the athlete's recovery, recommend exercises based on this, and get analytics with the use of machine learning.

Keywords: machine learning, rehabilitation after injuries, athlete's movements.

4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СПОРТЕ

Рациональные алгоритмы классификации в системе интеллектуальной поддержки тренера

Болотов А.А., канд. техн. наук, abolotov@bk.ru
ООО «Радифенс», Московская область, Балашиха

Аннотация. Рассматривается задача рационального выбора алгоритмов распознающих автоматов на базе вероятностных подходов и оценках сходства с использованием критерия точности аппроксимации разделяющих гиперплоскостей (ТАРГ) на основе статистического моделирования (метод Монте-Карло) в системе интеллектуальной поддержки тренера.

Ключевые слова: метод Байеса, оценка сходства, моделирование, Монте-Карло, классы, границы, объем обучающей выборки, точность аппроксимации разделяющих гиперплоскостей.

Введение

В практической деятельности человека весьма часто возникают задачи следующего вида: когда по наличию ряда признаков, характеризующих существенные свойства некоторых объектов или каких-либо явлений, необходимо отнести их к определенному состоянию из множества известных (т.е. к одному из возможных классов решений). При этом важно с наибольшей точностью выбрать класс, т.к. от этого в значительной степени будет зависеть дальнейшая стратегия или план действий человека в данной ситуации. Под точностью обычно понимают вероятность того, что при заданном описании объекта он действительно относится к выбранному классу решений. Задачи такого вида принято называть задачами классификации, типичным представителем которых являются задачи медицинской диагностики, прогноза, оценки состояния и др.

Традиционно, задачи классификации рассматривались в рамках теории распознавания образов (ТРО). В настоящее время известно значительное количество методов и алгоритмов решения задачи классификации.

При этом такая важная характеристика работы этих алгоритмов как точность работы распознающих алгоритмов (РА), которая характеризует качество работы РА в зависимости от объема обучающей выборки, числа используемых признаков, количества распознаваемых классов и сложности задачи в литературе освещена слабо.

Согласно литературным данным для этих целей чаще всего используют так называемую контрольную (или экзаменационную) выборку (КВ), т.е. тестовый набор примеров с известной классификацией, которую подают на вход распознающего алгоритма (РА) и по ней оценивают правильность его работы [1, 2]. При этом, как правило, в КВ присутствуют наиболее часто встречающиеся случаи (в основном типичные случаи). Однако на практике, как правило, решение принимает человек, а типичные, часто встречающиеся случаи не вызывают особых затруднений при нахождении решения той или иной проблемной задачи. И, наоборот, нетипичные, трудные случаи с неясной картиной, заставляют человека обращаться к компьютеру, как консультанту. В результате относительная доля таких случаев к общему числу случаев обращения резко возрастает, и тогда оценка качества работы РА может значительно измениться по отношению оценке, вычисленной на основе КВ.

В ряде случаев можно организовать проверку РА с помощью эксперта, осуществив ее систематическим образом [1, 2]:

- 1) Проверка на типовых ситуациях;
- 2) Проверка на наиболее сложных случаях, встречавшихся в практике эксперта;
- 3) Проверка тех ситуаций, которые оказались наиболее сложными для системы.

Однако при этом трудно ожидать получения необходимого множества реальных ситуаций, и оценка качества работы может оказаться сильно смещенной.

В [3] была предложена методика, которая позволяет получать оценки качества работы распознающих алгоритмов в зависимости от объема обучающей выборки, числа используемых признаков, количества распознаваемых классов и сложности задачи (сложности границы), основанная на статистическом моделировании РА. Результаты сравнения в [3] приведены для алгоритмов, основанных на линейных дискриминантных функциях и вероятностных. Было показано, что вероятностные алгоритмы классификации точнее работают на более сложных границах и предпочтительнее для использования в системах классификации.

Будем рассматривать задачи классификации, в которых признаки имеют дискретные шкалы возможных оценок.

Допустим, что некоторая задача классификации полностью решена, т.е. для любой комбинации признаков из всех возможных (назовем их объектами) известен класс решений, т.е. построены точные границы рассматриваемой задачи. Границы состоят из граничных объектов. Будем называть граничным объектом тот объект, для которого изменение значения только одного признака приводит к изменению его класса. Таким образом, возникает возможность использовать точность аппроксимации этих границ как тестовый пример для сравнения методов классификации.

Такая постановка задачи стала возможной, в частности, в связи с появлением компьютерных систем КЛАСС, ДИФКЛАСС, KNOCON, STEPCLASS и др., предназначенных для построения полных и непротиворечивых баз знаний на основе экспертных суждений и фактографических данных [3-7]. Эти системы позволяют поэтапно строить классификацию, проверяя ответы эксперта на непротиворечивость. Результат работы таких систем может быть представлен как совокупность границ между классами решений.

Сравниваемые методы

В качестве сравниваемых методов были выбраны следующие распознающие алгоритмы:

- вероятностный, основанный на формуле Байеса;
- основанный на оценке сходства (правил ближайшего соседа).

Их выбор обусловлен рядом следующих обстоятельств:

1. Оба метода широко используются при построении компьютерных систем классификации в различных областях человеческой деятельности (медицина, геология, техническая диагностика и т.п.);

2. Эти методы достаточно хорошо изучены – имеют устоявшиеся критерии оптимизации, лежащие в основе их функционирования [2, 8], в то же время используют разные принципы, заложенные в основу метода: так вероятностные – используют «частотные свойства» признаков и классов, а сходства – «меру близости» в N мерном пространстве. Именно это различие и привлекательно с системной точки зрения для сравнения методов.

3. Они достаточно просты для реализации и проверки в компьютерных системах;

4. Эти методы можно отнести к наиболее интуитивно понятным с точки зрения человеческой системы переработки информации. Их функционирование в целом не носит характера «черного ящика», т.к. можно получить некоторую обобщенную расшифровку (объяснение) полученного заключения, например, в задачах медицинской диагностики такие характеристики как частота появления какого-то признака и сходство с некоторым примером заболевания, нередко приводят врачи в качестве объяснения своего решения [1]. Это обстоятельство делает такие алгоритмы наиболее привлекательными для их интеграции в человеко-машинные системы принятия решений.

В случае использования байесовского метода задача классификации сводится к статистической задаче выбора гипотез при заданной априорной информации о каждом классе и условных вероятностях каждой оценки всех признаков по всем классам. Решение выбирается по максимуму апостериорной вероятности среди возможных классов для

конкретного набора признаков. Аналитически это выражается известной формулой Байеса [2].

В алгоритмах по сходству решение ищется на основе «меры близости» сравниваемых объектов в N мерном пространстве. В случае использования правил ближайшего соседа – по наибольшему сходству с объектом обучающей выборки. Если максимальное значение сходства содержит один или несколько объектов одного класса, тогда этот класс присваивается классифицируемому объекту. В противном случае оценивается количество похожих объектов каждого класса из обучающей выборки и по наибольшему значению этой оценки присваивается класс исследуемому объекту. Если оценки в этом случае оказываются одинаковыми для объектов разных классов, то классифицируемому объекту присваивается значение класса – не определено.

Методика исследования

Дадим ряд определений. Под термином «задача» будем понимать описание ее структуры в виде следующей триады: число признаков, число градаций признаков (оценок для каждого признака) при двух классах возможных решений. Каждая задача будет характеризоваться двумя параметрами: объемом обучающей выборки и видом границ между классами. В системе интеллектуальной поддержки тренера (СИПТ) в основном используется два класса решений, например, успешно и неуспешно, поэтому будем рассматривать задачи классификации только с двумя классами решений.

Под размерностью задачи будем понимать максимальное число возможных объектов в заданном пространстве признаков (т.е. число всех возможных комбинаций значений признаков).

Рассмотрим два вида границ:

- линейную (статического типа) заданную в форме следующего правила для задач с двумя классами решений, определяемого по сумме градаций всех признаков объектов, если она меньше половины максимальной суммы градаций из всех признаков, то объект принадлежит первому классу, иначе – второму [3];

- случайную (динамического типа), определяемую на основе случайного отнесения всех объектов данной задачи к тому или иному классу.

При сравнении методов будем изменять параметры задачи: объем обучающей выборки в процентах от размерности задачи и вид границы.

При этом будем рассматривать вариант использования признаков с использованием гипотезы о характерности [4]. Гипотеза о характерности признаков применима во многих реальных задачах классификации, например, в задачах медицинской диагностики [6]. Суть этой гипотезы заключается в следующем: если известен класс некоторого объекта 1, например, успешный и есть другой объект 2 с более характерными признаками для класса объекта 1, то объект 2 тоже принадлежит к тому же классу успешный, что и объект 1 [4].

Для оценки точности аппроксимации разделяющей гиперплоскости сравниваемых методов (алгоритмов) распознавания использовался метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) [3]. Опишем его суть в виде следующего алгоритма:

1. Задается структура задачи, т.е. указывается число признаков, градаций и классов решения, а также вид границы и объем обучающей выборки (в процентах). Задается вариант использования признаков – с использованием гипотезы о характерности, или нет.

2. Для указанной границы и варианта использования признаков строится информационная база (база решающих правил), содержащая все возможные объекты для данной задачи. При этом каждый объект характеризуется вектором признаков, истинным значением номера класса, атрибутом принадлежности его к граничному элементу. Имеются также поля для номеров классов, получаемых с помощью обоих методов. Принадлежность каждого объекта к тому или иному классу устанавливается на основании вида границы, после чего определяются и отмечаются граничные объекты.

3. С помощью генератора случайных чисел определяется конкретный набор объектов обучающей выборки для каждого класса. Эти объекты отмечаются в информационной базе.

4. По данной обучающей выборке определяются величины, необходимые для построения сравниваемых алгоритмов классификации (например, матрица условных вероятностей, априорные вероятности каждого класса для вероятностного подхода, а для оценки по схожести достаточно иметь отметку о принадлежности объекта к ОБ);

5. Производится классификация всех возможных объектов для данной задачи с помощью алгоритмов классификации. В информационной базе для каждого объекта отмечается номер класса, полученного в результате работы каждого классификатора;

6. Находятся расхождения между заданной классификацией и осуществленной методами М1 и М2 среди всех возможных объектов и отдельно для граничных. Информация о расхождениях запоминается.

7. Последовательность действий 4-6 многократно повторяется (500-800) раз (задается количеством циклов Монте-Карло), а результаты расхождений суммируются;

8. Вычисляется точность распознавания алгоритмов в процентах по данным средних значений расхождений для данной задачи как среди всех объектов задачи, так и отдельно по граничным объектам.

Результаты моделирования

Результаты моделирования для всех задач представлены в виде парных графиков для каждой границы между классами решений и для двух рассматриваемых методов распознавания: по схожести и вероятностного. Для каждого метода приведены средние данные по всем возможным объектам задачи, а также среди граничных объектов.

На рис.1-4 представлены результаты моделирования задач распознавания с двумя классами для 10 и 14 бинарных признаков. Такие значения по признакам обеспечивают достаточно сильное расхождение по числу возможных объектов (более чем в 16 раз), что важно для оценки поведения распознающих алгоритмов на данных разного объема.

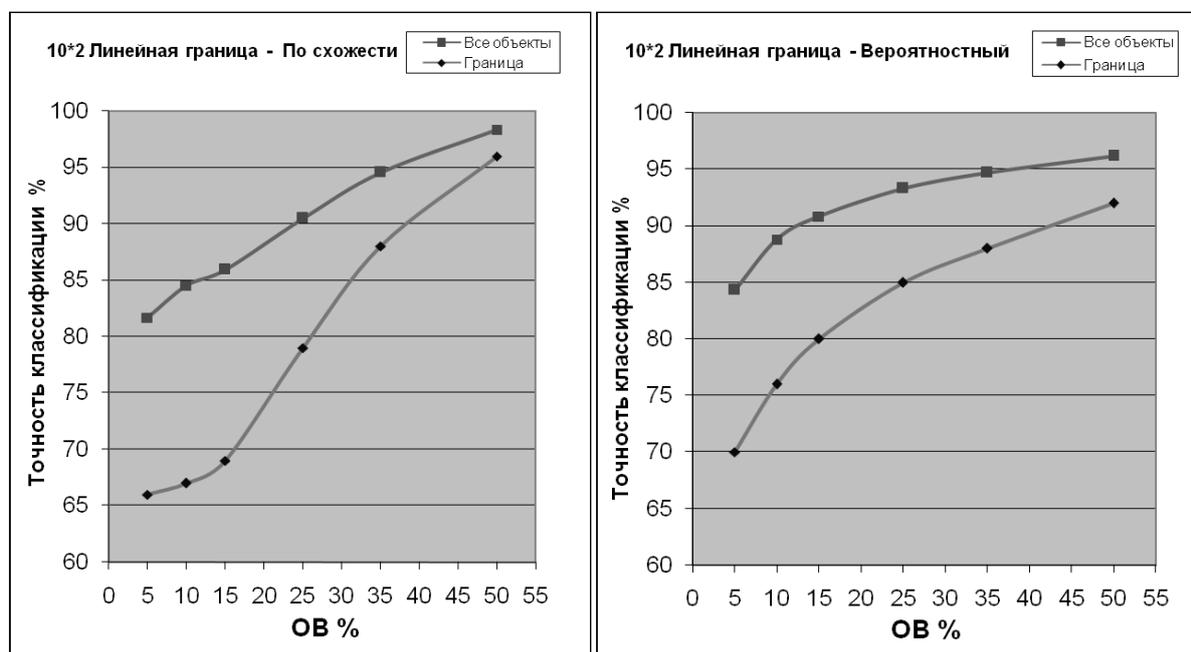


Рис. 1. Точность классификации в процентах в зависимости от объема обучающей выборки для 10 бинарных признаков и линейной границы с использованием гипотезы о характеристности признаков (1024 возможных объектов)

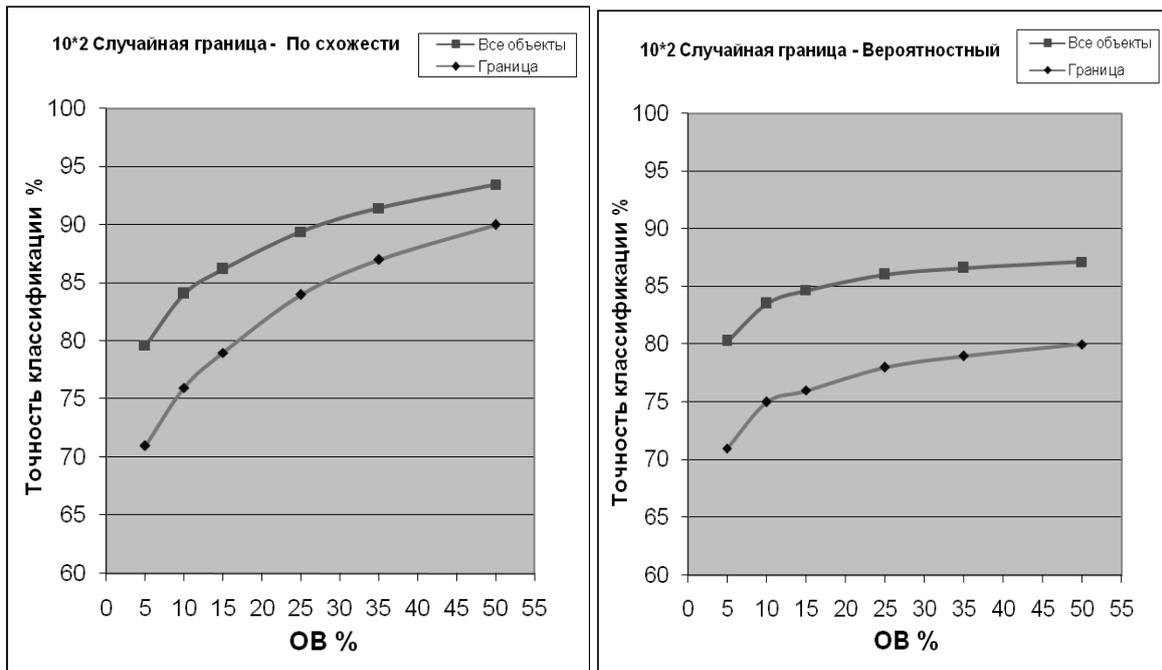


Рис. 2. Точность классификации в процентах в зависимости от объема обучающей выборки для 10 бинарных признаков и случайной границы с использованием гипотезы о характерности признаков (1024 возможных объектов)

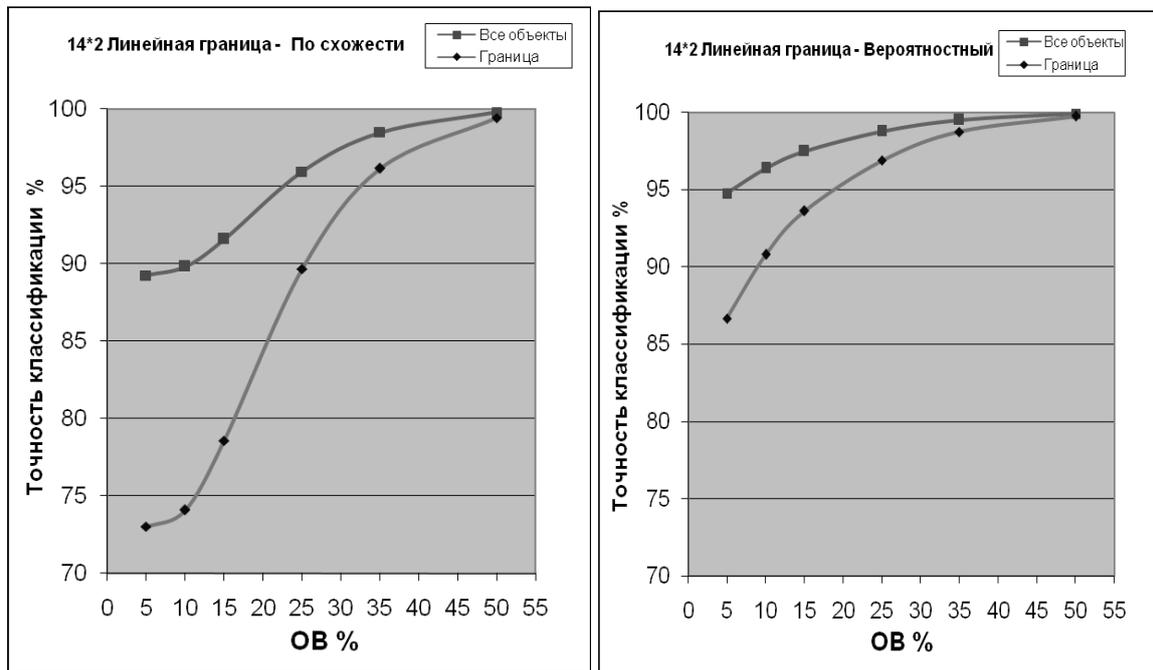


Рис. 3. Точность классификации в процентах в зависимости от объема обучающей выборки для 14 бинарных признаков и линейной границы с использованием гипотезы о характерности признаков (16024 возможных объектов)

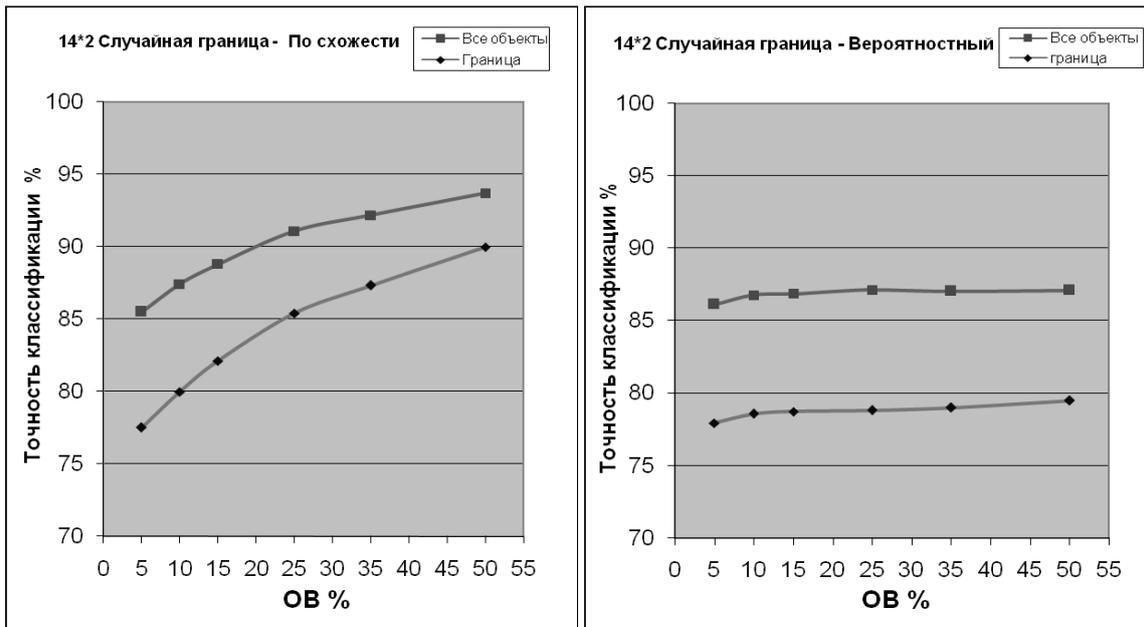


Рис. 4. Точность классификации в процентах в зависимости от объема обучающей выборки для 14 бинарных признаков и случайной границы с использованием гипотезы о характерности признаков (16024 возможных объектов)

Из вышеприведенных результатов видно, что при увеличении числа признаков при одинаковом объеме ОБ, точность классификации РА (т.е. его эффективность) возрастает. На рис. 5 приведен результат моделирования для задач с числом бинарных признаков от 8 до 16 при ОБ в 5% для случайной границы.

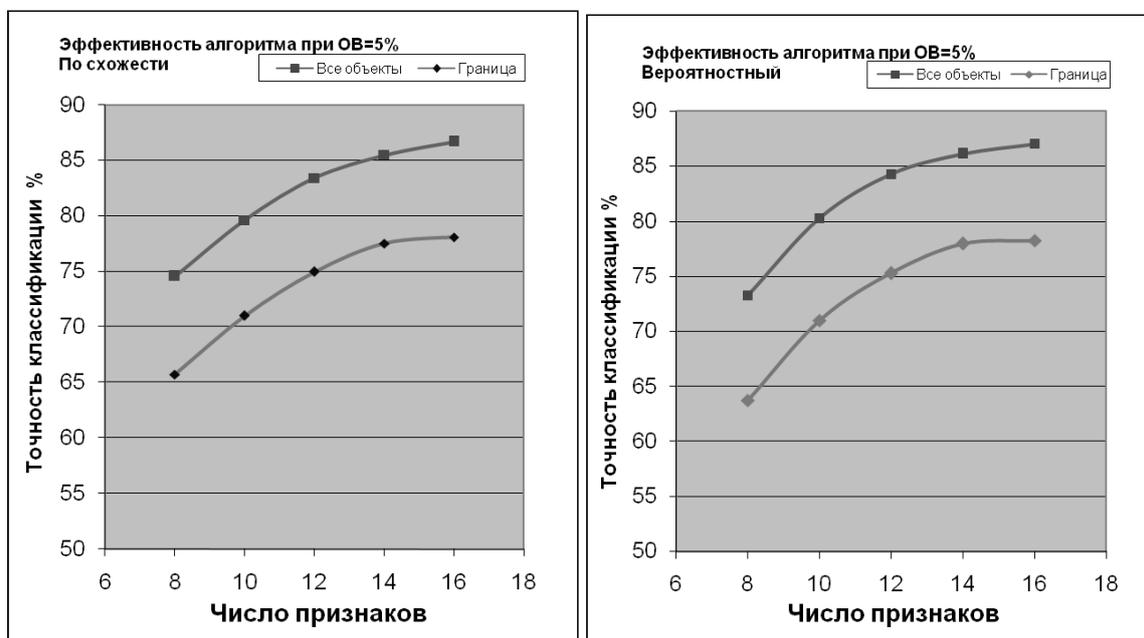


Рис. 5. Эффективность классификации в процентах в зависимости от числа бинарных признаков при постоянной ОБ (5%)

Анализ результатов моделирования

Результаты представленных данных показывают следующее:

1. Классификатор на основе вероятностного подхода дает несколько лучшие результаты на линейной границе при небольших объемах выборки;

2. При увеличении числа признаков задачи эффективность распознавания обоих алгоритмов возрастает (при ОВ одинакового объема, выраженной в процентах);
3. При увеличении объема обучающей выборки качество решений обоих классификаторов монотонно увеличивается;
4. Качество заключений для граничных объектов в 1,5-2 раза хуже относительно средних величин, полученных по всем возможным объектам задачи для обоих сравниваемых методов;
5. Для сложных границ метод по сходству имеет лучшие показатели качества, чем вероятностный при любых объемах ОВ.

Выводы

1. Используемый критерий – точность аппроксимации разделяющих гиперплоскостей (ТАРГ), позволяет осуществлять сравнение распознающих алгоритмов (РА) и обеспечивает получение надежной оценки точности РА в полном пространстве признаков.
2. Разработанная методика оценки качества работы РА по критерию ТАРГ, основанная на принципах статистического моделирования, позволяет оценивать качество работы РА как для объектов, принадлежащих границе, так и среди всех возможных, что дает возможность осуществлять более полный его анализ.
3. Методом статистического моделирования показано, что в задачах классификации:
 - На качество заключений сравниваемых методов классификации влияет вид (сложность) границы между классами. При усложнении границы качество решений методов ухудшается;
 - На сложных границах метод по схожести имеет лучшие показатели качества, чем вероятностный.
4. Так как заранее неизвестно какой вид границы может быть в решаемой задаче классификации, из рассмотренных двух методов предпочтительнее использовать метод по сходству, который с точки зрения критерия ТАРГ имеет лучшие показатели для более сложных границ.
5. Оба метода классификации целесообразно использовать в системе интеллектуальной поддержки тренера, а также для получения агрегированного заключения при небольших объемах обучающей выборки, т.к. их решения в этом случае равнокомпетентны.

Список литературы

1. Постнова Т.Б. Информационно-диагностические системы в медицине. М.: Наука, 1972. 223 с.
2. Минцер О.П., Молотков В.Н., Угаров Б.Н. и др. Биологическая и медицинская кибернетика: справочник. Киев: Наукова Думка, 1986. 375 с.
3. Болотов А.А., Ларичев О.А. Сравнение методов распознавания образов по точности аппроксимации разделяющих гиперплоскостей // Автоматика и телемеханика. 1995. № 7, С. 116–123.
4. Ларичев О.И., Мечитов А.И., Мошкович Е.М., Фуремс Е.М. Выявление экспертных знаний. М.: Наука, 1989. 128 с.
5. Larichev O.I., Moshkovich H.M., Furems E.M. et al. Knowledge aquisition for the construction of the full and contradiction free knowledge bases. In: ProGAMMA, P.O. Box 841 9700 AV Croningen. The Netherlands, 1991. 240 p.
6. Ларичев О.А., Болотов А.А. Система ДИФКЛАСС: построение полных и непротиворечивых баз экспертных знаний в задачах дифференциальной диагностики // НТИ, сер.2. Информ. процессы и системы. 1996. № 8. С. 9–15.
7. Фуремс Е.М. Модифицированный метод экспертной номинально-порядковой классификации // Искусственный интеллект и принятие решений. 2010. № 4. С. 81–93.
8. Manago M., Conruyt N. Using information technology to solve real world problems. In: Schmalhofer F., Strube G., Wetter T. (eds.). Contemporary Knowledge Engineering and Cognition. Lecture Notes in Computer Science, vol. 662. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1992. P. 1-16.

Rational classification algorithms in the system of intellectual support of the coach

Bolotov A.A., *PhD*, *abolotov@bk.ru*
Radians LLC, Balashikha, Moscow region

Abstract. The problem of rational choice of algorithms of recognizing automata on the basis of probabilistic approaches and similarity estimates using the criterion of accuracy of approximation of separating hyperplanes on the basis of statistical modeling (Monte Carlo method) in the system of intellectual support of the trainer is considered.

Keywords: Bayes method, similarity estimation, modeling, Monte Carlo, classes, boundaries, training sample size, accuracy of approximation of separating hyperplanes.

Оценка информативности признаков в системе интеллектуальной поддержки тренера в циклических видах спорта

¹Болотов А.А., канд. техн. наук, abolotov@bk.ru

²Барчуков В.Г., д-р мед. наук, barchval@yandex.ru

²Тен А.М., канд. мед. наук, andreiten@yandex.ru

²Онопченко О.В., опор@yandex.ru

¹ООО «Радифенс», Московская область, Балашиха

²Всероссийская федерация плавания, Москва

Аннотация. В статье представлены подходы и результаты применения оценок значимости признаков в системе интеллектуальной поддержки тренера в циклических видах спорта.

Ключевые слова: информативность, значимость, функциональное состояние, прогноз, спортсмен, база знаний, градации, классы.

Введение

Современная система организации тренировочного процесса спортсменов в циклических видах спорта, позволяет получать более сотни разнообразных показателей, таких как биоимпедансный анализ (оценка состава тела), показатели уровня функциональной подготовленности, развиваемой механической мощности, уровня скоростно-силовой подготовленности, данные психофизиологического и психологического состояния, информация о тренировочной нагрузке, биохимические показатели крови и др. Поэтому разработка плана тренировок на макроцикл, а также оценка прогноза успешности выступления конкретного спортсмена с учетом функционального состояния и большого количества разнообразия показателей является не простой, но весьма актуальной задачей. При этом необходимо учитывать различные возможности коррекции показателей каждого спортсмена, а также необходимость связать все факторы в единую тренировочную стратегию, что весьма затруднительно для тренера любой квалификации.

В этом ему может помочь система интеллектуальной поддержки тренера (СИПТ), позволяющая учитывать, как тренерский опыт, так и накопленную статистику конкретных показателей спортсменов при обязательном наличии информации об успешности тренировочного процесса, в качестве которого могут использоваться результаты выступления на соревнованиях.

Основные характеристики системы интеллектуальной поддержки тренера

Для реализации СИПТ за основу были взяты подходы и технология МКЛАСС [1], свойства которой заключаются в следующем:

1. Направленность на построение больших, полных и непротиворечивых баз знаний (БЗ);

2. Использование для формирования БЗ различных «островков знаний»: базы фактов, экспертных, литературных и структурных знаний о предметной области, различных эвристик;

3. Использование комитетного (или агрегированного) подхода на основе 3-х алгоритмов для получения надежного и точного итогового заключения (прогноза);

4. Возможность многоаспектного анализа БЗ: (информативность признаков, исследование границ между классами решений, формирование обобщенных решающих правил, деревьев решений и др.);

5. Возможность объяснения решений.

Для формирования БЗ экспертными суждениями используется психологически корректная процедура опроса эксперта, которая позволяет достаточно быстро построить

полную и непротиворечивую БЗ, в которой можно будет найти ответ на любую комбинацию признаков. При этом эксперт решает привычную для себя задачу классификации по описанию случая, заданного набором признаков, предъявляемых компьютером по определенному алгоритму. Для ускорения создания БЗ система опроса эксперта моделирует ситуации таким образом, чтобы предъявлять объекты, находящиеся вблизи границ классов решений.

Обобщенная схема СИПТ представлена на рис. 1.

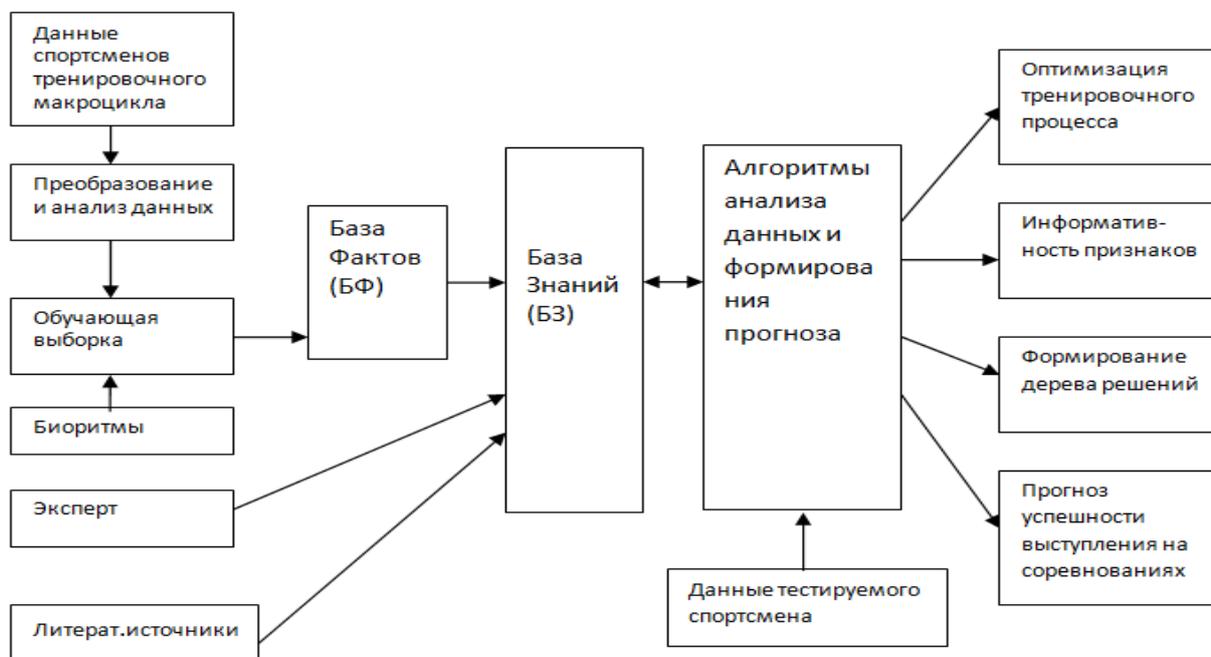


Рис. 1. Схема системы интеллектуальной поддержки тренера

Описание предметной области СИПТ осуществляется в виде качественных признаков (используется дискретная шкала) в формате: признак-градация. При этом все непрерывные показатели переводятся в дискретную шкалу, что в итоге позволяет использовать в системе как качественные, так и количественные признаки. БЗ и База Фактов представляют собой совокупность продукций, содержащих описание объекта в виде вектора признаков и класса решений. Класс решений определяется с помощью эксперта (тренера), либо на основании результатов выступления спортсменов на ближайших к периоду сборов соревнованиях.

Методика оценки информативности признаков

Для разработки таких систем (СИПТ) крайне актуальным является выделение ключевой информации об успешности тренировочного процесса. При этом следует отметить, что тренер ведет себя надежно и непротиворечиво при определенных значениях количества классов решений, числа признаков и числа возможных значений для каждого из них. Эти ограничения важно знать и использовать при разработке любых человеко-машинных систем [2]. Большое количество и разнообразие данных о функциональном состоянии спортсмена в период сборов приводит к необходимости оптимизации количества используемых признаков с возможностью объяснения получаемых результатов. Поэтому, как правило, на первом этапе стоит необходимость анализа показателей на информативность, т.е. выявления тех показателей, которые в значительной степени определяют правильность принимаемых тренером решение по организации тренировочного процесса.

В настоящее время в литературе, для решения этой задачи сформирован подход, основанный на использовании вероятностных методов [3]. Этот подход включает анализ

данных о функциональном состоянии спортсмена в период сборов и успешности его выступления в соревновательный период (вычисляются оценки условных вероятностей каждой градации всех признаков по каждому классу решений и априорные вероятности каждого класса). На основе этих данных определяются три показателя информативности признаков [3, 4]:

1. I_1 - значимость всех градаций каждого признака для каждого класса;
2. I_2 - значимость каждого признака для каждого класса;
3. I_3 - интегральная значимость каждого признака для всех классов.

Для минимизации количества признаков используется показатель интегральной значимости признака I_3 [3]. В случае двух классов (в нашем случае результат выступления на соревнованиях либо, успешный либо неуспешный) значение интегральной оценки находится в диапазоне $1 \leq I_3 \leq 2$. При этом, если $I_3 = 1$ это означает, что признак вносит одинаковый вклад, как в успешное выступление на соревнованиях, так и не успешное, другими словами, этот признак незначим, и его следует удалить из рассмотрения. Кроме того, этот показатель используется в рамках индуктивного обучения для формирования дерева решений и в процедуре определения градаций непрерывных признаков на 2, 3 и 5 градаций по критерию $\max I_3$.

Показатель I_1 используется в СИПТ для получения рекомендаций тренеру относительно того, какие показатели являются определяющими для изменения функционального состояния спортсмена с целью повышения успешности его выступления на соревнованиях, а также для алгоритма оценки сходства на основе информативности признаков. Кроме того, этот показатель наряду с информацией о характеристиках градаций признаков для рассматриваемых классов решений может использоваться для расширения БЗ системы с использованием гипотезы о характерности признаков [1] и получения объяснения решения системы.

Показатель I_2 также может использоваться для получения объяснения того или иного решения СИПТ и выбора рационального плана тренировочного процесса.

Результаты

По имеющимся литературным данным [5], как правило, из многих десятков исследуемых признаков, значимыми оказываются лишь 10-15 признаков, на основе которых строится система прогноза или классификации. Такой подход, в частности, использовался для оценки целесообразности использования литотрипсии (дробления камней в почках), краниопластики при огнестрельных ранениях [6, 7] и др.

Возможность использования этих подходов во время тренировочного процесса в циклических видах спорта была оценена по вкладу показателей, получаемых в ходе тренировок в различных группах пловцов (юниоры, пловцы по открытой воде и др.), в успешность их выступления на соревнованиях.

Так, для юниоров, из 19 отслеживаемых тренером показателей наиболее значимыми для оценки успешности выступления на соревнованиях оказались три (подтягивание, прыжок в длину, выкрутка рук). В настоящее время идет накопление данных о функциональном состоянии юных спортсменов, и результаты будут уточнены.

У взрослых спортсменов-пловцов при выполнении ими ступенчатого теста был проведен анализ значимости показателей биохимии крови и функции внешнего дыхания в уровень их функционального состояния, позволяющего им добиться успеха на соревнованиях. Из 143 показателей наиболее значимыми биохимическими показателями оказались уровень лактата и органического фосфора в плазме крови при гликолитических нагрузках, изменения уровня в плазме крови миоглобина при смешанных аэробно-гликолитических нагрузках, а также изменения содержания в плазме крови глюкозы и креатинина при умеренных аэробных нагрузках. Из показателей функции внешнего дыхания значимым оказался объем потребления кислорода в период жестких (креатин-фосфатных) нагрузок, а также объем дыхания при гликолитических и разминочных аэробных нагрузках.

Выводы

Использование рассмотренных показателей информативности позволяет весьма эффективно определять наиболее значимые признаки предметной области, а затем использовать их для настройки и функционирования СИПТ, о чем свидетельствует опыт работы прототипов этих систем в различных предметных областях, связанных с оценкой функционального состояния человека.

Список литературы

1. Болотов А.А. Построение компьютерных систем, использующих данные и экспертные знания. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1995. 22 с.
2. Ларичев О.И. Проблемы взаимодействия человек-ЭВМ в системах поддержки принятия решений / Сб. трудов ВНИИСИ, выпуск 9, М.: ВНИИСИ, 1984. С. 20–27.
3. Постнова Т.Б. Информационно-диагностические системы в медицине. М.: Наука, 1972. 223 с.
4. Минцер О.П., Молотков В.Н., Угаров Б.Н. и соавт. Биологическая и медицинская кибернетика: справочник. Киев: Наукова Думка, 1986. 375 с.
5. Вопросы кибернетики. Задачи медицинской диагностики и прогнозирования с точки зрения математика / Под редакцией И.М. Гельфанда. М.: АН СССР, 1985. 194 с.
6. Хилько В.А., Усанов Е.И., Умеров Е.Х. и соавт. Прогнозирование исходов краниопластики после огнестрельных ранений черепа и головного мозга // Военно-медицинский журнал. 1994. № 2. С. 32–34.
7. Олексюк И.И., Барчуков В.Г., Болотов А.А., Соломахин С.Л. Прогнозирование результатов дистанционной литотрипсии при лечении мочекаменной болезни // Урология, нефрология. 1997. № 4. С. 8–10.

Evaluation of informative features in the system of intellectual support of the coach in cyclic sports

- ¹Bolotov A. A., *PhD*, abolotov@bk.ru
²Barchukov V. G., *MD*, barchval@yandex.ru
²Ten A. M., *MD*, andreiten@yandex.ru
²Onopchenko O. V., onop@yandex.ru
¹Radians LLC, Moscow region, Balashikha
²Russian Swimming Federation, Moscow

Abstract. The article presents the approaches and results of the use of assessments of the significance of signs in the system of intellectual support of a swimming coach for different groups of athletes.

Keywords: informativeness, significance, functional state, prognosis, athlete, knowledge base, gradation, classes.

5. АНАЛИТИКА В СПОРТИВНЫХ ИГРАХ

Современные модели и метрики индивидуальной эффективности в футболе

Васильев Г.А., gleb@torosresearch.com

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
лаборатория исследований спорта, Москва

Аннотация. Данный краткий обзор посвящен некоторым набирающим популярность показателям, позволяющим оценивать выступления футболистов в конкретном матче и/или на протяжении некоторого периода времени.

Ключевые слова: *ключевые показатели эффективности, продвинутая футбольная статистика, xG, ожидаемые голы.*

Введение

В академической литературе, посвященной анализу индивидуальной эффективности футболистов, а также в СМИ постепенно получают распространение методы, основанные на анализе данных, позволяющие более точно оценивать качество выполнения различных технико-тактических действий [1, 2, 3, 4]. Применение простых агрегированных показателей, таких как количество нанесенных ударов или забитых голов, обладает рядом очевидных недостатков. Так, поскольку футбол – вид спорта с низкой результативностью, то в итоговом результате велика доля случайности, что ставит под вопрос его использование в качестве объективного индикатора производительности [5] и влечет необходимость создания новых показателей, устойчивых к случайным флуктуациям. Вместе с тем, увеличение доступности данных [6] и связанное с этим резкое увеличение числа статей, касающихся анализа эффективности спортсменов в футболе и издаваемых в последние годы [1, 3, 4], приводит к необходимости составления тематических обзоров, что и является задачей данной работы.

Результаты

Так как наибольший интерес с практической точки зрения всегда представлял поиск факторов, прямо или косвенно влияющих на вероятность одержать победу, то одним из первых продвинутых индикаторов, начавших встречаться в эмпирических работах, является показатель, непосредственно с ней связанный, а именно: ожидаемые голы (xG), определяемый как ожидаемое число голов, забитых футболистом вследствие нанесенных им ударов. Для определения вероятности забитого гола необходимо построить предсказательную модель, где предикторами, в зависимости от наличия данных, могут являться, например, дистанция до ворот (и угол относительно линии, соединяющей центры ворот [7]), признак стандартного положения, категориальная переменная, соответствующая части тела футболиста, которой был нанесен удар, переменные, обозначающие положение игроков обороны, переменные, описывающие предшествующее событие (пас, отбор), категориальные переменные, соответствующие уровню мастерства голкипера и бьющего, а также другие факторы [5]. Аналогичным образом определяется показатель ожидаемых голевых передач (xA), а также показатель ожидаемых сейвов для вратарей (xS) [8].

В качестве примера визуализации результатов анализа рассмотрим простейшую модель ожидаемых голов, построенную нами на данных [6] по всем ударам с игры, нанесенным во время матчей ЧМ-2018 вплоть до финального, и примененную к ударам на обучающей (рис. 1) и тестовой выборке, состоящей из финального матча (рис. 2); тип модели – XGBoost. Несмотря на то, что данная модель использует информацию исключительно о положении мяча на поле, времени и наличии ключевой передачи перед ударом, а обучающая выборка состоит из 1398 ударов, удастся достигнуть значения метрики AUC > 0,75, проводя процедуру перекрестной проверки на частях обучающей выборки, что свидетельствует о легкости построения моделей, значительно превосходящих наивные в качестве. Иллюстрации позволяют визуально определить, насколько хорошие удары наносит

футболист или команда; так, гол Кириана Мбаппе на 64 минуте финала был забит после одного из наиболее сложных ударов матча.

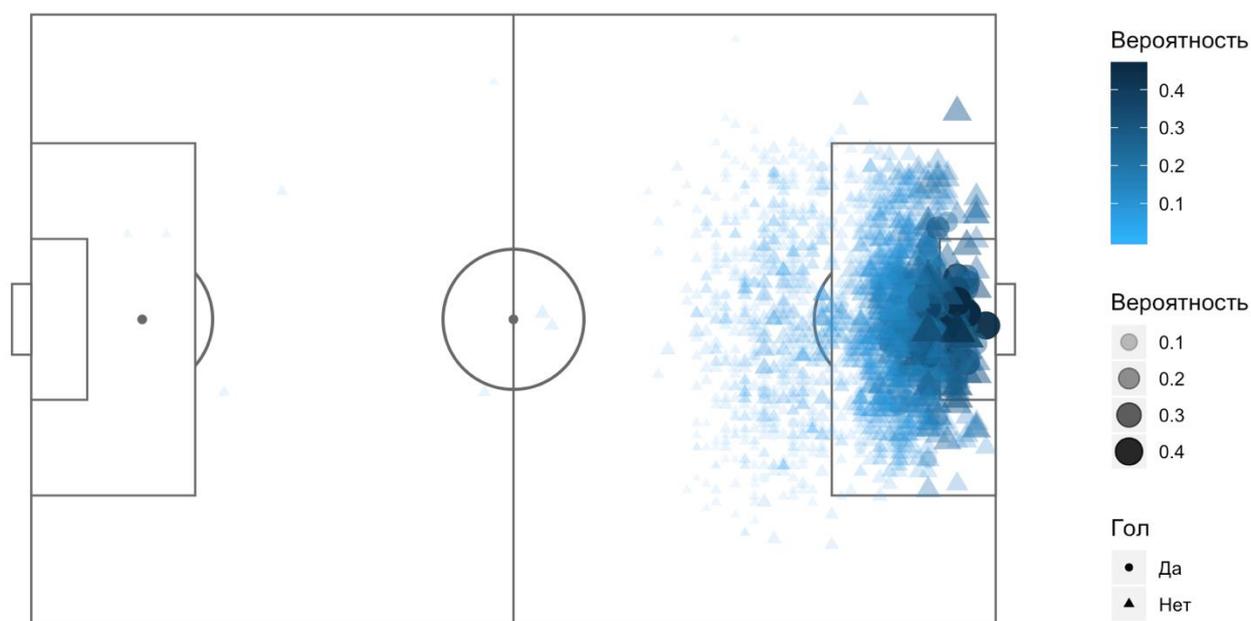


Рис. 1. Удары, нанесенные во время матчей ЧМ-2018 (до финала), и соответствующие им значения xG

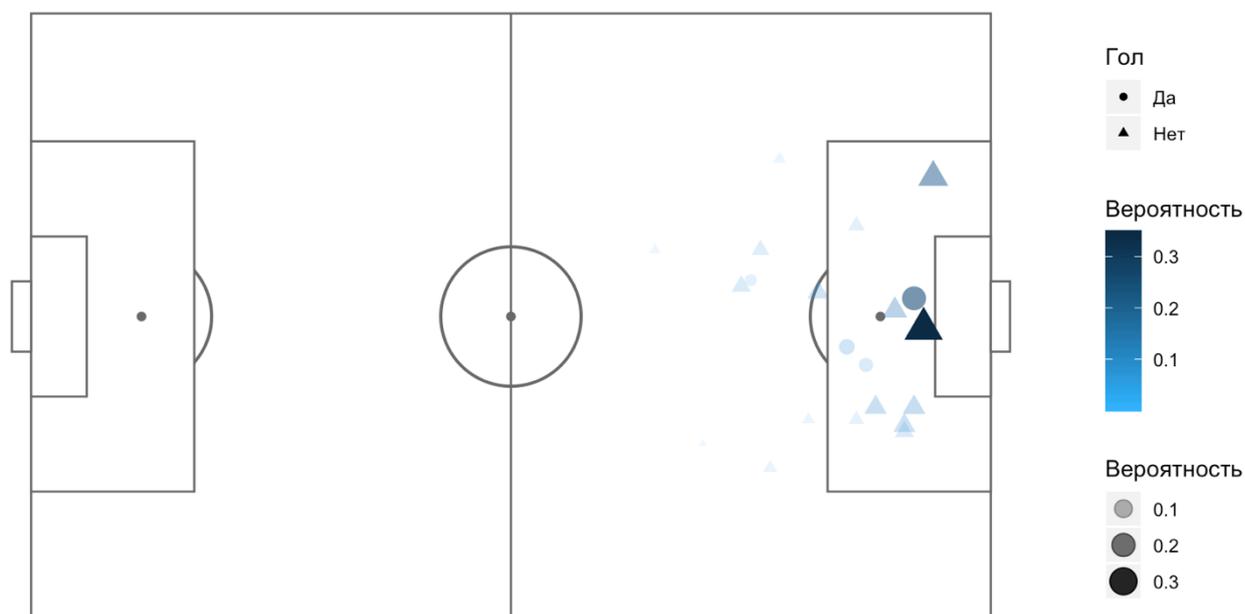


Рис. 2. Удары, нанесенные во время финала ЧМ-2018, и соответствующие им значения xG

Очевидно, что данные индикаторы позволяют оценить непосредственный вклад футболистов, завершающих атаки, а также предотвращающих их завершение. Заметим также, что эти и другие подобные показатели удобно рассматривать в пересчете на 90 минут игры. Необходимо отметить и то, что поскольку упомянутые модели могут быть построены на разных данных с использованием разных объясняющих переменных, следует относиться с осторожностью к сравнению значений одних и тех же показателей, рассчитанных для одних

и тех же футболистов на одном и том же временном горизонте, но приводимых в разных источниках.

Дальнейшим развитием этих принципов являются индикаторы $xGBuildup$ и $xGChain$, все еще редко встречающиеся в литературе (см., например, [9]). Очевидным недостатком введенных ранее характеристик xG и xA является невозможность оценить участие футболистов в подготовительной фазе атаки, поэтому естественной идеей в свете учета влияния игроков на результат матча является рассмотрение предшествующей нанесенному удару цепочки передач, для чего предлагается следующий подход. Определим $xGChain$ футболиста как ожидаемое число голов, забитых после ударов, которым непосредственно предшествовала цепочка передач с участием данного футболиста. Поскольку в цепочке передач участвует бьющий футболист и игрок, отдающий передачу под удар, то для выделения изолированного эффекта создания голевых ситуаций вводится показатель $xGBuildup$. От предыдущего показателя он отличается тем, что передача, после которой наносится удар, а также предшествующая ей передача не учитываются в цепочке (таким образом, бьющий и ассистирующий игроки увеличивают свой показатель $xGBuildup$, только отдавая передачи из цепочки владения, не включая последнюю).

Вообще говоря, поскольку пасы являются наиболее частым событием, происходящим во время футбольного матча, интерес представляет оценка их качества, в том числе без привязки к голевым ситуациям, а также оценка их сложности [10, 11, 12, 13]. Авторы [10] предлагают подход к оценке качества передач, основанный на отдельном моделировании сложности и вероятности возникновения голевого момента в результате паса. Первая модель представляет собой бинарный классификатор, где объясняемая переменная равна 1, если пас достиг адресата, и 0 в противном случае. При построении второй модели также решается задача бинарной классификации, в которой целевая переменная равна единице тогда и только тогда, когда пас приводит к удару по воротам в течение 10 последующих секунд. Несмотря на то, что существует множество возможных подходов к формулировке данных задач, ключевым моментом является разделение процедуры оценки качества на два этапа: комбинация двух параметров позволяет выделять игроков, лучше выполняющих технически более трудные и в то же время опасные передачи.

Отдельного упоминания заслуживают попытки воссоздания индикаторов, основанных на известных и широко используемых в прочих командных видах спорта статистических показателях полезности, но в силу малой результативности не имеющих простых прямых аналогов в футболе. Например, в хоккее и баскетболе принято вычислять «плюс-минус», отражающий разность между заброшенными и пропущенными шайбами (разность набранных очков командой игрока и соперником). Описанная выше схема построения показателя ожидаемых голов позволяет тривиальным образом обобщить «плюс-минус» для случая футбола: в [14] в качестве базового определения футбольного индикатора «плюс-минус» для игрока принимается разность между ожидаемыми голами команды игрока и оппонента в период, когда спортсмен принимал непосредственное участие в игре (также см. [15]).

Заметим, что несмотря на появление значительного количества метрик для оценки конкретного действия, в литературе все еще известно мало примеров многомерных показателей. Создание таких показателей может стать основой рейтинговой системы для футболистов, учитывающей одновременно несколько факторов, и направлением для дальнейших исследований. Стоит отметить недавнюю работу [16], где авторы сделали первую попытку построения подобного агрегирующего индикатора. Еще одним направлением дальнейших исследований может стать оценка оборонительных действий, что представляет собой особенно трудную задачу в случае отсутствия высокочастотных данных о расположении мяча и игроков на футбольном поле.

Выводы

В статье приведен краткий обзор недавних работ, связанных с анализом производительности футболистов. По сравнению с подробными тематическими обзорами [1, 3, 4], мы уделили внимание ряду новых заслуживающих внимания статей и репринтов.

Мы также рассмотрели на идейном уровне ряд новых базовых показателей (xG, xA, xS, xGBuildup, xGChain, модель типа «risk-reward» для передач, индикатор «плюс-минус»), активно используемых специалистами в последнее время, и коснулись методов оценки таких технико-тактических действий, как удары по воротам и передачи. Работа вносит вклад в существующую обзорную литературу по анализу индивидуальной эффективности спортсменов.

Список литературы

1. Sarmiento H. et al. Match analysis in football: a systematic review // *J. Sports Sci.* 2014. Vol. 32, N 20. P. 1831–1843.
2. Bjertnes V., Nørstebø O., Vabo E. Valuing individual player involvements in Norwegian association football: Master's thesis, Norwegian University of Science and Technology, 2016.
3. Sarmiento H. et al. What performance analysts need to know about research trends in association football (2012–2016): A systematic review // *Sports Med.* 2018. Vol. 48, N 4. P. 799–836.
4. Herold M. et al. Machine learning in men's professional football: Current applications and future directions for improving attacking play // *Int. J. Sports Sci. Coaching.* 2019. Vol. 14, N 6. P. 798–817.
5. Brechot M., Flepp R. Dealing with randomness in match outcomes: how to rethink performance evaluation and decision-making in European club football. In: *UZH Business Working Paper Series*, 2018.
6. Pappalardo L. et al. A public data set of spatio-temporal match events in soccer competitions // *Scientific Data.* 2019. Vol. 6, N 1. P. 1–15.
7. Rathke A. An examination of expected goals and shot efficiency in soccer // *J. Hum. Sport Exerc.* 2017. Vol. 12, N 2. P. 514–529.
8. Ruiz H. et al. The Leicester City fairytale: Utilizing new soccer analytics tools to compare performance in the 15/16 & 16/17 EPL seasons. In: *Proc. of the 23rd ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining.* ACM, 2017. P. 1991–2000.
9. Decroos T. et al. Actions speak louder than goals: valuing player actions in soccer. In: *Proc. of the 25th ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery & Data Mining.* ACM, 2019. P. 1851–1861.
10. Power P. et al. Not all passes are created equal: Objectively measuring the risk and reward of passes in soccer from tracking data // *Proc. of the 23rd ACM SIGKDD Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining.* ACM, 2017. P. 1605–1613.
11. Bransen L., Van Haaren J. Measuring football players' on-the-ball contributions from passes during games. In: *Int. Workshop on Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics.* Springer, 2018. P. 3–15.
12. Cakmak A., Uzun A., Delibas E. Computational modeling of pass effectiveness in soccer // *Advances in Complex Systems.* 2018. Vol. 21, N 3-4. P. 1–28.
13. Fernández J., Bornn L., Cervone D. Decomposing the immeasurable sport: A deep learning expected possession value framework for soccer. In: *13th MIT Sloan Sports Analytics Conference*, 2019.
14. Kharrat T., Pena J.L., McHale I. Plus-minus player ratings for soccer // *arXiv preprint arXiv:1706.04943.* 2017.
15. Hvattum L.M. A comprehensive review of plus-minus ratings for evaluating individual players in team sports // *Int. J. Comp. Sci. Sport.* 2019. Vol. 18, N 1. P. 1–23.
16. Pappalardo L. et al. PlayeRank: data-driven performance evaluation and player ranking in soccer via a machine learning approach // *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST).* 2019. Vol. 10, N 5. P. 59.

Modern football player performance metrics and indicators

Vasiliev G. A., *gleb@torosresearch.com*

Laboratory of Sports Studies, National Research University Higher School of Economics, Moscow

Abstract. This brief review is devoted to the description of modern football player performance indicators rapidly growing in popularity among researchers and football performance analysts.

Keywords: key performance indicators, advanced football metrics, xG, expected goals.

Сравнительный анализ систем розыгрыша в спортивных играх

Петрова М.А., канд. пед. наук, доцент, petrovam.a.0811@yandex.ru
ФГБОУ ВО Российский государственный социальный университет, Москва

Аннотация. Каждое соревнование не проходит эффективно без четкой организации ее проведения. Системы розыгрыша в спортивных играх являются частью любого спортивного соревнования, они помогают разыграть призовые места, сформировать интерес спортсменов к соревновательной деятельности. Четко спланированная организаторами система розыгрыша позволяет выявить победителя, не нарушая правил и сократить сроки проведения соревнований до минимума у игроков в спортивных играх.

Ключевые слова: спортивные игры, системы розыгрыша, игроки, победитель, соперник, турнир.

Введение

Спортивные игры – это противостояние двух сторон протекающее в рамках правил определенного вида спорта, победитель в котором определяется по количеству достижений обусловленной цели. Занятия по спортивным играм направлены на развитие быстроты, ловкости, выносливости, так же на формирование умений работы в команде, настойчивости, решительности, умственной и физической работоспособности. Благодаря этому они имеют существенное значение в профессиональной деятельности спортсменов [2].

Система розыгрыша – это порядок проведения соревнования, а именно то, как будет проходить соревнование, сколько матчей будет сыграно, какие команды будут играть друг против друга. Они ставят перед собой задачу упростить соревнование, сделать его удобным и наиболее эффективным. При выборе системы розыгрыша принято учитывать сроки проведения соревнования, уровень спортивной подготовленности спортсменов (команд), наличие спортивных сооружений, материальные затраты, количество участников [4].

Предыдущие исследования

Многие авторы утверждают, что системы розыгрыша в спортивных играх имеют свои особенности. На соревнованиях по спортивным играм невозможно без четкой системы оценивания результатов спортсменов. Поэтому, протоколы соревнований результатов команд- спортсменов служат основой спортивных достижений. Были изучены каждые системы розыгрыша, в отдельности. Однако по литературным данным авторов, не выявлен четкий сравнительный анализ систем розыгрыша в спортивных играх, а также их преимущества и недостатки. Поэтому, данная проблематика послужила началом теоретического исследования.

Методика и организация исследования

Для решения поставленных задач использовались следующие методы:

- 1) Анализ научно-методической литературы по системе соревнований по спортивным играм.
- 2) Метод теоретического и экспериментального анализа.

Одним из основных направлений первого этапа являлся метод рефератирования статей, опубликованных в периодической печати и в сборниках трудов, научно-методических пособий по системе организации соревнований по спортивным играм.

На втором этапе анализировались системы розыгрыша в спортивных играх и их преимущества и недостатки.

Результаты

В большинстве видов спорта используются три стандартные системы розыгрыша – это круговая, с выбывание после поражения и смешанная, но в некоторых соревнованиях по таким видам спорта как шашки, шахматы, киберспорт может использоваться и швейцарская

система розыгрыша или «Double Elimination» так же известная как система с выбыванием после двух поражений [1].

Круговая система розыгрыша, представляет собой систему, где каждый участник соревнования противостоит всем остальным участникам. Данная система очень популярна в таких видах спорта как футбол, волейбол, баскетбол, хоккей, по данной системе проводится множество соревнований таких, как национальные чемпионаты, отборочные турниры к чемпионатам континента или мира (рис. 1).

Данная система розыгрыша считается наиболее справедливой так, как каждый из участников соревнуется с каждым и это помогает уменьшить фактор везения почти до минимума, но для проведения соревнования по этой системе требуется и больше времени на реализацию турнира.

Команды	1	2	3	4	5	6	Место
1. Команда 1	■						
2. Команда 2		■					
3. Команда 3			■				
4. Команда 4				■			
5. Команда 5					■		
6. Команда 6						■	

Рис. 1. Круговая система розыгрыша, используемая в спортивных играх

Порядок проведения соревнования по данной системе не особо важен, так как участники, так или иначе, встретятся друг с другом, но соперников паре чаще всего решаются жребием. Количество встреч между участниками в круговой системе определяется следующей формулой $N(N-1)/2$, где N – количество участников соревнования. Количество игровых туров определяется по формуле $N-1$, используется при четном количестве участников соревнования и N используемая для нечетного количества участников [3].

По результатам встреч каждому участнику прибавляется количество очков, которые зависят от исхода встречи и правил регламента соревнования. Например, в футболе прибавление очков происходит следующим образом, а именно, 3 очка дается за победу в матче, 1 очко за сыгранную игру в ничью и 0 очков за поражение. Так же стоит уточнить что очки, набранные турнир, суммируются. Места распределяются по количеству очков. Если случается так, что двое или более участников соревнования набирают одинаковое количество очков, для определения их места используют дополнительные правила: Коэффициент Бергера (это способ определения победителя среди участников набравших одинаковое количество очков), сравнение результатов игр турнира (например, в футболе просматривается разница забитых и пропущенных мячей). Если участники соревнования по всем дополнительным показателям остаются на равных, то в правилах турнира может быть предусмотрено «разделение места» или дополнительная встреча с целью определения победителя.

Особенностью системы *розыгрыша с выбыванием после поражения (Олимпийская система)* является то, что команда, проигравшая одну, две или три свои встречи выбывает с турнира, таким образом, в конце турнира остается только один участник, который не проиграл ни одного матча (рис. 2).

Данная система используется на соревнованиях с большим количеством команд, где затрачивается на проведение соревнования меньше времени, чем в круговой системе. К примеру, на проведение соревнования с тридцатью участниками по круговой системе нужно потратить месяц, а для проведения соревнования на шестьдесят четыре участника по системе

розыгрыша с выбывание после поражения потребуется всего лишь семь дней на проведения состязания [3].

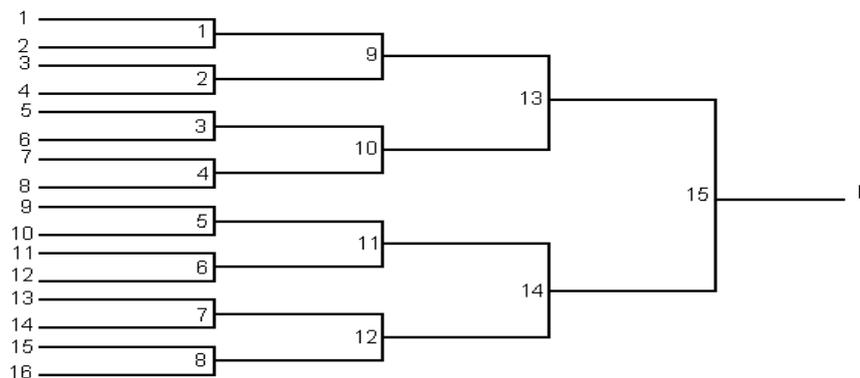


Рис. 2. Система розыгрыша с выбыванием после поражения, используемая в спортивных играх

Для системы розыгрыша с выбыванием лучше всего подходят количество участников равное степени двух (8, 16, 32, 64, 128 и т.д.), но соревнование можно провести и не только с данным количеством участников, например, если одна из команд выбывает после начала турнира когда ее уже не представится возможным заменить, то команде, которая должна с ней встретиться ставят техническую победу и она проходит в следующий этап соревнования. Так же если на состязание зарегистрировалось не равное степени двух число участников, то некоторые из команд просто не получают своего соперника и проходят в следующий этап соревнования, какие из команд получают эти свободные места решает жребий.

Система розыгрыша с выбыванием после двух поражений примечательна тем, что, команда, проигравшая свою встречу не выбывает из соревнования после первого поражения. Она является популярной в таких видах спорта как, автомобильный и мотоспорт, дзюдо, дартс, настольный теннис, пляжный волейбол, русский бильярд и киберспорт.

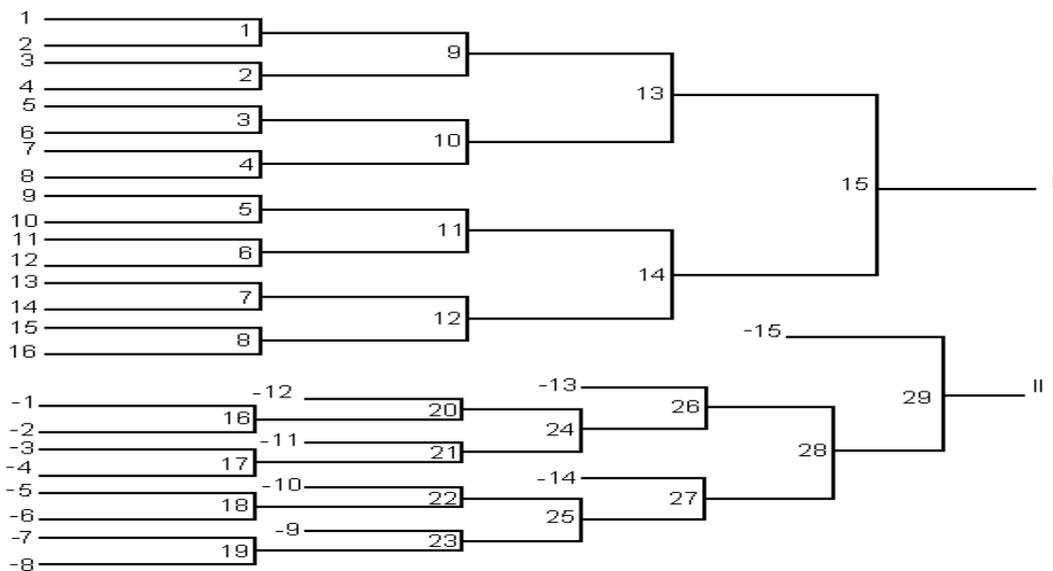


Рис. 3. Система розыгрыша с выбыванием после 2 поражений, используемая в спортивных играх

Также как и в системе с одним поражением, количество участников на соревновании должно быть числом степени двойки (8, 16, 32, 64, 128 и т. д.), и также как если количество участников не соответствует этим числам, можно добавить пустые проходные места (рис. 3) [3].

Особенности данной системы в том, что турнирная сетка разделена на две сетки верхнюю и нижнюю. В верхней сетке участники начинают играть свои первые матчи. После определения результатов первых матчей команда, победившая проходит дальше по верхней сетке, а проигравшая команда падает в нижнюю сетку, где ждет своего соперника. В нижней сетке встречаются только те команды, которые уже проиграли по одному матчу. Победитель данной пары проигравших проходит в следующий тур, где встречается не с другим победителем нижней сетки, а с проигравшим свой следующий тур участником верхней сетки. После поражения в нижней сетке участник окончательно покидает турнир [1].

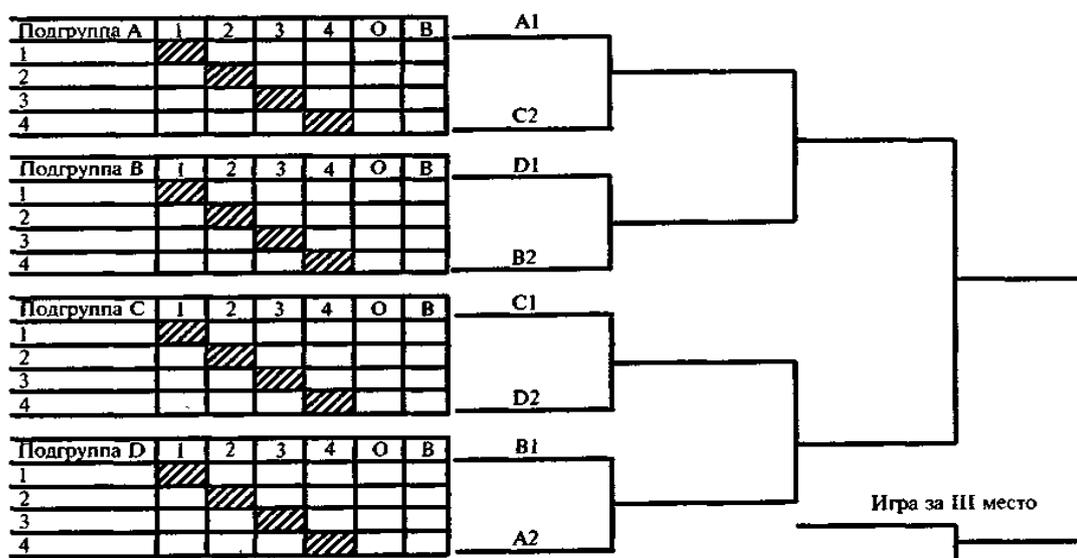
Смешанная система розыгрыша характерна тем, что совмещает в себе в большинстве случаев две другие системы, например круговую и систему с выбыванием. Чаще всего круговая система является первой стадией турнира (групповая стадия), а вторая часть соревнования проходит по системе с выбыванием. Такая система чаще всего используется на крупных соревнованиях таких, как Чемпионат Мира, Чемпионат Европы, Олимпийские игры и т.д. (рис. 4) [5].

Эта система используется в большинстве крупных соревнований так, как она сочетает в себе два важных качества, а именно, это наиболее точное определения победителя и относительно небольшие сроки проведения соревнования [5].

Швейцарская система розыгрыша проведения спортивных соревнований популярна в интеллектуальных видах спорта таких, как шахматы, шашки, Сеги, Го, Рэндзю и многих других. Впервые она была применена на шахматном турнире в Цюрихе в 1895 году, именно с этим и связано ее название [1].

Особенностью данной системы является то, что соревнование проходит без выбывания, а в каждом туре начиная со второго, соперники попадают так, чтобы встретились те, кто набрал наибольшее количество очков. Благодаря этому исключаются матчи между аутсайдерами турнира и фаворитами. Это позволяет обойтись меньшим числом туров при не большом количестве команд, в отличие от круговой системы (табл. 1).

Смешанная система — 1 и 2 место из подгрупп в 1/4 финала



A1, B1, C1, D1 — победители подгрупп А, В, С и D.
A2, B2, C2, D2 — команды, занявшие в подгруппах А, В, С и D второе место.

Рис. 4. Смешанная система розыгрыша, используемая в спортивных играх

Швейцарская система розыгрыша, используемая в различных видах спорта

1-й тур	Счет	2-й тур	Счет	3-й тур	Счет	Участники	Очки
игрок-1 - игрок-8	1:0	игрок-1 - игрок-2	1:0	игрок-1 - игрок-3	1:0	игрок-1	3
						игрок-3	2
игрок-2 - игрок-7	1:0	игрок-3 - игрок-5	1:0	игрок-5 - игрок-2	0:1	игрок-2	2
						игрок-8	1½
игрок-3 - игрок-6	1:0	игрок-8 - игрок-7	1:0	игрок-4 - игрок-8	½:½	игрок-4	1½
						игрок-5	1
игрок-4 - игрок-5	0:1	игрок-6 - игрок-4	0:1	игрок-6 - игрок-7	1:0	игрок-6	1
						игрок-7	0

Выводы

1. Каждая система розыгрыша эффективна в избранном виде спорта. Например, круговая система позволяет наиболее точно определить победителя соревнования, так как каждая команда встречается со всеми остальными соперниками, и сильнейшая команда набирает больше всех очков. Минусом круговой системы можно назвать не зрелищность некоторых встреч, когда команды-соперники уже не могут претендовать на призовые места. Олимпийская система позволяет сократить время соревнования и увеличить зрелищность за счет того, что проигравшая команда покидает турнир.

2. Системы розыгрыша могут проводиться по-разному, что влияет как на зрелищность, так и на точность определения победителя. Например, в смешанной системе может проводиться не один групповой этап, после которого идет play-off стадия, а несколько последовательных групповых этапов. Или, например, в системе с выбыванием после поражения можно организовать выбывание после двух поражений, когда проигравшая команда еще не покидает турнир, а продолжает соревноваться с другими проигравшими командами и впоследствии может выиграть весь турнир.

Список литературы

1. Алексеев С.В. Правовые основы профессиональной деятельности в спорте: учебник. М.: Спорт, 2017. 668 с.
2. Железняк Ю.Д., Портнов Ю.М., Савин В.П., Лексаков А.В. Спортивные игры: техника, тактика, методика обучения. М.: Academia, 2014. 518 с.
3. Корягина Ю.В., Блинов В.А., Нопин С.В. Научно-методическое обеспечение сборных команд в спортивных играх: учебное пособие. Омск: Издательство СибГУФК, 2016. 138 с.
4. Рогов И.А., Гераськин А.А., Мишенькина В.Ф. и соавт. Волейбол: тестовые задания по изучению правил соревнований. Омск: Издательство СибГАФК, 2012. 52 с.

5. Суник А.Б. Российский спорт и олимпийское движение на рубеже XIX-XX веков. М.: Советский спорт, 2004. 763 с.

Comparative analysis of the system of drawing in sports games

Petrova M. A., *PhD, Assoc. Professor, petrovam.a.0811@yandex.ru*
Russian State Social University, Moscow

Abstract. Each competition does not go well without a clear organization of its conduct. The systems of drawing in sports games are part of any sports competition, they help to win prizes, to form the interest of athletes in competitive activity. The system of the draw clearly planned by the organizers allows you to identify the winner without breaking the rules and reduce the time of the competition to a minimum for highly qualified players in sport games.

Keywords: sports games, draw systems, players, winner, rival, tournament.

Сравнительный анализ систем розыгрыша протоколов соревнований у сильнейших мужских команд в спортивных играх

Петрова М.А., канд. пед. наук, доцент, petrovam.a.0811@yandex.ru

Маринина Н.Н., доцент, MarininaNN@rgsu.net

ФГБОУ ВО Российский государственный социальный университет, Москва

Аннотация. В статье представлен анализ систем розыгрыша протоколов разного уровня соревнований среди сильнейших мужских команд в спортивных играх. Отражены преимущества и недостатки систем розыгрыша разных лет на Чемпионатах по видам спорта. Результаты исследования позволили определить наиболее эффективную систему выявления победителя, сократить время на проведение соревнования, увеличить периоды отдыха между участницами-команд во время соревнований.

Ключевые слова: регби, футбол, Чемпионат Европы, кубок Англии, системы розыгрыша.

Введение

Системы розыгрыша являются основополагающей частью любого спортивного соревнования, они помогают разыгрывать призовые места на соревнованиях, формируют интерес у спортсменов к соревновательной деятельности. Несмотря на это они важны не только для спортсменов, но и для организаторов соревнований так, как организатор должен учесть множество различных факторов для создания календаря соревнования. К ним относят задачи и масштаб соревнования, а также количества участвующих команд (спортсменов), количество спортивных сооружений, уровень подготовленности (разряда) участников, сроки проведения и другие, однако, несмотря на все выше сказанное, у систем розыгрыша есть и свои минусы, например, это не всегда правильное определение победителя, такое чаще встречается в системе розыгрыша «на выбывание после поражения» из-за того, что сильная команда (спортсмен), которая является фаворитом встречи, может проиграть более слабой команде (спортсмену) так как, в матчах на выбывание велика вероятность случайности. И основной проблемой является то, что у проигравшей команды (спортсмена) нет «второго шанса» [1, 4].

Предыдущие исследования

Анализ научно-методической литературы по теме исследования определил многие системы розыгрыша, используемые в спорте высших достижений. Теоретического и статического анализа протоколов соревнований каждой из систем розыгрыша в спортивных играх у сильнейших мужских команд не изучены и апробированы авторами. Не изученная тема и послужила источником нашего исследования.

Методика и организация исследования

Для решения поставленных задач поэтапно проведен ряд исследований. На каждом этапе была определена цель, и решались специфические задачи. Одним из основных направлений первого этапа исследования являлось изучение протоколов соревнований Чемпионата Европы по регби среди мужчин 2017 и 2018 гг. и протоколы Кубка Англии по футболу среди мужчин 2017/2018 гг. и 2018/2019 гг. На втором этапе анализировалась результативность систем розыгрыша в спортивных играх. Третий этап включал математико-статистическую обработку полученных экспериментальных данных.

Результаты

Проанализируем две основные системы розыгрыша, используемые на соревнованиях мирового уровня у мужских сборных команд по регби и по футболу, выявим отличия и недостатки каждой из систем [2, 3].

По *круговой системе розыгрыша* проводился Чемпионат Европы по регби среди мужчин, на ее примере рассмотрим Чемпионаты Европы 2017 и 2018 годах. На обоих из этих

соревнований участвовало всего 6 сборных стран мира, где каждая команда играла с остальными для выявления победителя.

Отличительных особенностей в количестве сыгранных матчей на Чемпионатах не наблюдалось, всего было сыгранно всего 15 матчей. Количество дней, затраченных на соревнование, также не отличался друг от друга, и на том, и на другом соревновании на его проведение понадобилось всего 37 дней, даже проводились они примерно в одно и тоже время года, а именно с середины февраля по середину марта. Играющие между собой сборные команды стран мира, повторялись из года в год. На Чемпионатах можно было одни и те же сборные команды Грузию, Россию, Румынию, Германию, Испанию и Бельгию. Только время на отдых между игровыми неделями отличалось друг от друга, так между первой и второй игровой неделей в 2017 году команды отдыхали 6 дней между своими матчами, а в 2018 году командам далось 7 дней на отдых между своими матчами. Следующие два периода на отдых между игровыми неделями не отличались друг от друга, то есть между матчами второй и третьей игровой недели команды, что в 2017 году, что в 2018 году отдыхали 13 дней, а между матчами третьей и четвертой игровой недели отдыхали по 6 дней. Отдых между четвертой и заключительной пятой игровой неделей тоже отличался, сборные команды в 2017 году отдыхали 6 дней, а в 2018 году отдых между играми составил 7 дней. Это представлено на рис. 1.

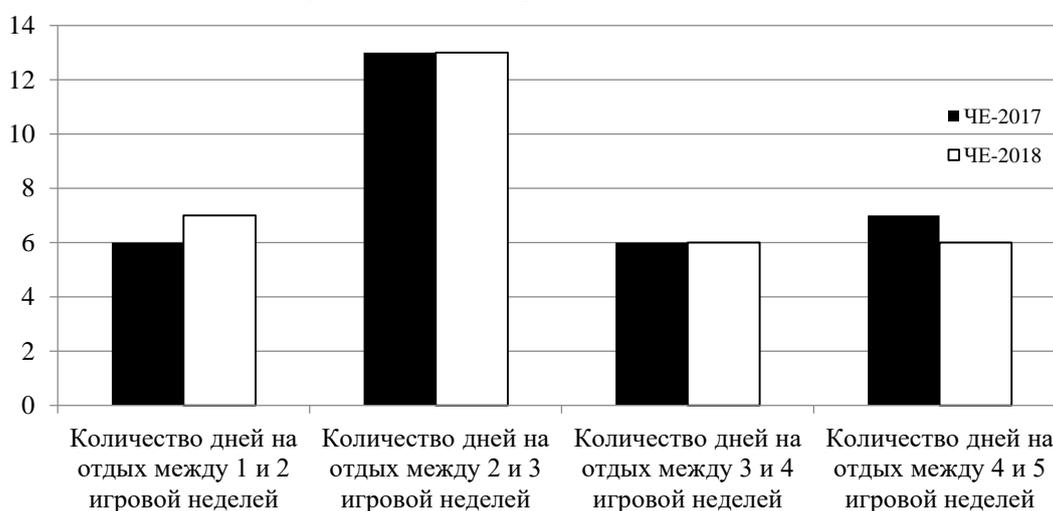


Рис. 1. Количество дней отдыха у мужских команд между игровыми неделями на Чемпионате Европы по регби 2017 и 2018 годах

Еще одно отличие, которое нам удалось определить в ходе исследования это то, что поменялось финальное положение команд, а именно, их результаты выступлений на Чемпионате. Так Румыния, заняла 1 место на Чемпионате Европы 2017 года, а в 2018 году была на грани вылета с соревнования и перехода в нижний дивизион. Сборная Грузии была более стабильна, заняв 2 место на Чемпионате Европы 2017 года, в 2018 году она заняла первое место.

Теперь проанализируем систему розыгрыша с выбыванием после поражения (олимпийскую). Анализ проводился на примере Кубка Англии по футболу среди двух периодов, это период 2017/2018 гг. и период 2018/2019 гг. Данный Кубок состоял из двух фаз. Первая это «Квалификационные раунды», которая состоял из шести раундов, по итогам команды проходили в следующую стадию, а именно «Основной турнир», который состоял из 8 раундов. Из «Квалификационных раундов» в «Основной турнир» проходили всего 32 команды, к которым позже в первом раунде «Основного турнира» присоединялись 48 команд первой и второй футбольных лиг, а также в третьем раунде «Основного турнира» присоединялись еще 44 команды с Премьер-лиги и Чемпионата футбольной лиги.

Фазы и составляющие их раунды представлены на рис. 2.

Фаза	Раунд
Квалификационные раунды	Экстрапредварительный раунд
	Предварительный раунд
	Первый квалификационный раунд
	Второй квалификационный раунд
	Третий квалификационный раунд
	Четвёртый квалификационный раунд
Основной турнир	Первый раунд
	Второй раунд
	Третий раунд
	Четвёртый раунд
	Пятый раунд
	Четвертьфиналы
	Полуфиналы
	Финал

Рис. 2. Квалификационные раунды и основной турнир «Кубка Англии» по футболу 2017/2018 гг. – 2018/2019 гг. по фазам

Первым и главным отличием является то, что любая команда любой английской лиги не ниже 10 уровня в системе футбольных лиг Англии может принять участие в данном соревновании. Данное отличие является главным, потому что от него исходят все остальные показатели. Например, число участников, из-за того, что абсолютно любая команда любой английской лиги не ниже 10 уровня в системе футбольных лиг Англии может принять участие, то и число участников будет варьироваться из года в год. Так в сезоне 2017/2018 гг. приняло участие 737 команд, а в сезоне 2018/2019 гг. приняло участие 736 команд, но в среднем оно варьировалось от 730 до 740 команд. Соответственно, от этих показателей менялось и число матчей, и количество команд. Разница была и в количестве матчей. То есть проводилась всего одна игра, проигравшая команда вылетала с турнира, но в случае ничьи игралась переигровка для выяснения победителя, а это еще увеличивало количество матчей.

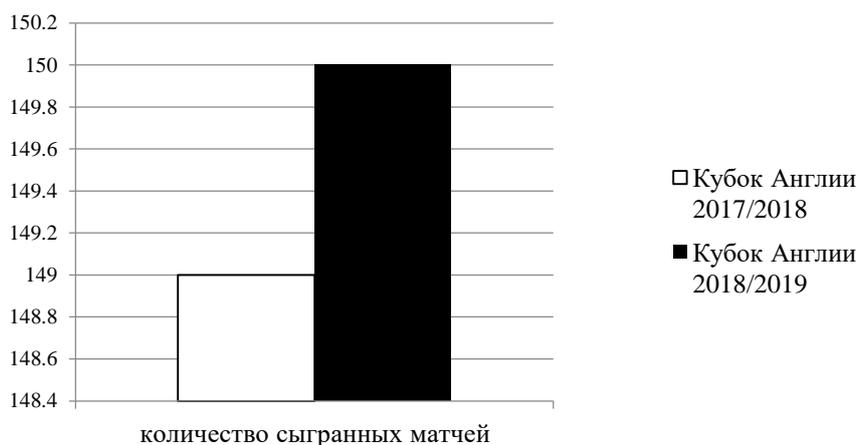


Рис 3. Общее количество сыгранных матчей на Кубке Англии в период 2017/2018 гг. и 2018/2019 гг.

Эти переигровки дали нам несколько отличий среди двух этих соревнований. Первое отличие заключалось в общем количестве сыгранных матчей фазы «Основной турнир». В

сезоне 2017/2018 гг. было сыгранно 149 матчей, а в сезоне 2018/2019 гг. было сыгранно 150 матчей. Это количество сыгранных матчей разнится зависела не от числа участников, ведь число участников в фазе «Основного турнира» всегда одинаковое, а от количества переигровок (рис. 3).

Также есть отличия в сыгранных матчах в каждом раунде фазы «Основной турнир» кроме матчей финала, где был сыгран 1 матч, матчей полуфинала, где было сыграно 2 матча и матчей четвертьфинала, где было сыграно 4 матча. Мы рассмотрим оставшиеся пять раундов, а именно первый, второй, третий, четвертый и пятый раунды. В первом раунде на Кубке Англии сезона 2017/2018 гг. было сыгранно 45 матчей, а в сезоне 2018/2019 гг. было сыгранно 53 матча. Во втором раунде сезона 2017/2018 гг. было сыгранно 27 матчей, а в сезоне 2018/2019 гг. было сыгранно 25 матчей. В третьем раунде сезона 2017/2018 гг. было сыгранно 40 матчей, а в сезоне 2018/2019 гг. было сыгранно 36 матчей. В четвертом раунде сезона 2017/2018 гг. было сыгранно 20 матчей, а в сезоне 2018/2019 гг. был сыгран 21 матч. И наконец, в пятом раунде сезона 2017/2018 гг. было сыгранно 10 матчей, а пятом раунде сезона 2018/2019 гг. было сыгранно 8 матчей (рис. 4).

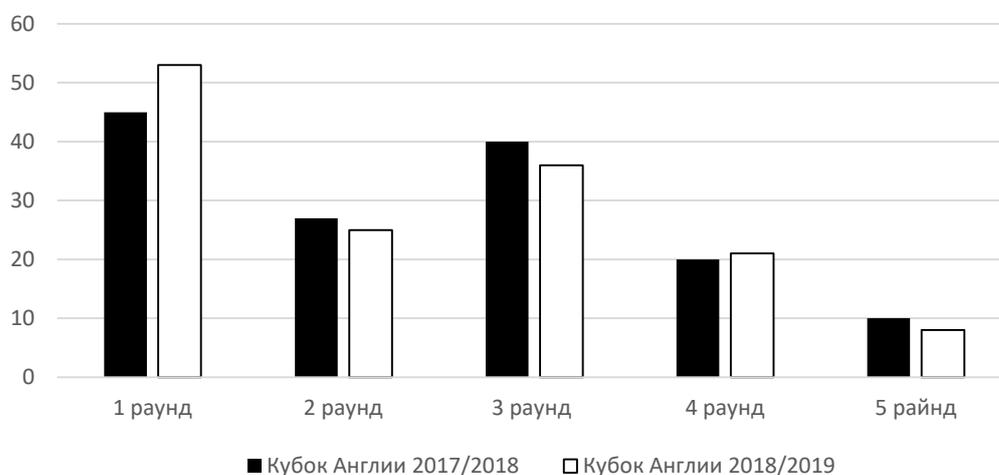


Рис. 4. Количество сыгранных матчей в каждом из раундов в Кубке Англии сезонов 2017/2018 гг. и 2018/2019 гг.

Эти показатели хоть и сильно отличались, но не задерживали проведение соревнований, и соревнования в оба сезона были проведены точно в свои сроки.

Выводы

Каждый вид спорта использует более удобную для проведения соревнования систему розыгрыша. На Чемпионате Европы по регби проводились соревнования по *круговой системе*. В соревнованиях принимали участие всего 6 национальных сборных, что позволило организаторам соревнования наиболее точно определить победителя и при этом затратить не много времени на проведение соревнования. Это можно сказать о эффективности системы розыгрыша, так как система позволила при затрате относительно небольшого времени довольно точно определить победителя, но она также и нестабильна, то есть при большом количестве участников соревнования проводились бы очень долго.

В Кубке Англии по футболу использовалась система розыгрыша с *выбыванием после поражения (олимпийская)*, потому что число команд-участниц было много и разыгрывались бы призовые места несколько лет по *круговой системе*, а *система с выбыванием*, позволила сократить это время до одного игрового сезона. Однако, в этой системе розыгрыша, объективное определение победителя теряет свою эффективность.

Список литературы

1. Бакулина Е.Д. Правила судейства соревнований и критерии мастерства в процессе формирования и развития художественной гимнастики // Вестник спортивной науки. 2006. № 4. С. 62-64.
2. Железняк Ю.Д., Портнов Ю.М., Савин В.П., Лексаков А.В. Спортивные игры: техника, тактика, методика обучения. М.: Academia, 2014. 518 с.
3. Журид С.Н., Насонкина Е.Ю. Сравнительный анализ соревновательной деятельности квалифицированных игроков различного амплуа в женском и мужском футболе // Физическое воспитание студентов. 2010. № 2. С. 81–84.
4. Петрова М.А. Индивидуализация физической подготовки гандболисток на этапах спортивного совершенствования. Дисс. ...канд. пед. наук. – М., 2009. 156 с.

Comparative analysis of the competition protocol draws systems of the strongest male teams in sports games

Petrova M.A., *PhD, Assoc. Professor, petrovam.a.0811@yandex.ru*

Marinina N.N., *Assoc. Professor, MarininaNN@rgsu.net*

Russian State Social University, Moscow

Abstract. The article presents an analysis of the protocol draw systems of different levels of competition among the strongest men's teams in sports games. Advantages and disadvantages of different years drawing systems at sports championships are reflected. The results of the study made it possible to determine the most effective system for identifying the winner, reduce the time for the competition, increase the periods of rest between the participating teams during the competition.

Keywords: rugby, football, European Championship, FA Cup, raffle systems.

6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СПОРТИВНОМ ОБРАЗОВАНИИ И ИНДУСТРИИ СПОРТА

Информационные процессы в научной и образовательной деятельности

Изаак С.И., д-р пед. наук, e-sepp@yandex.ru
Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

Аннотация. Показано, что формирование информационного общества на современном этапе своего развития предполагает информатизацию системы образования. Изучение методологии информатизации научной и образовательной деятельности, а также государственной политики в области информационных технологий и процессов, формирует у обучающихся компетенции, позволяющие не только выявлять современные практические и научные проблемы, использовать информационно-коммуникационные технологии в науке и образовании, но и оптимизировать управление информационными потоками в индустрии спорта.

Ключевые слова: спорт, наука, образование, информация, информационные процессы.

Введение

Важную роль в процессе структурных изменений общественного состояния, масштабных трансформациях во всех сферах человеческой жизни играет развитие научно-технического прогресса и проводника во все сферы деятельности – информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Создание целостной системы использования современных ИКТ, при которой граждане получают максимум выгод, осуществляется в рамках реализации государственной программы «Информационное общество (2011-2020 гг.) (Программа).

Государственная Программа нацелена на повышение прозрачности и управляемости, обеспечение устойчивости и конкурентоспособности экономики в целом. Целевыми индикаторами и показателями Программы являются: «место Российской Федерации в международном рейтинге по индексу развития информационных технологий»; «доля граждан, использующих механизм получения государственных и муниципальных услуг в электронной форме»; «снижение доли населения, не использующего информационно-телекоммуникационную сеть Интернет по соображениям безопасности (в общей численности населения)»; «степень дифференциации субъектов Российской Федерации по интегральным показателям информационного развития»; «удельный вес домашних хозяйств, имеющих доступ к информационно-телекоммуникационной сети Интернет с домашнего компьютера (в общем количестве домашних хозяйств)»; «количество высокопроизводительных рабочих мест по виду экономической деятельности «связь» [7]. Программа охватывает все отрасли и сферы деятельности, в том числе физическую культуру и спорт (ФКиС).

Поступательное развитие современной спортивной отрасли совершается благодаря реализации спланированного комплекса мер, обозначенных в стратегических и программных документах. Вопросы стратегического планирования и программирования, тактических действий, применяемых в спортивной отрасли для эффективного ее развития, на протяжении последнего времени носили по своей сути дискуссионный характер и периодически обсуждались на различного рода мероприятиях (совещаниях, конференциях, форумах и т.д.). Одними из ведущих явились дискуссионные площадки Международного спортивного форума «Россия – спортивная держава» (проводится с 2009 года), который в своей работе постоянно рассматривает вопросы информатизации общественных отношений [6].

Отраслевая стратегия будущего взаимоувязана с ИКТ-стратегией. Последняя, в свою очередь, представляет собой формализованную систему подходов, принципов, методов, на

основе которых развиваются и будут развиваться в дальнейшем все структурные компоненты информационного процесса [3].

Несомненно, информатизация общества затронула и образовательную среду. Так, например, как самостоятельное и перспективное направление давно признана форма дистанционного обучения, поскольку предоставляет возможность совмещения профессиональной деятельности и процесса получения профессионального образования. Благодаря применению различных технических средств, процесс обучения становится возможным осуществлять индивидуально по гибкому графику [4]. К информационным технологиям относится также и технология дистанционной телеметрии, позволяющая передавать измеренные данные на расстояние. В системе «человек-машина» эти технические комплексы относятся к объектам, свойства которых определяются эффективным взаимодействием сложных разнокачественных систем физической и биологической природы [1].

Для свободной ориентации в информационных ресурсах, возможностях применения информационных продуктов/услуг в профессиональной деятельности современный специалист любого профиля должен уметь получать, структурировать, хранить, обрабатывать и применять на практике информацию с помощью аппаратно-программных комплексов, телекоммуникационных и других средств ИКТ. Для этого он должен владеть технологиями реализации информационного процесса, связанными с определенными операциями над информационными объектами (получением, созданием, сбором, обработкой, накоплением, хранением, поиском, распространением, использованием информации) [2]. Это в полной мере относится и к специалистам в области ФКиС. По этой причине актуальным является формирование у обучающихся по данному направлению деятельности знаний, умений, навыков, необходимых для эффективного управления информационными процессами в условиях информатизации спортивной среды.

Цель работы – формирование на основе авторских концепций и разработок информационных модулей учебной программы дисциплины «Информационные процессы в научной и образовательной деятельности».

Результаты и обсуждение

Необходимость формирования информационных модулей учебной программы дисциплины «Информационные процессы в научной и образовательной деятельности» обусловлена государственной политикой информатизации общества, а также потребностями подготовки высококвалифицированных специалистов в области ФКиС, способных на современном уровне, используя компьютерные средства и информационные технологии, заниматься научно-исследовательской работой, управленческой и педагогической деятельностью.

Конструирование информационных модулей проводилось на основе созданных автором концепций и разработок, применяемых в спортивной практике, основными из которых являются нижеследующие результаты научно-исследовательских работ.

– **Концепция популяционного мониторинга состояния физического здоровья детей, подростков и молодежи.** Технология популяционного мониторинга основывается на применении компьютеров, программных средств, телекоммуникационной техники. ИКТ, используемые для сбора и обработки мониторинговой информации, дают возможность накапливать результаты наблюдений в базах данных и представлять их в обобщенном виде, контролировать динамику их изменения, что позволяет оптимизировать управление состоянием физического здоровья подрастающего поколения.

– **Компьютерная программа.** Диагностико-рекомендательная компьютерная программа «Малыш» позволяет оценить степень физического развития ребенка и уровень его двигательной подготовленности (в сравнении с половозрастной нормой); гармоничность-дисгармоничность физического развития; показатели дефицита-прибавки в тестах, а также сформировать на основе этой информации индивидуальные рекомендации по организации двигательного режима, питанию и закаливанию. Программа рекомендована постановлением

Правительства г. Москвы для внедрения во врачебно-физкультурных диспансерах и дошкольных учреждениях города.

– **Базы данных:** «Общероссийская система мониторинга состояния физического здоровья населения, физического развития детей, подростков и молодежи» (авторское регистрационное свидетельство – РС №0220611425), «Информационные технологии управления» (РС №0220611387), «Моделирование социально-экономических процессов» (РС №0220711528) [5], «Исследование систем управления» (РС №0220711527), «Демография» (РС №0220711471), «Управленческие решения» (РС №0220711470), «Компьютерные технологии в науке, образовании в сфере физической культуры и спорта» (РС №0220711472).

– **Электронные образовательные ресурсы:** «Исследование систем управления предприятием: электронное учебное пособие» (РС №0321201607), «Информационные технологии управления: электронное учебное пособие» (РС №0321201801), «Хрестоматия по теории управления» (РС №0321201939), «Теория организации: электронное учебное пособие» (РС №0321201912).

Сформированные информационные модули учебной программы содержат следующие основные материалы.

1. *Основы ИКТ* (понятие, виды и носители информации; разъяснение на примерах основных свойств информации – полезности, понятности, актуальности, полноты, достоверности; формы представления информации; изменение информации; понятие ИКТ; объективные предпосылки необходимости создания ИКТ в сфере ФКиС; история, тенденции и перспективы развития ИКТ; правовое обеспечение ИКТ; государственная политика в области ИКТ; информационные основы процессов управления; информационная культура специалиста; характерные черты информационного общества).

2. *Информационные процессы* (понятие о процессе; виды процессов; получение, создание, сбор, обработка, накопление, хранение, поиск, распространение, использование информации; информационные процессы в обществе, живой природе, технике; процессный подход в науке и образовании; информационные процессы в ФКиС).

3. *Устройство компьютера, суперкомпьютеры, Интернет-технологии* (основная конфигурация, схема компьютера, устройства ввода, внутренняя память, внешняя память, процессор, устройства вывода; типы и примеры суперкомпьютеров; технологии создания и поддержки информационных ресурсов в сети Интернет; основной способ организации хранения информации в компьютере – диски, папки, файлы, файловые структуры; основные приемы работы с папками и файлами; архивация файлов).

4. *Информационные технологии в ФКиС, научной деятельности и образовательном процессе* (классификация ИКТ; схема процесса совершенствования учебного процесса с помощью ЭВМ; принципы использования ИКТ в научной деятельности и образовательном процессе; использование суперкомпьютеров в спорте; дистанционное обучение; банки и базы данных спортивной информации; электронный документооборот; характеристика, назначение и основные компоненты систем автоматизации офиса; средства мультимедиа, мультимедийные проекты; электронные каталоги, электронные справочные службы; проблемы внедрения и варианты использования электронной торговли; информационные системы в спортивном менеджменте).

5. *Проектирование программных продуктов* (классификация методов проектирования программных продуктов, подходы проектирования алгоритмов и программ; типичные методы структурного проектирования, функционально-ориентированные методы, структурный подход, объектно-ориентированный подход к проектированию программных продуктов, объективный подход при разработке алгоритмов и программ; составление технического задания на программирование, технический проект, рабочая документация, ввод в действие; системы автоматизированного проектирования и выпуска рабочей конструкторской и проектной документации).

6. *Физкультурно-оздоровительные компьютерные программы* (компьютерные программы «Атлет», «Фитнес», «Грация»; экспертная система «Стресс-тест», диагностико-рекомендательная программа «ЧХТ», диагностико-рекомендательная программа «Малыш», диагностико-рекомендательная программа «Веда», научно-прикладная программа «Антропометрия», экспертная система «Детсад», экспертная система «Валеология школьника»).

7. *Компьютерная диагностика в ФКиС* (компьютерные технологии в реализации индивидуального подхода; методы компьютерной функциональной диагностики, компьютерная диагностика в системах «Амсат-Коверт», «Омега-спорт»; пульсометры, мониторы сердечного ритма «Polar»).

Рабочая программа дисциплины «Информационные процессы в научной и образовательной деятельности» разработана по направлению магистерской подготовки 38.04.02 «Менеджмент» профиля обучения «Менеджмент в спортивной индустрии» на основе сформированных информационных модулей. Структурно учебная программа дисциплины включает семь информационных модулей: «Основы ИКТ»; «Информационные процессы»; «Устройство компьютера, суперкомпьютеры, Интернет-технологии»; «Информационные технологии в ФКиС, научной деятельности и образовательном процессе»; «Проектирование программных продуктов»; «Физкультурно-оздоровительные компьютерные программы»; «Компьютерная диагностика в ФКиС». На данный курс отводится 72 аудиторных часа (лекционный курс, практические занятия на базе компьютерного класса) и 72 часа самостоятельной работы, из которых большая часть времени посвящена самостоятельному освоению навыков использования компьютера с соответствующими программными средствами для решения конкретных научных и образовательных педагогических задач.

В результате изучения дисциплины и основ научно-исследовательской, управленческой и педагогической деятельности обучающийся должен овладеть: научными знаниями о процессах накопления, передачи, преобразования и представления информации применительно к сфере ФКиС; алгоритмизации решения профессиональных задач; принципах программирования на языках высокого уровня; навыками системной рационализации организации и управления основными логистическими потоками в области ФКиС; методами оптимизации физкультурно-спортивной деятельности и используемыми для этой цели техническими средствами; методами формирования современных интерактивных баз данных для извлечения и использования научно-практической информации в области ФКиС; методологией научного познания, формами представления результатов исследований; современными образовательными технологиями, навыками организации и проведения учебных занятий, образовательных семинаров.

Вывод

Таким образом, изучение методологии информатизации научной и образовательной деятельности, а также государственной политики в области информационных технологий и процессов, формирует у обучающихся компетенции, позволяющие не только выявлять современные практические и научные проблемы, использовать ИКТ в науке и образовании, но и оптимизировать управление информационными потоками в индустрии спорта.

Список литературы

1. Бомин В.А., Ракоца А.И. Коммуникации человека и технических устройств (на примере телеметрии) // Научные исследования и разработки. Современная коммуникативистика. 2019. Т. 8, № 2. С. 18–20.
2. Волкова В.Н. Теория информационных процессов и систем: учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2016. 502 с.
3. Изаак С.И. Стратегия развития спортивной отрасли: монография. М.: Спорт, 2018. 168 с.
4. Изаак С.И., Исаев Р.А. Особенности развития дистанционного образования в Российской Федерации // Сервис в России и за рубежом. 2015. Т. 9, № 2 (58). С. 68–75.

5. Изаак С.И., Паршикова Н.В. Моделирование социально-экономических процессов. База данных. М.: Информрегистр, 2007. РС № 0220711528.

6. Паршикова Н.В., Изаак С.И., Коваленко Г.В. Россия – спортивная держава: история и современность // Теория и практика физической культуры. 2019. № 10. С. 3–5.

7. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении государственной программы ‘Информационное общество (2011-2020 годы)’» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/documents/4137/> (дата обращения: 15.02.2019).

Information processes in scientific and educational activities

Izaak S. I., *PhD*, *e-sepp@yandex.ru*
Russian University of Transport (МИИТ), Moscow

Abstract. It has been shown that the formation of an information society at the present stage of its development implies the informatization of the education system. The study of the methodology of informatization of scientific and educational activities, as well as state policy in the field of information technologies and processes, forms the competences of students, which allow not only to identify modern practical and scientific problems, to use information and communication technologies in science and education, but also to optimize the management of information flows in the sports industry.

Keywords: sport, science, education, information, information processes.

Информационные услуги как вид сервисной деятельности в индустрии спорта

Каргин Н.Н., д-р филос. наук

Изаак С.И., д-р пед. наук

Щадилова И.С., канд. пед. наук, nikolay.kargin@gmail.com

Российский университет транспорта (МИИТ), Москва

Аннотация. В статье рассматриваются информационные услуги как специфический вид сервисной деятельности. Система управления спортивной сферой представлена как совокупность взаимосвязанных компонентов: объект-субъект управления; информационная услуга; социальные, экономические, политические, технологические процессы, а также процессы, обеспечивающие регулирование и управление поведением индивида. Отмечается, что для каждого процесса должна быть своя информационная составляющая, которая и формирует сущность информационной услуги в системе управления спортивно-оздоровительной деятельностью.

Ключевые слова: спорт, система управления, информационная услуга, процессы.

Введение

Понятие «управление» уже давно стало обыденным выражением, употребляемым повседневно. В привычный обиход наряду с термином «управление» давно вошло и слово «менеджмент». Менеджмент напрямую связан с функциональной необходимостью применения IT-технологий.

Реальная ситуация, складывающаяся на российском внутреннем рынке, показывает, что эффективность большинства принятых управленческих решений (как в государственных, так и в коммерческих структурах) не превышает 20-25%. Применение IT-технологий, несомненно, способствует повышению эффективности управленческих мероприятий.

Аппарат механизма управления должен формироваться исходя из принципов и методов, отвечающих целям функциональных систем, состояние которых необходимо изменить в желаемых для общества направлениях [1]. И только тогда удастся избежать логических казусов нестыковки целей, задач, средств и методов, обеспечивающих результативность разработки и принятия решений и избежать хаоса и бифуркационных явлений при структурном преобразовании сложных управленческих систем [4]. Одним из элементов управления является информация, обладающая ресурсным свойством только в формате специальной услуги [6]. В системе спортивно-оздоровительной деятельности информационная услуга обеспечивает возможность получения знаний, законов или закономерностей, описывающих сущность составляющих ее процессов.

Цель исследования – рассмотрение сущности информационной услуги в процессе управления спортивно-оздоровительной деятельностью в организациях различного уровня.

Результаты и обсуждение

Для адекватного представления сути информационной услуги в системе управления спортивно-оздоровительной деятельностью рассмотрим элементы системы управления, направленные на решение управленческих задач в сфере физической культуры и спорта.

Система управления детерминируется взаимосвязанными элементами, такими как: объект-субъект управления; информационная услуга; социальные, экономические, политические, технологические процессы, а также процессы, обеспечивающие регулирование и управление поведением индивида.

Характеристика понятия «информационная услуга» – работы, операции, процедуры и технологии, направленные на структуризацию информационного поля, внешнего по отношению к системе человеческой деятельности, в средства и способы преобразования

ресурсов, в необходимые и полезные для человека продукты. Суть информационной услуги состоит в наделении процессов, протекающих в функциональных системах, свойствами, характеризующими взаимодействие отдельных составляющих элементов, обеспечивающих ее целостность и практическое значение. Поскольку любая функциональная система представлена множеством процессов, формирующих ее функциональное состояние, постольку и под каждый процесс необходимо соответствующее информационное обеспечение.

Процесс представляет собой связанную последовательность состояний, относящихся к объекту в целом и его частям. Он является важнейшей системной категорией, поскольку:

- постоянное протекание и преобразование во времени и пространстве структуры, однонаправленных процессов и представляет любую деятельность;
- процесс задает и обеспечивает целостность системы;
- собственно в процессе осуществляется преобразование средств в цель.

Структуру процессов можно разделить на семь типов (по количеству системных категорий), обеспечивающих реализацию функций каждой в отдельности и в совокупности со всеми системными категориями. При этом все типы процессов по своей внутренней структуре и направленности соответствующих этапов подчинены единой структурно-процедурной схеме. Любой процесс реализуется (протекает) только в границах какой-либо структуры, поэтому его условная детализация возможна только посредством подразделения на целевые параметры и параметры порядка.

К целевым параметрам можно отнести большинство основных понятий физических, биологических и социальных теорий:

- 1) физические параметры (пространство, время, частица, тело, система, физическая величина, волновая функция, масса, координаты, скорость, импульс, энергия, температура, энтропия, давление, объем, заряд);
- 2) биологические параметры (масса тела, вес, рост, кровяное давление, жизненный объем легких, пульс и т.д.);
- 3) социальные параметры (продолжительность жизни, социальная сплоченность, уровень образования, культура и т.д.).

К параметрам порядка можно отнести характеристики свойств и значений данных понятий применительно к процессам, протекающим в реальных функциональных системах.

По отношению к системе управления основные процессы (управленческие процессы), обеспечивающие работу этой системы, включают: ввод информации из источников внешней или внутренней среды, обработку этой информации, представление обработанной информации в удобном виде, вывод информации для передачи ее потребителям, обратную связь [3].

Социальные процессы – последовательная смена состояний или движение элементов социальной системы и ее подсистем. Анализ социальных процессов обеспечивает представление о социальной структуре общества и позволяет (при сопоставлении с целями системного движения) сформулировать необходимый и достаточный тип(ы) личностей, востребованный различными социальными структурами. Параметрами порядка (в части социальной структуры) должно являться обоснованное количественное соотношение всех необходимых для поддержания исторически сложившегося жизненного уклада набора специалистов всех уровней. По отношению к современной государственной системе такой базой отсчета будут являться системообразующие производства полного жизненного цикла (от идеи до реализации продукции).

Преобразовательный (трудовой) процесс – одна из разновидностей процессов деятельности, характеризующая, как правило, функционирование механизмов воспроизводства ресурсных составляющих общества. Поскольку «труд», в большинстве случаев, проявление жизнедеятельности и направлен на задачи созидания, то он, в одном случае, есть мерило ценности любой человеческой жизни, а в другом случае, сам подвергается процедуре измерения и наделения свойствами самооценности. Например,

использование таких информационных параметров как валовой национальный доход, на «душу населения», общегосударственная «потребительская корзина» и т.д., не структурирован по процессам трудовой деятельности людей. Спортивная деятельность связана с постоянной адаптацией организма человека к нагрузкам. Организм в связи с этим находится в постоянном режиме усиленной работы, необходимой для достижения цели и «заряженной» на поставленный высокий результат. Объективная необходимость введения в систему управления дополнительных специфически обоснованных видом деятельности параметров и инструментов управления позволит внести определенные положительные сдвиги в пользу эффективности как на местном, так и на государственном уровне.

Технологические процессы. Параметрами порядка, характеризующими технологические процессы, могут являться следующие показатели: показатели потребления энергоресурсов на единицу продукции; показатели адекватности продукции расчетной теоретической модели; показатели надежности эксплуатации изготовленной продукции.

Экономические процессы. Параметрами порядка являются показатели эффективности использования вложенного капитала.

Политические процессы. Параметрами порядка являются показатели стабильности функционирования социально-экономической системы.

Управленческие процессы. Параметрами порядка являются показатели эффективности перевода системы из одного состояния в другое.

Процессами, направленными на регулирование и управление поведением индивида, являются [5]:

- биохимические, обеспечивающие накопление энергетического потенциала или его сокращение;

- физиологические, направленные на формирование или изменение структуры органа (организменных систем) и обеспечивающие расширение функциональных возможностей всего организма;

- психические, обеспечивающие координацию взаимодействия всех организменных подсистем, формирование поведенческих энграмм и запуска психофизиологических реакций;

- психологические, обеспечивающие создание виртуального (внеорганизменного) органа управления поведенческими реакциями и синхронизацию работы отдельных подсистем организма человека;

- социальные, обеспечивающие формирование самосознания, целеполагания, структуризации способов развития и преобразования среды/организма и самой личности человека, конструирование социальной целостности вида «*Homo sapiens*»;

- логические, обеспечивающие преобразование чувственно-образного отражения окружающей действительности в абстрактно-символические конструкторы;

- познание «нового» (сложный и длительный процесс, предполагающий использование больших интеллектуальных усилий и значительных материальных затрат, причем регулирование управленческих параметров которого крайне затруднительно);

- обучение, направленное на усвоение правил, законов и механизмов поведения, деятельности системных образований в целом.

Заключение

В заключение следует отметить, что реалии сегодняшнего дня предъявляют к управленческому персоналу новые требования, в связи с чем на рынке труда в спортивной индустрии востребованы квалифицированные, умеющие принимать обоснованные управленческие решения руководители-профессионалы, сочетающие в себе весь комплекс профессиональных знаний, умений, навыков [2]. Для этого необходимо, прежде всего, владеть управленческими спортивными технологиями. Задача управленца – правильно распорядиться знаниями элементов управления, каналов коммуникации и эффективно реализовать их на практике. Применение управленческих технологий способствует повышению эффективности системы управления спортивной сферы, которую можно

представить как совокупность взаимосвязанных элементов, таких как: объект-субъект управления; информационная услуга; социальные, экономические, политические, технологические процессы, а также процессы, обеспечивающие регулирование и управление поведением индивида. Несомненно, что для каждого процесса должна быть своя информационная составляющая, которая и формирует сущность информационной услуги в системе управления спортивно-оздоровительной деятельностью.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. СПб.: СПб ГПУ, 2003. 318 с.
2. Изаак С.И. Тенденции развития спортивного управленческого образования в Российской Федерации // Спорт: экономика, право, управление. 2017. № 3. С. 27–30.
3. Изаак С.И., Молоденков Д.А. Совершенствование государственного и муниципального управления на основе использования информационно-коммуникационных технологий: монография. М.: НИПКЦ Восход-А, 2011. 115 с.
4. Каргин Н.Н., Надеина Т.М. Теоретические и методологические основы подготовки референта-аналитика: методические рекомендации. М.: МГУС, 2002. 53 с.
5. Каргин Н.Н., Сибгатулина Ф.Р. Системный подход к анализу поведения человека в системе социально-экономической деятельности // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. 2016. № 46. С. 227–244.
6. Каргин Н.Н., Щадилова И.С. Информационные услуги в структуре социальной коммуникации // Научные исследования и разработки. Современная коммуникативистика. 2016. № 5 (24). С. 5–17.

Information services as a type of service activity in the sports industry

Kargin N. N., *DSci*;

Izaak S. I., *DSci*;

Schadilova I. S., *PhD*, nikolay.kargin@gmail.com

Russian University of Transport (МИИТ), Moscow

Abstract. The article considers information services as a specific type of service activity. The sports sphere control system is represented as a set of interconnected components: object-subject of control; Information service; Social, economic, political, technological processes and processes that regulate and manage individual behavior. It is noted that for each process there must be its own information component, which forms the essence of the information service in the system of sports and health management.

Keywords: sports, management system, information service, processes.

Анализ успеваемости студентов 1-3 курсов университетов по дисциплине **элективная физическая культура**

Климкина Д.А., *Klimkina.DA@rea.ru*

Широбоков В.Г., *Wpn@inbox.ru*

ФГБОУ ВО Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва

Аннотация. В статье представлены результаты анализа успеваемости по различным характеристикам у студентов.

Ключевые слова: *посещаемость, элективная физическая культура, студент, анализ.*

Введение

Успеваемость студента является основным показателем эффективности процесса обучения. Изучение составляющих успеваемости и влияния на них различных факторов может помочь в совершенствовании организации учебного процесса. Такими факторами могут быть направления подготовки, дисциплины, курс, гендерный фактор, возраст студентов, форма обучения и многое другое. Дисциплина элективная физическая культура преподается студентам всех направлений университета очной формы обучения [1]. При этом показатели успеваемости у студентов разные и возможность их повышения представляет интерес для преподавателей. Технологии проведения этой дисциплины могут быть настроены на специфику студентов, так чтобы в результате успеваемость студентов была достаточно высокой [4]. Для понимания влияния на нее различных факторов необходимо провести анализ по имеющимся уже данным.

Таким образом, целью исследования являлся анализ успеваемости студентов 1-3 курсов университета по дисциплине элективная физическая культура, с учетом гендерных различий и курса, на котором учится студент.

Материалы и методы

1. Материалы

Материалом для данного исследования послужили данные успеваемости студентов по дисциплине элективная физическая культура, содержащие следующую информацию:

- пол студента
- специальность (группа)
- курс (номер)
- количество посещений по модулям (всего 4 модуля)
- количество занятий в модуле
- количество сданных по модулю нормативов и полученные оценки
- итоговые баллы за посещение, за нормативы, общие

В выборку не вошли следующие группы студентов: отчисленные, участники спортивных сборных университета, пользователи дополнительных образовательных программ.

Общее количество студентов – 761. Из них: юноши – 260 (34%), девушки – 501 (66%); студенты 1-го курса – 268, 2-го курса – 268, 3-го курса – 225.

2. Методы

Анализ успеваемости студентов выполнялся, используя несколько показателей, часть из них характеризовала посещаемость, а часть – количество набранных баллов. Для оценки полноты посещения студентами занятий был введен коэффициент посещаемости, который определяется как $k = a/b$, где a – количество занятий, которые студент посетил, b – общее количество занятий. Таким образом, в исследовании оценены следующие показатели:

- количество занятий, которые студент посетил за год;
- коэффициент посещаемости;
- баллы, которые студент получил за посещение занятий за год;
- баллы, которые студент получил за сданные нормативы в течение года;
- общее количество баллов.

Анализ выполнялся с помощью методов дескриптивной статистики. Была проверена гипотеза о нормальности распределения показателей с помощью теста Шапиро-Уилка, затем оценены средние и медианные значения этих показателей, а также их доверительные интервалы (ДИ). Затем выполнена проверка гипотезы о равенстве в среднем и в медиане показателей между двумя группами: юношами и девушками. Проверка гипотезы выполнялась с помощью тестов Стьюдента и Манна-Уитни. Решение о возможности отвергнуть нулевую гипотезу принималось на основе p -value, в случае если его значение было меньше 0,05. Для оценки прямой зависимости между посещаемостью занятий и сдачей нормативов использовался корреляционный анализ по Спирмену.

Результаты исследования

На первом этапе выполнена оценка среднего и медианы, а также их ДИ (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели успеваемости студентов

Показатели	Медиана и ДИ	Среднее и ДИ
Количество занятий за год	51 [51; 52]	52,56 [52,18; 52,94]
Коэффициент посещаемости за год	0,43 [0,4; 0,46]	0,4 [0,38; 0,42]
Баллы за посещение за год	22 [20,2; 23,3]	20 [19,06; 20,93]
Баллы за нормативы за год	25 [23; 25]	22,73 [21,54; 23,92]
Всего баллов за год	50 [45,7; 51,9]	42,72 [40,68; 44,77]

Тест Шапиро-Уилка не подтвердил нормальность распределения показателей, поэтому мы использовали оценки медианных значений. В тоже время, размер выборки достаточно большой, что нам позволило привести в результатах средние значения показателей. В среднем в год по физической культуре проводится 52 занятия, из которых студенты посещают 40-43%, набирая около 20 баллов за посещение, 23 баллов за нормативы и 43 баллов всего. Средние значения показателей отличаются не более, чем на 10% от медианных, за исключением общего числа баллов. Небольшие доверительные интервалы позволяют говорить о репрезентативности анализируемой выборки.

Результат проверки гипотезы о равенстве в среднем с помощью теста Стьюдента и в медиане с помощью теста Манна-Уитни по гендерному признаку представлены в таблице 2.

Таблица 2

Определение статистической значимости различий между показателями юношей и девушек

Показатели	Медиана, ДИ		Тест Манна- Уитни	Среднее, ДИ		Тест Стьюдента
	юноши	девушки	p-value	юноши	девушки	p-value
Коэффициент посещаемости	0,28 [0,23; 0,34]	0,49 [0,46; 0,53]	<0,001	0,31 [0,27; 0,34]	0,45 [0,43; 0,47]	<0,001
Баллы за посещение	13,94 [11,54; 17,39]	25,00 [23,28; 26,00]	<0,001	15,30 [13,73; 16,87]	22,43 [21,33; 23,54]	<0,001
Баллы за нормативы	12,50 [10,50; 15,50]	27,50 [25,00; 31,00]	<0,001	16,87 [14,89; 18,85]	25,76 [24,35; 27,18]	<0,001
Всего баллов за год	26,42 [20,54; 37,40]	54,17 [51,90; 56,50]	<0,001	32,17 [28,72; 35,63]	48,19 [45,79; 50,60]	<0,001

* - количество занятий здесь не рассматривается, так как юноши и девушки учатся совместно.

В среднем за год юноши посещают 31% занятий, девушки – 45%, баллов за посещение юноши набирают 15, девушки – 22, баллов за нормативы за год юноши набирают 17, девушки – 26, всего баллов за год юноши набирают 32, девушки – 48. Значения p-value в тесте Стьюдента было мало (меньше 0,001), что свидетельствовало о статистической значимости различий этих показателей между юношами и девушками. Аналогичный результат был получен нами и для медиан показателей, при этом тест Манна-Уитни подтверждал статистически значимые различия (p-value <0,001).

Был выполнен анализ показателей успеваемости студентов отдельно по курсам и в разрезе гендерного фактора в зависимости от курса [2]. Все показатели успеваемости снижались на каждом следующем курсе как у юношей, так и у девушек (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение показателей по курсам и по гендерному признаку

Параметр	1 курс среднее			2 курс среднее			3 курс среднее		
	Юн.	Дев.	Общее	Юн.	Дев.	Общее	Юн.	Дев.	Общее
посещаемость%	0,41	0,56	0,51	0,27	0,42	0,36	0,25	0,35	0,31
Посещаемость, баллы	20,55	27,77	25,57	13,37	21,05	18,10	12,21	17,32	15,62
Сдача нормативов, баллы	24,70	33,29	30,67	13,49	21,73	18,56	12,96	20,87	18,23
Всего	45,26	61,07	56,23	26,85	42,78	36,66	25,17	38,19	33,85

Процентное соотношение снижения успеваемости представлено в табл. 4.

Таблица 4

Динамика успеваемости в процентах, %

Параметр	Снижение 2-го к 1-му			Снижение 3-го к 2-му		
	Юн.	Дев.	Общее	Юн.	Дев.	Общее
Коэффициент посещаемости за год	34	25	29	7	17	14
Баллы за посещение за год	35	24	29	9	18	14
Баллы за нормативы за год	45	35	39	4	4	2
Всего баллов за год	41	30	35	6	11	8
Среднее значение	39	28	33	7	12	9

Наиболее резкий спад успеваемости наблюдается у 2-го курса по сравнению с 1-м как у юношей, так и у девушек. При этом спад успеваемости у юношей (39%) значительно превышает спад успеваемости у девушек (29%) на этом этапе. Однако, на 3-м курсе, по сравнению со 2-м, средний спад успеваемости у девушек (12%), выше, чем у юношей (7%). Хотя общая успеваемость на 3-м курсе у девушек (средний итоговый балл 38,19) остается выше, чем у юношей (средний итоговый балл 25,17 – табл. 3).

Главной характеристикой успеваемости является общее количество баллов, которое рассчитывается сложением баллов за посещение с баллами за нормативы [3]. Структура формирования общего количества баллов отражена в табл. 5.

Таблица 5

Доли баллов за посещение и баллов за нормативы общем количестве баллов

Параметр	1 курс			2 курс			3 курс			Общие
	Юн.	Дев.	Курс	Юн.	Дев.	Курс	Юн.	Дев.	Курс	
Баллы за посещение	45%	45%	45%	50%	49%	49%	49%	45%	46%	47%
Баллы за нормативы	55%	55%	55%	50%	51%	51%	51%	55%	54%	53%

Доли баллов за посещение и баллов за нормативы в итоговой оценке примерно равны, с незначительным перевесом баллов за нормативы.

Наличие корреляция между указанными параметрами описано в табл. 6.

Таблица 6

Корреляция баллов за нормативы с баллами за посещение

Корреляция	Значение
1 курс	0,79
2 курс	0,85
3 курс	0,89
Общая	0,86

Баллы за посещение коррелируют с баллами за нормативы (значения близки к единице), то есть, с высокой вероятностью, чем выше у студента один из параметров, тем выше будет второй.

Можно сформулировать гипотезу о повышении успеваемости за счет посещаемости, которая заключается в том, что при высокой посещаемости у студента будет высокий балл за нормативы и, как следствие, высокий общий балл.

Детализация посещаемости по модулям представлена в табл. 7.

Таблица 7

Посещаемость по модулям

Посещаемость	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4
Общая				
Общая	0,46	0,38	0,37	0,40
По курсу				
1 курс	0,63	0,55	0,51	0,38
2 курс	0,42	0,31	0,34	0,39
3 курс	0,30	0,27	0,24	0,43
По гендерному признаку				
Юноши	0,37	0,27	0,28	0,31
Девушки	0,50	0,44	0,42	0,45
По курсу и гендерному признаку				
Юноши 1 курс	0,53	0,42	0,40	0,29
Девушки 1 курс	0,67	0,60	0,55	0,42
Юноши 2 курс	0,31	0,21	0,26	0,29
Девушки 2 курс	0,48	0,36	0,39	0,46
Юноши 3 курс	0,28	0,18	0,19	0,34
Девушки 3 курс	0,31	0,32	0,27	0,48

Из представленных данных видны следующие характеристики посещаемости по модулям:

- средняя посещаемость в 4-м модуле в основном ниже, чем в 1-м; исключением является третий курс, где как в целом, так и по юношам и девушкам отдельно посещаемость в 4-м модуле выше;
- посещаемости во 2-м и 3-м модулях примерно равны между собой;
- посещаемости во 2-м и 3-м модулях в основном ниже, чем в 1-м и 4-м; исключением является первый курс, где посещаемость постоянно снижается от 1-го модуля к 4-му.

В целом, динамика посещений занятий как по курсам, так и по гендерному признаку практически не отличается.

Заключение

У исследуемой группы студентов по дисциплине элективная физическая культура средняя успеваемость у девушек выше, чем у юношей. Это проявляется как в итоговом среднем балле, так и во всех показателях успеваемости (посещаемость, баллы за нормативы, баллы за посещение).

Средняя успеваемость студентов снижается как от первого курса ко второму, так и от второго курса к третьему.

В связи с тем, что баллы за посещение составляют около 50% в итоговой оценке, а также тем, что баллы за нормативы коррелируют с баллами за посещение, ключевым показателем успеваемости можно считать посещаемость.

В рамках одного курса наиболее высокая посещаемость наблюдается в первом модуле, а наиболее низкая – во втором и третьем, которые примерно равны между собой. Посещаемость в четвертом модуле ниже, чем в первом, но выше, чем во втором и третьем. При этом общая посещаемость с первого курса по третий снижается.

Работа над увеличением посещаемости может увеличить общую успеваемость студентов.

Список литературы

1. Антонова И.Н., Шутова Т.Н., Ефремова Н.Г. Пути развития кафедры физического воспитания в экономическом вузе // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2019. № 1 (167). С. 21–25.

2. Ефремова Н.Г. Тенденции развития студенческого спорта в РЭУ им. Г.В. Плеханова // Физическая культура, спорт и здоровье. 2018. № 32-1. С. 32–36.

3. Носова А.В., Носов С.М. Возможные пути повышения мотивации к занятиям физической культурой и спортом в вузе // Совершенствование системы физического воспитания, спортивной тренировки, туризма и оздоровления различных категорий населения: сб. мат-лов XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. / Под ред. С.И. Логинова, Ж.И. Бушевой. Сургут: ИЦ СурГУ, 2017. С. 352–355.

4. Сысоев Ю.В., Сысоева Е.Ю. Динамика ценностных ориентаций студентов педагогического вуза в период обучения // Сб. науч. трудов межд. науч. конф. 17-18 марта 2016 г. МАНПО. Ч. 1. С. 54–61.

Analysis of student performance 1-3 years of universities in the discipline of elective physical education

Klimkina D. A., *Klimkina.DA@rea.ru*

Shirobokov V. G., *Wpn@inbox.ru*

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow

Abstract. The article presents the results of the analysis of performance on various characteristics of students.

Keywords: attendance, elective physical education, student, analysis.

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
III-й научно-практической конференции
ДЕНЬ СПОРТИВНОЙ ИНФОРМАТИКИ
(всероссийской с международным участием)
3-4 декабря 2019 года

Редакторы:
кандидат технических наук
Тимме Егор Анатольевич,
кандидат физико-математических наук, доцент
Руднев Сергей Геннадьевич

Государственное казенное учреждение «Центр спортивных
инновационных технологий и подготовки сборных команд»
Департамента спорта города Москвы
e-mail: cstsk@mos.ru
сайт: <http://cstsk.ru/>

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Федеральный научный центр физической культуры и спорта» (ВНИИФК)
e-mail: info@vniifk.ru
сайт: <http://www.vniifk.ru/>

Межрегиональная общественная организация
«Ассоциация компьютерных наук в спорте»
e-mail: info@racss.ru
сайт: <https://www.racss.ru/>