

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

А.С. Ушаков, ushakovas74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7591-3678>
Ю.Б. Кораблева, julya-74@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2337-3531>
Е.А. Черепов, cherepovea@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-9741>
С.А. Комельков, komelkovsa@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0067-6591>
А.А. Бакушин, bakushinaa@susu.ru, <https://orcid.org/0009-0004-6075-5189>
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Цель: изучить двигательные звенья специальной функциональной системы у спортсменов высокой квалификации. **Материалы и методы.** Обследовались спортсмены циклических видов спорта и единоборств в возрасте 18–22 лет, спортивной квалификации КМС, МС, МСМК. Число обследуемых варьировало от 10 до 25 человек в каждом виде спорта (всего 520 человек). Регистрация центральной и периферической гемодинамики осуществлялась на компьютерной системе «Кентавр» фирмы «Микролюкс» (Россия), состав тела – на аппарате Tanita BC-418 (Япония), постуральный баланс – на стабилметрической системе фирмы МБН (Россия), пространственные характеристики позвоночника – на Сканере МБН (Россия), динамика функционального состояния дыхательной системы и системы кровообращения – на диагностической аппаратуре SCHILLER (Швейцария), оценка крови, кардиопульмональной системы, газообмена, метаболического состояния – на системном анализаторе АМП (Украина). **Результаты.** Получены характеристики позвоночника, постуральной системы, сегментарного анализа состава тела, кардиопульмональной системы, регуляции показателей центральной гемодинамики. **Заключение.** Моделирование, получение связей интегрального рейтингового показателя и параметров распределения Дирихле предоставляют возможность для прогнозирования спортивной успешности результативности. Каждое из звеньев специальной функциональной системы выполняет регулирующие и управляющие функции.

Ключевые слова: критерии функциональных систем, оценка резервов организма, среднегорье, стресс-реакции, циклические виды спорта, спортивные единоборства

Для цитирования: Физиологические предикторы соревновательной результативности спортсменов высокой квалификации / А.С. Ушаков, Ю.Б. Кораблева, Е.А. Черепов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 1. С. 96–103. DOI: 10.14529/hsm240111

Original article
DOI: 10.14529/hsm240111

PHYSIOLOGICAL PREDICTORS OF ATHLETIC PERFORMANCE IN ELITE ATHLETES

A.S. Ushakov, ushakovas74@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7591-3678>
Yu.B. Korableva, julya-74@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2337-3531>
E.A. Cherepov, cherepovea@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8469-9741>
S.A. Komelkov, komelkovsa@susu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0067-6591>
A.A. Bakushin, bakushinaa@susu.ru, <https://orcid.org/0009-0004-6075-5189>
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. Aim. To investigate the motor components of a specialized functional system in highly skilled athletes. **Materials and methods.** Athletes aged 18–22 years, specializing in cyclic sports and martial arts, with sports qualifications ranging from Candidate for Master of Sport to International Master

of Sport, were assessed. The sample size ranged from 10 to 25 individuals per discipline ($n = 520$). The examination encompassed: central and peripheral hemodynamics, recorded using the Kentavr computer system (Microlux, Russia); body composition measurements, obtained with the Tanita BC-418 (Japan); postural balance, evaluated on a force platform (MBN, Russia); spatial characteristics of the spine, recorded with the MBN Scanner (Russia); changes in the functional state of the respiratory and circulatory systems, monitored with SCHILLER (Switzerland); assessment of blood, cardiopulmonary system, gas exchange, and metabolic state, conducted on the AMP analyzer (Ukraine). **Results.** The study yielded data on spine characteristics, postural system, body composition, cardiopulmonary system, and central hemodynamics. **Conclusion.** By modeling and identifying correlations between the integral parameter and the Dirichlet distribution, it is possible to predict successful sports performance. Each component of the specialized functional system plays a regulatory and management role in optimizing athletic performance.

Keywords: criteria for functional systems, assessment of body reserves, mid-mountain areas, stress reactions, cyclic sports, combat sports

For citation: Ushakov A.S., Korableva Yu.B., Cherepov E.A., Komelkov S.A., Bakushin A.A. Physiological predictors of athletic performance in elite athletes. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(1):96–103. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240111

Введение. Двигательная подсистема спортсменов обладает ресурсами, но не беспредельными, и имеет некие границы истощения резервов. Технологии экспресс-диагностирования и оценочной деятельности позволяют своевременно вносить коррективы в содержание спортивной подготовки, биоуправление и регуляцию звеньев динамичной СФС согласно фазам стабильной и пиковой адаптации. Блоковая организация подготовки позволяет выявить механизмы звеньев динамичной СФС [12, 13, 15].

Цель. Изучить двигательные звенья специальной функциональной системы у спортсменов высокой квалификации.

Материалы и методы. Регистрация центральной и периферической гемодинамики осуществлялась на компьютерной системе «Кентавр» фирмы «Микролюкс», состав тела – на аппарате Tanita BC-418, поструральный контроль – на стабилметрической системе фирмы МБН, пространственные характеристики позвоночника – на Сканере МБН, динамика функционального состояния дыхательной системы и системы кровообращения – на диагностической аппаратуре SCHILLER, оценка крови, кардиопульмональной системы, газообмена, метаболического состояния – на системном анализаторе АМП.

Обследовались спортсмены циклических видов спорта и спортивных единоборств в возрасте 18–22 лет, спортивной квалификации КМС, МС, МСМК. Выборки обследуемых варьировали от 10 до 25 человек в каждом виде спорта. Суммарное количество обследуемых превышало 520 человек. Результаты

рассчитывались с помощью статистического анализа данных SPSS-15.

Результаты исследования. Изучение сегментарного анализа состава тела спортсменов обоего пола выявило относительно низкое содержание жира у представителей лыжных гонок, плавания, легкоатлетического бега (средневикиков, стипль-чеза), спортивного ориентирования, что, по данным ряда исследователей, является результатом конституциональных особенностей спортивного отбора длительной адаптации к физическим нагрузкам у вышеперечисленных видов спорта.

Выявлены информативные показатели, характеризующие различия в проявлении функции равновесия тела высококвалифицированных спортсменов: индекс равновесия, показатели динамического коэффициента равновесия и функциональной стабильности [7].

Ведущими параметрами указанных качеств являются: площадь и длина статокинезиограммы, скорость общего центра давления (ОЦД) в различных плоскостях, детерминирующая контроль положения тела при выполнении ортостатической пробы, среднее положение и дисперсию гравитационной вертикали, кинестезию мышц, упруго-вязкие свойства, позволяющие выявить синдром пострурального дефицита [8, 14].

Индекс устойчивости был выше у девушек в основной стойке в пробах с открытыми и закрытыми глазами, в пробе с закрытыми глазами при повороте головы влево и вправо [4].

Достоверные различия между юношами и девушками выявлены в большинстве показате-

телей при среднем положении ОЦД во фронтальной плоскости. Изучаемые показатели в сагиттальной плоскости были у юношей достоверно выше, чем значения у девушек.

У представителей лыжных гонок, спортивного ориентирования, бега на средние дистанции отмечается высокий уровень СКУ. Полученные нами данные имеют подтверждение в результатах единичных исследований СКУ спортсменов, отраженных в работах А.А. Петровой [6], А.И. Табакова [9].

Представляем новые данные, полученные нами в ходе комплексного анализа 3D-пространства позвоночного столба у спортсменов. Установлена особенность, в наличии сколиотической осанки в грудном отделе позвоночника, достоверно выраженная у девушек [5, 11].

Сравнительный анализ положения угла наклона предплечий и таза в обеих плоскостях выявил относительно выраженный сдвиг у девушек-бегуний ($p \leq 0,01$), что свидетельствует о неравномерном распределении тонуса мышц ротаторов туловища. Вероятно, указанные отклонения являются специфической особенностью беговых видов спорта и формируются в результате многократного повторения упражнения «вход в вираж», когда нагрузка на поздние мышцы туловища слева многократно превышает ее значения справа.

У бегунов выявлены в трех плоскостях достоверные половые различия в длине дуги хорды C1-C7-Th12, Th12-L8, фронтальном прогибе C7-Th12, угле наклона шейного отдела и наклона таза. В сагиттальной плоскости различия выявлялись в показателях длины хорды дуги (C-YZ, Th-YZ, L-YZ), прогибах C7-Th12, Th12-L5, угле наклона поясничного отдела, угле смещения (L-Th).

Анализ пространственного положения грудного и поясничного отделов позвоночника указывает на изменения в физиологических изгибах. В частности, в обеих половых группах установлено наличие сглаженного лордоза в поясничном отделе, тогда как сглаженный кифоз в грудном отделе выявлен только у юношей [11].

Достоверные различия между показателями анализа 3D-пространства туловища у юношей и девушек выявлены практически по всем параметрам, что указывает на половые особенности реагирования ОДА на идентичную мышечную нагрузку [2].

Выявлены ранее не имеющие место дос-

товерные половые различия при пробе «основная стойка» стабилметрических показателей: индекс равновесия, динамический компонент равновесия, коэффициент Ромберга, площадь статокнезиограммы в зависимости от вида спорта, весовых категорий, половых особенностей.

Проведена дифференцированная оценка показателей четырех групп устойчивости у представителей лыжных гонок, конькобежного спорта, спортивного ориентирования, плавания, спортивной борьбы, бега на средние дистанции и стипль-чеза: максимальный – 13 %, среднегрупповой – 57 %, ниже средней – 20 %, низкий – 10 % ($p \leq 0,01-0,05$). У спортсменов-бегунов на средние дистанции количество оценок СКУ ниже среднего и низкой оценок, превышающих модельные значения вышеперечисленных видов спорта ($p \geq 0,05$). В этой связи можно предположить, что отбор по перспективности позволяет интерпретировать данные СКУ и спортивной результативности. У представителей первых четырех видов спорта рейтинг интегральных показателей адаптоспособности и соревновательной результативности был выше в пяти видах спорта, включая стипль-чез. Большее отставание выявлялось у представителей бега на средние дистанции.

Математический анализ с помощью распределения Дирихле позволил выделить 4 группы успешности по результатам физической работоспособности, адаптивности с учетом дифференцированной групповой соревновательной успешности [1] и модели прогнозирования ритма сердца и критериев постурологического контроля – Random Forest [3]. Точность прогноза в плавании – 83 %, беге – 75 %, конькобежном спорте – 85 %, лыжных гонках – 57 %. С помощью метода множественной линейной регрессии разработана модель достижения результативности у бегунов на дистанции 800 м. В качестве переменных предложены характеристики с наиболее «сильными» показателями линейной связи.

Полученные результаты кардиопульмональной системы характеризуют проявление устойчивой фазы адаптации к соревновательному периоду – летнему и зимнему сезону. Установленная вариабельность показателей метаболического состояния связана с фазностью долговременной адаптации спортсменов обоего пола.

Представлены результаты спектрального анализа показателей кровообращения у спорт-

сменов, занимающихся в условиях среднегорья, равнины и реакклиматизации [10].

Проведена оценка регуляции показателей центральной гемодинамики, полученная в результате реализации функциональных проб: активного ортостаза, приседаний, произвольной задержки дыхания на вдохе.

Установлено, что в регуляции показателей центральной гемодинамики у девушек в положении лежа ведущими являются спектры, моделирующие гуморально-гормональную регуляцию функций (P2), симпатических (S), парасимпатических (PS) и барорегуляторных функций (P3). Исходя из этого, можно сделать предварительное заключение о PS-реакции регуляторных механизмов организма девушек. Подобная реакция указывает на экономизацию и снижение напряжения в кардиореспираторной системе у девушек по сравнению с юношами. Можно полагать, что звенья регуляции динамичной СФС подвержены изменениям в разных средовых воздействиях. Например, спектральный анализ кровообращения в пробе с задержкой дыхания в условиях равнины выявил следующее ранжирование факторов регуляции центральной гемодинамики: S-PS и барорегуляторные (P3), гуморально-гормональные (P2), корково-подкорковые (P1) и автономные механизмы.

Представленные данные позволяют заключить, что организм спортсменов находился в формирующей фазе адаптации. Получены показатели, отражающие процентное соотношение диапазонов вариабельности в общем спектре групп сравнения и обследования. Установлено, что P1 – спектр, модулирующий корково-подкорковую регуляцию функций (УНЧ), P2 – спектр, модулирующий гуморально-гормональную регуляцию функций (ОНЧ), P3 – спектр, модулирующий S-PS и барорегуляцию функций (НЧ), P4 – спектр, модулирующий периферическую и PS-регуляцию функций (ВЧ).

Отражена вариабельность частот колебаний среднего динамического АД в группах сравнения и обследования. Можно заключить, что в группе сравнения также доминирует очень низкочастотный компонент на фоне воздействия LF-компонента, модулирующего S-PS и барорегуляцию среднего динамического АД.

Изменения функционального и метаболического состояния бегунов-легкоатлетов, лыжников-гонщиков, ориентировщиков,

конькобежцев, пловцов в условиях срочной и долговременной адаптации являются результатом процесса развития ЛРМВ на фоне воздействия факторов среднегорья. Подобные изменения являются системными и не зависят от пола спортсменов [11].

Для оценки адаптационных возможностей спортсменов применялась ступенчатая эргоспирометрическая проба, выполнение которой вызывало у лыжников-гонщиков, пловцов и ориентировщиков, стипль-чез, бегунов при помощи 180 Вт увеличение ЧСС до 150–180 уд./мин и обеспечивало достижение аэробного порога. Устойчивое состояние сохранялось при помощи 120–180 Вт, при повышении мощности нагрузки до 260 Вт и более регистрировали анаэробный порог переходного состояния и утомления. Вариабельность газообменного коэффициента по ступеням тредмила составляла 0,82–1,32 у. е.

Ранжирование различных уровней мощности эргоспирометрических нагрузок с учетом индивидуальных особенностей метаболического состояния служит основой выявления периодов вработывания, промежуточных и критических зон, утомления и восстановления. Показатели кардиопульмонального ответа и метаболического состояния являются маркерами состояния, позволяющим оптимизировать технологии подготовки и своевременно корректировать состояние спортсменов с учетом экономизации функций.

Тестостерон определяли в моче спортсменов группы обследования, адаптированных к гипоксии верхнего среднегорья. Результаты исследования однозначно показывают превышение фоновых показателей в 2 раза ($p \leq 0,001$). Тестостерон обладает сильным анаболическим действием – стимулирует синтез белков, способствуя развитию гипертрофии мышечной ткани, ускоряет мобилизацию жира из жировых депо. Необходимо отметить снижение аминокислоты тирозина, йодированными производными которой являются тироксин и трийодтеранин, а также тенденцию к снижению тирозиновой кислоты – регуляторной аминокислоты, входящей в состав гормонов щитовидной железы.

Отражено содержание тирозина, которое на 20,20 % ($p \leq 0,01$) ниже фоновых величин в первой фазе и на 26,48 % ($p \leq 0,01$) – во второй развивающейся фазе срочных реакций. При адаптации к гипоксии развивается активация адренергической и гипофизарно-адре-

наловой систем, результатом которой является увеличение в 2 раза гормона тестостерона и снижение на 19,40 % ($p \leq 0,01$) тиреоидного гормона щитовидной железы – производной тирозина (тироксина).

В процессе действия стресс-реакции в начальной стадии срочных реакций адаптации к гипоксии у лыжников-гонщиков, бегунов, конькобежцев, ориентировщиков, тренирующихся в верхнем среднегорье, развивается ферментемия, о чем свидетельствует повышение уровня активности фермента AST на 44,47 % ($p \leq 0,01$) и ALT на 189,44 % ($p \leq 0,001$). Результатом анаболической стадии (II стадия) срочных реакций адаптации является полицитемия (на 26,99 %), увеличение гемоглобина на 27,00 %, гематокрита – на 12,00 %, кислородной емкости крови: поверхности газообмена – на 4–5 %, скорости оксигенации – на 13,40 %, снижения индекса сосудистой проницаемости – на 12,70 %. Метаболические особенности фаз адаптации СФС проявляются в балансе анаболических и катаболических процессов в условиях среднегорья.

Так, на дистанции 1500 м у мужчин и женщин – представителей бега в целом – установлена высокая вариабельность результатов. На данной дистанции мужчины в среднем относительно успешны в весенний, летний и осенний блоки подготовки, снижение результативности отмечается в базовом блоке – зимний сезон. У женщин, напротив, результативным периодом является зимний период подготовки. Большая часть бегуний демонстрировала относительно низкий результат весной [11].

Математически доказана эффективность технологий подготовки в беге на 800 м и 1500 м, что гарантирует прирост результатов. Однако данное положение не подтверждается для стипль-чез, где необходимо совершенствовать технические способности преодоления препятствий и учитывать роль «сбивающих» факторов. Ежегодная совокупная ступенчатая акклиматизация эффективна по срокам пребывания в среднегорье от 90 до 120 дней и реакклиматизации – 20–35 дней [10].

Биопотенциал поверхностной ЭНМГ регистрировался в состоянии расслабления – напряжения с левой и правой стороны тела спортсменов. У обследуемых наблюдалась большая разница амплитуд ЭНМГ в условиях максимального напряжения и расслабления с колебаниями по видам спорта. Суммарная

амплитуда характеризовала количество рекрутированных двигательных единиц по видам спорта с наибольшим показателем у борцов и хоккеистов.

Выявлено доминантное значение ключевых мышц по видам спорта, весовым категориям, специализациям, обеспечивающие энергетические возможности скелетных и дыхательных мышц.

Когерентный анализ межполушарного взаимодействия в альфа-диапазоне в лобно-центральных зонах в группах обследования и сравнения выявил референтные границы показателей, сохранность интеграционных возможностей коры головного мозга у спортсменов высокой квалификации. У лиц с повышенной двигательной деятельностью наблюдалось повышение альфа-ритма в моторных областях коры головного мозга в зависимости от фазы адаптации с вариабельностью показателей соответственно 16 и 35 %. Амплитудные характеристики альфа-ритма в моторных и премоторных областях достигали верхних референтных границ у 78 % обследуемых. Можно полагать, что интегративная деятельность СФС в блоках подготовки приобретает динамичность в разных звеньях ее проявления.

Нам удалось установить предельные границы ЧСС, расходный диапазон сохранности референтного функционирования. Выявлены резерв дыхания, пиковое потребление O_2 , вентиляция, SpO_2 (сатурация), вентиляционные эквиваленты по CO_2 , O_2 , вариативность газообменного коэффициента спортсменов высшей квалификации. Полученные портретные характеристики значительно различаются от показателей спортсменов высокой квалификации и среднестатистического человека, занимающегося двигательной деятельностью. Существенно различались пороги энергообеспечения [10].

Заключение. По завершении исследования можно сделать следующие выводы:

1. Полученные формализованные характеристики позвоночника, смещение общего центра давления позволили вносить коррективы в оценку скелетных мышц, в критерии СКУ: положения голени, колена, бедра, туловища, основной стойки лыжника-гонщика, позного бега, спортивного ориентирования, бега на коньках и особенностей стратегии адаптации СФС.

2. Дифференцированная система концентрированного развития ЛРМВ интервальным

методом тестирующих тренировок в референтных границах пороговых отношений аэробно-анаэробных нагрузок позволяет контролировать двигательные действия посредством оценки реактивности, адаптоспособности звеньев СФС, СКУ, ЭНМГ, ЭЭГ, кислородтранспортной системы, ферментативной и гормональной активности, энергообеспечения и сердечной деятельности. Скелетные мышцы в состоянии расслабления и напряжения зависели от влияния сбивающих факторов.

3. В условиях гипоксии верхнего среднегорья развивается ферментемия, идет увеличение гемоглобина, гематокрита, скорости

оксигенации, содержания тестостерона и снижение тироксина.

4. Установлены энергетические, пороговые уровни, направленность регуляции звеньев СФС: равновесие, СКУ, пороговые различия постурального контроля.

5. Постурологические характеристики стоек в циклических видах спорта обусловлены показателями силоприложения в позах с закрытыми глазами и поворотами головы влево, особенностями прогнозирования изменений ритма и проводимости сердца. Точность прогноза зависит от факторов, лимитирующих работоспособность.

Список литературы

1. Бахарева, А.С. Оценка метаболического состояния лыжников-гонщиков при развитии локально-региональной мышечной выносливости / А.С. Бахарева, А.П. Исаев // *ТиПФК*. – 2016. – № 3. – С. 12–13.

2. Бреслав, И.С. Дыхание и мышечная активность человека в спорте: руководство для изучающих физиологию человека / И.С. Бреслав, Н.И. Вояков, Р.В. Тамбовцева. – М.: Совет. спорт, 2013. – 336 с.

3. Влияние постурального баланса на изменение ритма и проводимости сердца у пловцов / Ю.Б. Кораблева, В.В. Епишев, В.А. Бычковских и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2019. – Т. 19, № S2. – С. 37–44. DOI: 10.14529/hsm19s205

4. Запредельные реакции, резервные возможности, шкалы и персональные характеристики функциональной системы подростков-спортсменов / А.В. Шевцов, Д.О. Малеев, А.П. Исаев, Ю.Б. Кораблева // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2020. – Т. 20, № S2. – С. 7–12.

5. Полифункциональная и метаболическая оценка организма лыжников-гонщиков высокой и высшей квалификации – участников чемпионата России / А.П. Исаев, А.А. Кравченко, В.В. Эрлих и др. // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура»*. – 2012. – № 28 (287). – С. 27–31.

6. Петрова, А.А. Постуральные характеристики бегуний на средние дистанции / А.А. Петрова // *Вестник ЮУрГУ. Серия Образование, здравоохранение, физическая культура*. – 2013. – Т. 13, № 3. – С. 14–18.

7. Романов, Ю.Н. Физиологическое обоснование интегральной подготовки в кикбоксинге / Ю.Н. Романов, А.П. Исаев // *Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. – 2013. – № 2 (96). – С. 144–149.

8. Скворцов, Д.В. Диагностика патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия: монография / Д.В. Скворцов. – М.: Науч.-мед. фирма МБН, 2007. – 640 с.

9. Табаков, А.Е. Показатели статокINETической устойчивости у легкоатлетов различной квалификации, специализирующихся в беге на короткие и средние дистанции / А.Е. Табаков, В.Н. Коновалов, М.Ю. Моор // *проблемы совершенствования физ. культуры, спорта и олимпизма*. – 2015. – № 1-2. – С. 266–272.

10. Управляющие и регулирующие механизмы моделей двигательной специальной функциональной системы спортсменов в блоках многолетней подготовки / А.П. Исаев, В.И. Заляпин, А.В. Шевцов и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2021. – Т. 21, № 4. – С. 115–126. DOI: 10.14529/hsm210414.

11. Эрлих, В.В. Актуальные проблемы адаптации спортсменов к напряженным тренировочно-соревновательным воздействиям в спорте высоких и высших достижений / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, Ю.Н. Романов // *Вестник ЮУрГУ. Серия Образование, здравоохранение, физ. культура*. – 2013. – Т. 13, № 3. – С. 130–135.

12. Assessment of the Offensive Play in Elite Water Polo Using the Team Sport Assessment Procedure (TSAP) over an Entire Competitive Season / A. Perazzetti, M. Dopsaj, M. Mandorino, A. Tessitore // *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. – 2023. – No. 8 (3). – P. 130.

13. Can different variations of suspension exercises provide adequate loads and muscle activations for upper body training? / F. Vural, B. Erman, I. Ranisavljev et al. // *PLoS ONE*. – 2023. – No. 18. – e0291608.

14. Donatelli, R. *Sports – specific rehabilitation* / R. Donatelli. – U.S.A., 2007. – 336 p.

15. Variability and the Correlation of Kinematic and Temporal Parameters in Different Modalities of the Reverse Punch Measured by Sensors / V. Vuković, A. Umek, M. Dopsaj et al. // *Applied Sciences (Switzerland)*. – 2023. – No. 13 (18). – 10348 p.

References

1. Bakhareva A.S., Isaev A.P. [Assessment of the Metabolic State of Cross-Country Skiers During the Development of Local-Regional Muscular Endurance]. *TiPFK [TiPFK]*, 2016, no. 3, pp. 12–13. (in Russ.)

2. Breslav I.S., Voyakov N.I., Tambovtseva R.V. *Dykhaniye i myshechnaya aktivnost' cheloveka v sporte: rukovodstvo dlya izuchayushchikh fiziologiyu cheloveka* [Breathing and Human Muscle Activity in Sports. A Guide for Students of Human Physiology]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2013. 336 p.

3. Korableva Yu.B., Epishev V.V., Bychkovskikh V.A. et al. The Influence of Postural Balance on Changes in Cardiac Rhythm and Conductivity in Swimmers. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. S2, pp. 37–44. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm19s205

4. Shevtsov A.V., Maleyev D.O., Isayev A.P., Korableva Yu.B. Over-the-top Reactions, Reserve Capabilities, Scales and Personal Characteristics of the Functional System of Adolescent Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. S2, pp. 7–12. (in Russ.)

5. Isaev A.P., Kravchenko A.A., Erlikh V.V. et al. Multifunctional and Metabolic Assessment of the Body of High and Highly Qualified Ski Racers – Participants in the Russian Championship. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education, healthcare, Physical Education*, 2012, no. 28 (287), pp. 27–31. (in Russ.)

6. Petrova A.A. Postural Characteristics of Middle Distance Runners. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education, healthcare, Physical Education*, 2013, vol. 13, no. 3, pp. 14–18. (in Russ.)

7. Romanov Yu.N., Isaev A.P. [Physiological Justification for Integral Training in Kickboxing]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University Named After P.F. Lesgafta], 2013, no. 2 (96), pp. 144–149. (in Russ.) DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2013.02.96.p144-149

8. Skvortsov D.V. *Diagnostika patologii instrumental'nymi metodami: analiz pokhodki, stabilometriya: monografiya* [Diagnosis of Pathology Using Instrumental Methods. Gait Analysis, Stabilometry]. Moscow, 2007. 640 p.

9. Tabakov A.E., Konovalov V.N., Moor M.Yu. [Indicators of Statokinetic Stability in Female Athletes of Various Qualifications Specializing in Short and Middle Distance Running]. *Problemy sovshenstvovaniya fizicheskoy kul'tury, sporta i olimpizma* [Problems of Improving Physical Culture, Sports and Olympism], 2015, no. 1–2, pp. 266–272. (in Russ.)

10. Isayev A.P., Zalyapin V.I., Shevtsov A.V. et al. Control and Regulating Mechanisms of Models of the Motor Special Functional System of Athletes in Blocks of Long-Term Training. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 4, pp. 115–126. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210414

11. Erlikh V.V., Isayev A.P., Romanov Yu.N. Current Problems of Adaptation of Athletes to Intense Training and Competitive Influences in High and High Achievement Sports. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education, healthcare, Physical Education*, 2013, vol. 13, no. 3, pp. 130–135. (in Russ.)

12. Perazzetti A., Dopsaj M., Mandorino M., Tessitore A. Assessment of the Offensive Play in Elite Water Polo Using the Team Sport Assessment Procedure (TSAP) over an Entire Competitive Season. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2023, no. 8 (3), p. 130. DOI: 10.3390/jfkm8030130

13. Vural F., Erman B., Ranisavljev I., Dopsaj M., Ozkol M.Z. Can Different Variations of Suspension Exercises Provide Adequate Loads and Muscle Activations for Upper Body Training? *PLoS ONE*, 2023, no. 18, e0291608. DOI: 10.1371/journal.pone.0291608

14. Donatelli R. *Sports – Specific Rehabilitation*. U.S.A., 2007. 336 p.

15. Vuković V., Umek A., Dopsaj M. et al. Variability and the Correlation of Kinematic and Temporal Parameters in Different Modalities of the Reverse Punch Measured by Sensors. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2023, no. 13 (18), p. 10348. DOI: 10.3390/app131810348

Информация об авторах

Ушаков Александр Сергеевич, ассистент кафедры физического воспитания и здоровья, ассистент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Кораблева Юлия Борисовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Черепов Евгений Александрович, доктор педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Комельков Сергей Анатольевич, старший преподаватель кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Бакушин Антон Андреевич, старший преподаватель кафедры физического воспитания и здоровья, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Information about the authors

Alexander S. Ushakov, Assistant of the Department of Physical Education and Health, Assistant of the Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Yulia B. Korableva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Evgeny A. Cherepov, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physical Education and Health, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Sergey A. Komelkov, Senior Lecturer, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Anton A. Bakushin, Senior Lecturer, Department of Physical Education and Health, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.10.2023

The article was submitted 26.10.2023