

## ВОЗРАСТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛЯЦИИ ЗВЕНЬЕВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ПОДГОТОВКИ СПОРТИВНОГО РЕЗЕРВА

**А.П. Исаев<sup>1</sup>, А.В. Шевцов<sup>2</sup>, В.И. Заляпин<sup>1</sup>, И.А. Колпакова<sup>3</sup>, А.И. Ненашев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

<sup>2</sup>Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, г. Санкт-Петербург, Россия,

<sup>3</sup>Военный университет имени князя Александра Невского, г. Москва, Россия

**Цель** – научное обоснование и сопровождение механизмов управления, регуляции динамическими системами в подростковом спорте. **Организация и методы исследования.** Обследовались спортсмены видов спорта, развивающих силовую выносливость. Выборки возрастные и квалификационные были репрезентативны и индивидуально обоснованы. **Оборудование:** весы-анализаторы Tanita BC-418 MA, стабилметрическая система МБН, автоматический анализатор Clinitek Status, портативная экспресс-лаборатория АМП, ЭНМГ, ЭЭГ – «Нейрософт», биоимпедансная установка фирмы «Микролюкс» на основе компьютерной системы «Кентавр», аппарат Digi-Lite фирмы Rimed, эргоспирометрия Oхусон Mobile Pro, статистический анализ SPSS 15. **Результаты.** Обнаружено возрастное увеличение работы сердца до 0,93 Дж обследуемых спортсменов 14–15 лет и снижение работы миокарда в 16–17 лет. Наблюдалось снижение сократительных свойств миокарда (50,82 %), напряжение метаболического состояния, обусловленное снижением рН крови (7,32 у. е.). **Заключение.** Существуют пороговые изменения ЧСС, потребления O<sub>2</sub>, выделения CO<sub>2</sub>, лактата, газообменных процессов, температуры адекватных сосудодвигательных реакций, потоотделения в зависимости от мышечных тепловых нагрузок. Регуляция ритмов осуществляется в основном ДС и гипоталамо-гипофизарной системой. Гормоны гипофиза, витамины и химические элементы в экстремальных условиях оказывают калоригенное действие.

**Ключевые слова:** система подготовки спортивного резерва, технологии, мониторинг звеньев СФС, пригодность, перспективность, модель, успешность.

**Введение.** Технологии подготовки спортивного резерва включают возрастные, спортивно-квалификационные, управляющие, регулирующие и контролируемые звенья специальной функциональной системы (СФС), оценочной, диагностирующей деятельности, обуславливающей успешную спортивную подготовленность, надежность, мониторинг и соревновательную результативность [2, 3, 10, 18, 19, 34, 35].

Исследования звеньев СФС вызвали необходимость изучения процессов интеграции, логистики, синергетики и системологии в сравнении групповых и индивидуальных моделей стабильности психофизиологического (ПФП) и спортивного потенциала в условиях успешной соревновательной результативности. Отдельные попытки создания индивидуальных моделей были предприняты И. Тер-Ованесяном, А.П. Бондарчуком, Б.Н. Шустовым, А.А. Новиковым и др. Однако модели

сильнейших спортсменов были односторонними, не отражающими интегративную деятельность звеньев двигательных СФС. Пиковая фаза адаптации позволяет поддерживать состояние максимальной, специальной работоспособности не более двух недель [4]. После этого разрушается старая СФС, идет восстановление ее звеньев и формируется новая динамичная СФС, обуславливающая успешную спортивную результативность.

**Организация и методы исследования.** Совокупные технологии развития локально-региональной мышечной выносливости (ЛРМВ), формирование устойчивости к гипоксии, статокINETической устойчивости представлены в наших монографиях [9, 19]. Обследовались спортсмены видов спорта, развивающих силовую выносливость (циклические виды, противоборства, обеспечивающие скоростно-силовую, целевую точность – борьба, кикбоксинг, тяжелая атлетика). Вы-

борки возрастные и квалификационные были репрезентативны и индивидуально обоснованы.

Определение компонентного состава тела проводилось на анализаторе Tanita BC-418 MA (Япония), постурологический контроль – на стабилметрической системе МБН (РФ), биохимический анализа состава мочи – на автоматическом анализаторе Clinitek Status (Германия). Использовалась портативная экспресс-лаборатория АМП (Украина) для комплексного анализа звеньев СФС. Для расчета регуляции звеньев симпатико-парасимпатических оценок регистрировалось электрокожное сопротивление – ЭКС (ЭНМГ, ЭЭГ – «Нейрософт») (РФ). Показатели центральной и периферической гемодинамики оценивались биоимпедансной установкой фирмы «Микролюкс» на основе компьютерной системы «Кентавр» (РФ). Ультразвуковая доплерография артерий головы производилась на аппарате Digi-Lite фирмы Rimed (Израиль), эргоспирометрия с дозированной физической нагрузкой – на Oхусон Mobile Pro (Германия). Статистическая обработка материала проводилась с помощью профессионального статистического анализа SPSS 15 [17].

В интервальных тренировках интенсивность в условиях формирования устойчивости к гипоксии снижается на 6 % от обычной, а МПК – до 65 %.

В условиях интегральной реактивности и резистентности организма при применении скоростно-силовых ДД и статокINETической устойчивости (СКУ) использовались релаксационно-восстановительные и реабилитационные комплексы управляющего, регулирующего и корригирующего вектора воздействия на звенья СФС (двигательные, вегетативные, психофизиологические, гормональные и иммунологические). Из средств физической подготовки применялся стретчинг, сочетанные физиотерапевтические, бальнеологические процедуры, специализированное питание, биохимические элементы, витамины, иммуномодуляторы. Суммарный охват обследуемых спортсменов превышал 1000 человек.

Модернизация системы подготовки, мониторинг, диагностика состояния и подготовленности, развития устойчивой долговременной адаптации, выявление двигательных способностей и интеллекта, резервов, возможностей обусловила СФС в группах обследования

и традиционных технологий подготовки в группах сравнения. Поэтапно решались задачи сохранения спортивного потенциала (двигательная система с управляющими, регулирующими и контролирующими механизмами с обратной связью, переработкой информации и принятия решения). Концентрированное развитие ЛРМВ проводилось 3 раза в неделю через день и занимало согласно возрасту 60, 50, 40 %. Устойчивость к гипоксии проводилась ежедневно согласно правилам задержки дыхания.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Тотальные, возрастные и квалификационные характеристики, состав компонентов тела согласуются с рекомендованными Т.Ф. Абрамовой и др. Нами [6] показано, что в подростковом возрасте 12–17 лет у спортсменов выявлено повышение времени большого круга кровообращения ( $27,40 \pm 1,60$  при норме 16–23 с), ударного объема ( $50,70 \pm 1,87$  при норме 65–68 мл), ширины 3-го желудочка головного мозга ( $6,40 \pm 0,06$  при норме 4–6 мм), рабочего уровня потребления  $O_2$  ( $62,00 \pm 1,70$  при норме 45–60 %), времени однократной нагрузки ( $17,00 \pm 1,50$  при норме 9–10 мин), потребления  $O_2$  на 1 кг массы тела ( $10,00 \pm 0,67$  при норме 4–6 ед.), потребления  $O_2$  в покое ( $276,00 \pm 18,00$  при норме 200–250 мл), работы сердца ( $0,89 \pm 0,02$  при норме 0,70–0,80 Дж).

Рассчитаны корреляции: АД и УО ( $r = 0,92$ ), АД и МОК ( $r = 0,91$ ), ФВ и амплитудой пульсации аорты (АПА) ( $r = 0,83$ ), АД и ФВ ( $r = 0,80$ ), АД и АПА ( $r = 0,74$ ), АД и ДВА ( $r = 0,60$ ). Сила связей УО и ФВ ( $r = 0,71$ ), УО и АПА ( $r = 0,68$ ), УО и дыхательной волны аорты (ДВА) ( $r = 0,66$ ), МОК и ФВ ( $r = 0,77$ ), МОК и АПА ( $r = 0,74$ ), МОК и ДВА ( $r = 0,69$ ).

По блокам подготовки детерминация обусловила связи между компонентами тренировочной нагрузки и значениями силовой выносливости. Концепция долговременной тканевой адаптации и механизмы двигательной СФС требуют новых интерпретаций [12, 21].

Приводим показатели звеньев аэробных возможностей у пловцов, лыжников-гонщиков и дзюдоистов трех условных весовых категорий (табл. 1).

Резервные возможности звеньев СФС обусловлены степенью утомления и обратной зависимостью этих процессов. Показатели реактивности, резистентности, переносимости нагрузок, снижения напряженности, эконо-

мичности, устойчивости, стабильности и способности к переключениям, взаимозаменяемости СФС проявляются в тестирующих тренировках и интервальных методах ДД [24].

Интеграция и корреляции охватывают звенья гемодинамики, вегетативной реактивности, электроэнцефалографических показателей. Сила связей соответственно была между показателями ЭКС, высокочастотными волнами фракции выброса  $r = 0,86$ , медленных колебаний –  $r = 0,86$ , высокочастотных P4 –  $r = 0,82$ ; медленных P3 ФВ –  $r = 0,76$ , Хитер-индексом  $r = -0,64$ .

Амплитуда и частота ЭЭГ коррелировали с показателями фракции выброса (ФВ) (дыхательные волны), частота – с абсолютной мощностью пульсации мелких сосудов ( $r = 0,59$ ). Фракция выброса и Хитер-индекс обусловили сильную силу связей с БЭА и ЭКС. При этом фаза предызгнания и фаза изгнания миокарда зависели от частотно-амплитудных характеристик ЭЭГ и ЭКС конечностей. Хитер-индекс – показатель сократимости сердца, обусловленный частично-амплитудными колебаниями БЭА мозга и ЭКС, отражающий регуляцию ВНС. Усматривались связи между очень медленными волнами показателей / VLF P2, индексом напряжения, серединой спектра колебаний пульсации аорты и звеньями СФС (ЭКГ, ЭЭГ). Контролирующие функции БЭА рассмотрены К. Davids et al. [29].

Можно полагать, что звенья СФС обусловлены возрастом, полом, системой ДД, технологиями спортивной подготовки, оценочной деятельностью, диагностикой. В возрасте 17 лет у юношей и 15 лет у девушек завершается пубертатный период в условиях многолетней подготовки спортивного резерва.

В последовательном проявлении фаз адаптации наблюдается активация гормонов – катехоламинов, кортизола, ингибирование инсулина, повышение индекса стрессированности, фагоцитоза, мочевины в блоках, развивающих силовую выносливость, обуславливаются механизмы восполнения запасов углеводов из продуктов белкового обмена и механизмов. Активация этих процессов может усиливать ингибирование гормонального звена иммунологической резистентности (тестостерон), отношение содержания тестостерона к кортизолу и переутомление [24].

Восстановление двигательных звеньев СФС в своей последовательности представляет интегративный процесс рецепторов, импульсов «думающих» мышц, рефлексов, мотонейронов, интеграции нейронных соединений на подкорковом и корковом уровне моторных областей мозга [23]. Процессы хемилюминесценции обуславливают интенсивность проявления перекисного окисления липидов (ПОЛ) в мембранах нейтрофилов (Нф), свидетельствующих о метаболическом стрессе.

**Аэробные возможности спортсменов разных видов спорта  
Aerobic performance in athletes of different sports**

| Вид спорта<br>Sport   | Жизненная емкость<br>легких, мл<br>Vital capacity, ml | Максимальное<br>потребление<br>кислорода, мл/кг/мин<br>Maximum oxygen<br>consumption,<br>ml/kg/min | Максимальное<br>потребление<br>кислорода, л<br>Maximum oxygen<br>consumption, l | Максимальная<br>вентиляция легких,<br>л/мин<br>Maximum breathing<br>capacity, l/min |
|---|---|--|---|---|
| Спортивное плавание<br>Swimming   | 4800,00–5200,00                                       | 64–70  | 3,40–4,20   | 141–150   |
| Лыжники-гонщики<br>Cross-country skiing                                 | 4500,00–5800,00                                       | 66–72  | 3,25–4,15   | 145–155   |
| Дзюдо<br>(условная легкая<br>весовая категория)<br>Judo (lightweight)   | 3980,00–4400,00                                       | 62–69  | 4,59–4,64   | 125–130   |
| Дзюдо<br>(условная средняя<br>весовая категория)<br>Judo (middleweight) | 4250,00–4690,00                                       | 55–59  | 4,50–4,80   | 130–135   |
| Дзюдо<br>(условная тяжелая<br>весовая категория)<br>Judo (heavyweight)  | 4600,00–5200,00                                       | 49–52  | 5,04–5,17   | 125–130   |

Выход Нф в мышечные волокна вызывает повреждение структур, требующих реабилитации. В условиях экстремальных нагрузок у ряда спортсменов (26 %) наблюдалось расшатывание иммунологической резистентности [19].

У спортсменов, развивающих силовую выносливость, снижается плазменный клиренс глюкозы и глюконеогенез, наблюдается увеличение средних молекул вследствие резервов метаболизма и расслабления свободных жирных кислот. Нами выявлено изменение биохимических показателей у юных дзюдоистов (16–17 лет, I разряд, КМС) под воздействием нагрузок ударного свойства двух недель. Достоверно повышались показатели КФК, средних молекул, окисление липидов, активность плазмы, мочевины. Снизилась показатели потребления глюкозы. Индикаторы двигательной системы обуславливают изменения упруго-вязких свойств скелетных мышц.

В результате действия гипоксии проявляется ацидоз соединительных тканей. В частности, в верхнем среднегорье проявляется гипербарический синдром, перестройка регуляции, управление в звеньях двигательной СФС.

Энергоносители в условиях развития силовой выносливости находились в крайних референтных границах или выходили за их диапазон. Повышенные значения наблюдались в показателях: базального давления сфинктера Одди ( $41,50 \pm 2,15$  при норме 35–47 мм/ч), определяющего гемодинамический эффект; триглицеридов ( $1,85 \pm 0,05$  при норме 0,55–1,85 ммоль/л) – ведущих звеньев энергообеспечения, липопротеидов высокой плотности –  $1,90 \pm 0,05$  при норме 0,78–1,74 ммоль/л; внутриклеточной воды –  $22,50 \pm 0,75$  при норме 17–22 %. Ниже нормы были показатели липопротеидов очень низкой плотности ( $1,90 \pm 0,08$  при норме 2,35–2,43 ммоль/л), общей воды –  $42,81 \pm 0,85$  при норме 44–60 %. Выше референтных границ были показатели общего, прямого, непрямого коэффициента Де Ритиса –  $1,32 \pm 0,08$  при норме  $1,33 \pm 0,42$  у.е.

Метаболическая адаптация к тренирующим, тестирующим нагрузкам обусловлена повышением кислородтранспортной способности мышц, механизмами глюкозы [15, 16].

Важным становится креатинкиназный механизм у представителей скоростно-силовых видов спорта для борцов, тяжелоатлетов, ме-

тателей, обуславливающий молекулярно-физиологическую основу двигательного качества быстроты [22]. Оценка энерготрат определяется количеством неорганического фосфата Нф в моче. Высокий уровень Нф выявился у 35 % представителей спортивного резерва, средний – у 50 %, низкий – у 15 % ( $n = 150$ ).

Множественные корреляции, полученные между показателями спортивной результативности и интегральными характеристиками электрокардиографии, равнялись 0,72 ( $p < 0,05$ ), кардиореспираторной системы – 0,69 ( $p < 0,05$ ), гуморального иммунитета – 0,56 ( $p < 0,05$ ), секреторного звена – 0,49 ( $p < 0,05$ ). У девушек циклических видов спорта от 12–13 лет к 16–17 годам под воздействием эргоспирометрической нагрузки по сравнению с фоном наблюдались достоверные изменения в механизмах регуляции, объемных, частотных характеристик внешнего дыхания, вентиляционных эквивалентов и давления  $O_2$  и  $CO_2$ , дыхательного коэффициента в покое, объемных характеристик газообмена, кислородного пульса, диастолического артериального давления ( $P < 0,001$ ). При нагрузке мощностью 140–170 Ватт в условиях аэробного порога выявлены статистически значимые сдвиги в объеме потребляемого  $O_2$  ( $P < 0,05$ ), показателях кислородного пульса, диастолического артериального давления, объема вдыхаемого воздуха и дыхательного объема ( $P < 0,01$ ).

Содержание ацетилхолина было маловариативным от 12 до 15 лет и затем повышалось в зависимости от содержания глютаминовой кислоты. Показатели кровотока на 100 г ткани, время кровообращения большого круга в возрастном аспекте увеличивались [19].

У девушек выявлены достоверные изменения в содержании гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, лимфоцитов, тромбоцитов, гематокрита, липопротеидов низкой плотности, общей воды, тестостерона мочи и амилазы ( $P < 0,05–0,001$ ). У девушек наблюдалось последовательное повышение фермента амилазы. Повышалось содержание триглицеридов в мышцах при сохранной активности АТФ-активируемой протеиназы, соответственно блокируя синтез жирных кислот и активируя их окисление. При интенсивном выполнении силовых упражнений ее активность снижается [1].

Существенно изменялись под воздействием эргоспирометрической ступенчатой нагрузки (3×4 мин, 100, 160, 220, 300 Вт,

60 об/мин) от фона к аэробному порогу и максимальной нагрузке у подростков 12–13, 14–15 и 16–17 лет следующие показатели: объемные, частотные, скоростные характеристики внешнего дыхания, дыхательный коэффициент, частота сердечных сокращений, вентиляционные эквиваленты давления  $O_2$  и  $CO_2$  ( $P < 0,05–0,001$ ). В условиях аэробного порога мощность нагрузки соответственно колебалась в диапазоне 136–180 Вт и вызывала достоверные изменения объемных и скоростных характеристик дыхания, систолического артериального давления, вентиляционных эквивалентов и давления  $O_2$  и  $CO_2$  в конце вдоха и выдоха ( $P < 0,05–0,01$ ). При максимальной нагрузке изменились показатели объема потребления кислорода на кг массы тела ( $P < 0,001$ ).

При нагрузке мощностью 140–170 Вт в условиях аэробного порога выявлены статистически значимые сдвиги в объеме потребляемого  $O_2$  ( $P < 0,05$ ), показателях кислородного пульса, диастолического артериального давления, объема вдыхаемого воздуха и дыхательного объема ( $P < 0,01$ ). При максимальной нагрузке мощностью 170–190 Вт достоверно изменились показатели объема потребляемого  $O_2$  и дыхательный объем ( $P < 0,05–0,01$ ).

Ранг выступления на соревнованиях (дзюдо, кикбоксинг) имеет стабильные связи со средним арифметическим рангом отдельной группы тестов. Это позволяет сделать вывод о том, что на спортивный результат влияет не одно какое-либо качество, а их комплексные проявления в двигательной системе управления и регуляции СФС [8, 19]. Мышцы, обуславливающие ДД в пространстве, времени и ускорений, обладают способностью сокращаться и выполнять сложные технико-тактические движения. Развивается теория динамических систем в спорте [35], модели прогноза в спорте [9, 30, 32].

Физическая работоспособность спортсменов связана со значениями ЦОРК и объемом нагрузки – средняя сила зависимости ( $r = 0,55$ ;  $P < 0,05$ ), между показателями ранга спортивного мастерства (РСМ) и пробами окраски ЦОРК ( $r = 0,65$ ;  $P < 0,01$ ). Выявлялся высоко-развитый путь креатинфосфатный, составляющий 40 %, средний – 50 % и 10 % – низкий. Значения ЦОРК у МС составил  $53,40 \pm 1,98$ , у КМС –  $41,17 \pm 1,35$ .

В этом процессе изменений звеньев двигательной, соединительной ткани у спортсменов ускоряется митоз и клеточное взаимодей-

ствии [19]. Интегративный подход обуславливает регулирующие и управляющие функции звеньев СФС в условиях применения новых технологий системы подготовки спортивного резерва.

Тестирующие тренировки (ТТ) вызывали уменьшение внутримышечных запасов гликогена в быстросокращающихся мышечных волокнах [25]. Порядок восстановления после ТТ выглядел следующим образом в звеньях СФС: показатели кардиореспираторной системы (частотные, объемные), сенсомоторные интеграции, полидинамометрические, временные параметры напряжения и расслабления мышц, обеспечивающих специальную ДД [7, 19, 27]. Большие группы мышц, задействованных в основных упражнениях, восстанавливаются медленнее по сравнению с мелкими, имеющими важное значение в ДД.

Утомление обусловило нарушение управления и регуляцию звеньев постурального контроля, полидинамометрии, требующие в дальнейшем применение восстановительно-корреляционных технологий в дни отдыха [6].

В условиях соревнований проявлялась гипоксия, активация фосфолипидов и нейтральных липидов и, как следствие, симпатoadреналовых стресс-напряжений. Антистрессорные гематологические звенья СФС, кислородобеспечивающей и защитной функций, позволяли оценивать степень напряжения, переносимость нагрузок, надежность и готовность юных спортсменов к успешному выступлению в социально значимых соревнованиях в 16–17 лет и старше [14, 28, 33].

Своевременное включение в систему подготовки восстановительно-поддерживающих блоков в блоках подготовки – в том числе средств восстановления: баня-сауна, кислородные системы, витамины, химические элементы, бальнеологические и физиотерапевтические технологии – оправдало себя [11].

**Заключение.** Научно-исследовательский центр спортивной науки Института спорта, туризма и сервиса Южно-Уральского государственного университета за 25 лет сформировал блоки современного инструментария для получения информации для интеллектуального анализа. Авторы подошли к построению индивидуальных моделей, исходя из мониторинга состояний и прогнозирования спортивной результативности.

Оценка стресс-напряжения проводилась в условиях социально значимых соревнований

(область, УРФО, Россия) интегральными рейтинговыми показателями, включающими психофизиологическую устойчивость: показатели кардиореспираторной системы (ЧСС, АД, ЧД), БЭА мозга, баллы САН, вегетативного индекса, ЭКС. Выявленные половые (гендерные) особенности с приоритетом у девушек по сравнению с юношами утром после пробуждения ( $P < 0,05$ ), еще более яркие изменения перед стартами ( $P < 0,01$ ) снижали степень напряжения после завершения соревнований ( $P < 0,05$ ).

Под воздействием аэробной тренировки происходит увеличение содержания миоглобина при развитии скоростно-силовых качеств, но без увеличения утилизации  $O_2$ . Интенсивно работающие мышцы испытывают недостаток  $O_2$ , а часть МК не может окислиться до  $H_2O$  и  $CO_2$  и проявляется кислородная задолженность [31]. Жирные кислоты используются как источники энергообеспечения в скелетных мышцах и могут активировать глюконеогенез в печени [16]. Островковый аппарат поджелудочной железы секретирует инсулин, глюкагон [13, 20, 26].

Максимальный сердечный выброс (СВ) у спортсменов увеличивается во время выполнения ДД в 6–8 раз и зависит от длины соревновательной дистанции. Дополнительное увеличение СВ возможно лишь через увеличение ЧСС. Во время ЧСС и УО миокарда увеличиваются до 95 % от их максимальных уровней [6]. Повышение СВ достигает 90 %, а УО и легочной вентиляции – 65 % от своего максимума. Следовательно, ССС играет большую роль в достижении  $VO_{2max}$ , чем дыхательная система, поскольку утилизация  $O_2$  организмом никогда не может быть больше скорости транспорта  $O_2$  к тканям ССС [5].

### Литература

1. Бахарева, А.С. Физиологическая адаптация к большим тренировочным нагрузкам, развивающим выносливость / А.С. Бахарева, А.П. Исаев // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 29–33.
2. Биологические и социальные интеграции в системе спортивной подготовки и эффективной адаптации человека / А.П. Исаев, А.В. Ненашева, Д.О. Малеев и др.; под ред. А.П. Исаева, В.В. Эрлиха, А.В. Шевцова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2020. – 406 с.
3. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.А. Осипенко, С.Н. Корсун. – М.: Олимп. лит., 2000. – 503 с.
4. Волков, В.Н. Иммунология спорта / В.Н. Волков, А.П. Исаев, Х.М. Юсупов. – Челябинск: ЦНТИ, 1996. – 334 с.
5. Гайтон, А.К. Медицинская физиология / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл. – М.: Логосфера, 2008. – 1296 с.
6. 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.
7. Исаев, А.П. Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва в системе многолетней подготовки: моногр. / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 502 с.
8. Исаев, А.П. Адаптация человека к спортивной деятельности / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров; под науч. ред. Г.Г. Наталова. – Ростов н/Д.: РГПУ, 2004. – 236 с.
9. Исаев, А.П. Локально-региональная мышечная выносливость в системе подготовки и адаптации бегунов и лыжников-гонщиков в условиях равнины и среднегорья: моногр. / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, В.Б. Ежов. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2014. – 286 с.
10. Колебательная активность показателей функциональных систем организма спортсменов и детей с различной двигательной активностью: учеб. пособие / А.П. Исаев, Е.В. Быков, А.Р. Сабирьянов и др.; под ред. А.П. Исаева, Е.В. Быкова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 238 с.
11. Латков, Н.Ю. Вопросы питания в спорте высших достижений: монография / Н.Ю. Латков, В.М. Позняковский. – Кемерово: Кемеров. технол. ин-т пищевой пром-сти, 2016. – 213 с.
12. Леманн-Хорн, Ф. Двигательные системы / Ф. Леманн-Хорн // *Физиология человека с основами патофизиологии* / пер. с нем. М.А. Калининой; под ред. Р.Ф. Шмидта и др. – М.: Лаборатория знаний, 2019. – 537 с.
13. Людина, А.Ю. Оценка энергообмена и скорости окисления жиров у лыжников-гонщиков в состоянии покоя и при физиче-

ской нагрузке «до отказа» / А.Ю. Людина, Т.П. Логинова, Н.Г. Варламова // Актуал. проблемы биохимии и биоэнергетики спорта XXI в.: материалы Всерос. науч.-практ. интернет-конф. – М., 2017. – С. 110–113.

14. Малеев, Д.О. Применение средств респираторной гипоксической гиперкапнической нагрузки в подготовке лыжников-гонщиков высокой квалификации / Д.О. Малеев // Человек. Спорт. Медицина. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 13–17. DOI: 10.14529/hsm160102

15. Мкртумян, А.М. Формирование эффективной адаптации к стрессу у спортсменов олимпийского резерва: моногр. / А.М. Мкртумян; под науч. ред. А.П. Исаева и А.Т. Арутюнова. – М.: Принт-Ателье, 2009. – 192 с.

16. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки: пер. с англ. / Р. Мохан, М. Глессон, П.Л. Гринхафф. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 294 с.

17. Наследов, А.Д. SPSS-15. Профессиональный статистический анализ данных / А.Д. Наследов. – СПб.: Питер, 2008. – 416 с.

18. Ратов, И.П. Концепция «искусственная управляющая среда», ее основные положения и перспективы использования. – М.: ВНИИФК, 1996. – С. 129–148.

19. Система подготовки спортивного резерва: возрастные особенности эффективной адаптации и сохранности здоровья подростков / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, А.В. Шевцов, Д.О. Малеев. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – 500 с.

20. Скальный, А.В. Питание в спорте: макро- и микроэлементы / А.В. Скальный, З.Г. Орджоникидзе, А.Н. Катулин. – М.: Городец, 2005. – 143 с.

21. Судаков, К.В. Физиология. Основы и функциональные системы: курс лекций / под ред. К.В. Судакова. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.

22. Фомин, Н.А. Адаптация: общебиологические и психофизиологические основы: моногр. / Н.А. Фомин. – М.: Теория и практика физ. культуры, 2003. – 383 с.

23. Физиология человека с основами патофизиологии: в 2 т. / под ред. Р.Ф. Шмидта, Ф. Ланга, М. Хекманна; пер. с нем. М.А. Каменской и др. – М.: Лаборатория знаний, 2019. – Т. 1. – 537 с.

24. Фундаментальные и прикладные аспекты адаптоспособности, реактивности и

регуляции организма спортсменов в системе спортивной подготовки (питание, пищеварение, восстановление и энергообеспечение): моногр. / под ред. А.П. Исаева, В.В. Эрлиха. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2017. – С. 20–193.

25. Хочачка, П. Биохимическая адаптация: пер. с англ. / П. Хочачка, Дж. Сомеро. – М.: Мир, 1988. – 597 с.

26. Цыган, В.Н. Спорт. Иммунология. Питание: моногр. / В.Н. Цыган, А.В. Скальный, Е.Г. Мокеева. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2012. – 240 с.

27. Эрлих, В.В. Системно-синергетические интеграции в саморегуляции гомеостаза и физической работоспособности человека в спорте: моногр. / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, В.В. Корольков. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2012. – 266 с.

28. Combining hypoxic methods for peak performance / G.R. Millet, B. Roels, J. Sclunitt et al. // Sport-Med. – 2010. – Vol. 40, no. 1. – P. 1–25.

29. Davids, K. Deconstructing neurobiological coordination the role of the biomechanics motor control nexus / K. Davids // Exer. and Sport Sci. ret. – 2010. – Vol. 38. – No. 2. – P. 86–90.

30. Identifying the Discriminative Predictors of Upper Body Power of Cross-Country Skiers Using Support Vector Machines Combined with Feature Selection / M.F. Akay, F. Abut, M. Ozciloglu, D. Heil // Neural Computing and Applications. – Vol. 27, No. 6. – P. 1785–1796.

31. Leatherwood, W.E. Effect of airline travel on performance: a review of the literature / W.E. Leatherwood, J.L. Drago // Br. J. Sports Med. – 2013. – Vol. 47. – P. 561–567.

32. Papić, V. Expert system for identification of sport talents: Idea, implementation and results. INTECH Open Access Publisher / V. Papić, N. Rogulj, V. Pleština. – 2011.

33. Robertson, E.Y. Effects of simulated and real altitude exposure in elite swimmers / E.Y. Robertson et al. // J Strength Cond Res. – 2010. – Vol. 24. – P. 487–493.

34. Teo, W. Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation / W. Teo // J. of Sports Science and Medicine. – 2011. – Vol. 10. – P. 600–606.

35. Understanding social motor coordination / R.C. Schmidt, P. Fitzpatrick, R. Caron, J. Mergeche // Human Movement Science. – 2011. – Vol. 30 (5). – P. 834–845.

**Исаев Александр Петрович**, заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. ORCID: 0000-0003-2640-0240.

**Шевцов Анатолий Владимирович**, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физической реабилитации, Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта. 190121, г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, 35. E-mail: sportmedi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9878-3378.

**Заляпин Владимир Ильич**, кандидат физико-математических наук, профессор кафедры математического анализа и методики преподавания математики, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: zaliapinvi@susu.ru, ORCID: 0000-0001-6981-6305.

**Колпакова Ирина Александровна**, младший научный сотрудник, Военный университет имени князя Александра Невского. 123001, г. Москва, ул. Б. Садовая, 14. E-mail: Kirisha@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-1703-9732.

**Ненашев Александр Игоревич**, студент кафедры теории и методики физической культуры и спорта Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: genri50374@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6881-8963.

*Поступила в редакцию 5 сентября 2021 г.*

---

DOI: 10.14529/hsm21s203

## AGE-ASSOCIATED TECHNOLOGIES AND CONTROL MECHANISMS OF SPECIAL FUNCTIONAL SYSTEMS IN SPORTS RESERVE TRAINING

**A.P. Isaev**<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0003-2640-0240,

**A.V. Shevtsov**<sup>2</sup>, sportmedi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9878-3378,

**V.I. Zalyapin**<sup>1</sup>, zaliapinvi@susu.ru, ORCID: 0000-0001-6981-6305,

**I.A. Kolpakova**<sup>3</sup>, Kirisha@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-1703-9732,

**A.I. Nenashev**<sup>1</sup>, genri50374@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6881-8963

<sup>1</sup>South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

<sup>2</sup>Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg, Russian Federation,

<sup>3</sup>A. Nevskiy Military University, Moscow, Russian Federation

**Aim.** The paper aims to provide scientific basis and support for the control mechanisms of dynamic systems in adolescent athletes. **Materials and methods.** Athletes involved in strength endurance training were examined during the study. The choice of study sample in terms of age and skill levels was explained. The following equipment was used for the purpose of the study: Tanita BC-418 MA segmental body composition analyzer, MBN force platform, Clinitek Status urine analyzer, AMP portable express laboratory, EMNG and EEG systems (Neurosoft), bioimpedance system (Microlux), Digi-Lite system (Rimed), Oxycon Mobile Pro system, SPSS 15 statistical software. **Results.** In athletes aged 14-15 years, an age-related increase in cardiac performance up to 0.93 J was identified. In athletes aged 16-17 years, decreased myocardial performance was recorded. Other important observations in the sample under study were associated with a decrease in the contractile properties of the myocardium (50.82%) and metabolic stress provoked by changes in blood pH (7.32 c.u.). **Conclusion.** There are threshold changes in heart rate, O<sub>2</sub> consumption, CO<sub>2</sub>, lactate, gas exchange, temperature of adequate vasomotor reactions



and sweating depending on muscle heat production. Rhythm regulation is mostly associated with the respiratory and hypothalamic-pituitary systems. Pituitary hormones, vitamins and chemical elements in extreme conditions provide the so-called calorific effect.

**Keywords:** sports reserve training, technologies, special functional system, monitoring, model, athletic performance.

### References

1. Bakhareva A.S., Isayev A.P. Physiological Adaptation to Large Training Loads that Develop Endurance. *Human. Sport. Medicine*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 29–33. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm160104
2. Isayev A.P., Nenasheva A.V., Maleyev D.O. et al. *Biologicheskkiye i sotsial'nyye integratsii v sisteme sportivnoy podgotovki i effektivnoy adaptatsii cheloveka* [Biological and Social Integration in the System of Sports Training and Effective Human Adaptation]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2020. 406 p.
3. Volkov N.I., Nesen E.N., Osipenko A.A., Korsun S.N. *Biokhimiya myshechnoy deyatel'nosti* [Biochemistry of Muscle Activity]. Moscow, Olympic Literature Publ., 2000. 503 p.
4. Volkov V.N., Isayev A.P., Yusupov Kh.M. *Immunologiya sporta* [Sports Immunology]. Chelyabinsk, TsNTI Publ., 1996. 334 p.
5. Gayton A.K., Khol Dzh.E. *Meditinskaya fiziologiya* [Medical Physiology]. Moscow, Logosfera Publ., 2008. 1296 p.
6. Shevtsov A.V., Maleyev D.O., Isayev A.P., Korableva Yu.B. Outrageous 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.)
7. Isayev A.P., Erlikh V.V. *Polifunktional'naya mobil'nost' i variabel'nost' organizma sportsmenov olimpiyskogo rezerva v sisteme mnogoletney podgotovki: monografii* [Polyfunctional Mobility and Variability of the Organism of Athletes of the Olympic Reserve in the System of Long-Term Training]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2010. 502 p.
8. Isayev A.P., Lichagina S.A., Gattarov R.U. et al. *Adaptatsiya cheloveka k sportivnoy deyatel'nosti* [Human Adaptation to Sports Activities]. Rostov na Donu, RGPU Publ., 2004. 236 p.
9. Isayev A.P., Erlikh V.V., Ezhov V.B. *Lokal'no-regional'naya myshechnaya vynoslivost' v sisteme podgotovki i adaptatsii begunov i lyzhnikov-gonshchikov v usloviyakh ravniny i srednegor'ya: monografiya* [Local-Regional Muscular Endurance in the System of Training and Adaptation of Runners and Skiers-Racers in Conditions of Plains and Mid-Mountains]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2014. 286 p.
10. Isayev A.P., Bykov E.V., Sabir'yanov A.R. et al. *Kolebatel'naya aktivnost' pokazateley funktsional'nykh sistem organizma sportsmenov i detey s razlichnoy dvigatel'noy aktivnost'yu: ucheb. posobiye* [Oscillatory Activity of the Indicators of the Functional Systems of the Body of Athletes and Children with Different Motor Activity]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2005. 238 p.
11. Latkov N.Yu., Poznyakovskiy V.M. *Voprosy pitaniya v sporte vysshikh dostizheniy: monografiya* [Nutrition Issues in Sports of the Highest Achievements]. Kemerovo, Kemerovo Technological Institute of the Food Industry Publ., 2016. 213 p.
12. Lemann-Khorn F. *Dvigatel'nyye sistemy. Fiziologiya cheloveka s osnovami patofiziologii* [Motor Systems. Human Physiology with the Basics of Pathophysiology]. Transl. from German: M.A. Kalinina. Moscow, Laboratory of Knowledge Publ., 2019. 537 p.
13. Lyudinina A.Yu., Loginova T.P., Varlamova N.G. [Evaluation of Energy Exchange and Rate of Fat Oxidation in Skiers-Racers at Rest and Under Physical load to Failure]. *Aktual'nyye problemy biokhimii i bioenergetiki sporta XXI v.: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii* [Actual Problems of Biochemistry and Bioenergy of Sports of the XXI Century. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference], 2017, pp. 110–113. (in Russ.)
14. Maleyev D.O. Application of Means of Respiratory Hypoxic-Hypercapnic Load in the Training of Highly Qualified Skiers-Racers. *Human. Sport. Medicine*, 2016, vol. 1, no. 1, pp. 13–17. DOI: 10.14529/hsm160102

15. Mkrtumyan A.M., Isayev A.P., Arutyunov A.T. *Formirovaniye effektivnoy adaptatsii k stressu u sportsmenov olimpiyskogo rezerva: monografiya* [Formation of Effective Adaptation to Stress in Athletes of the Olympic Reserve]. Moscow, Print-Atelier Publ., 2009. 192 p.
16. Mokhan R., Glesson M., Grinkhaff P.L. *Biokhimiya myshechnoy deyatel'nosti i fizicheskoy trenirovki* [Biochemistry of Muscle Activity and Physical Training]. Transl. from Engl. Kiyev, Olympic Literature Publ., 2001. 294 p.
17. Nasledov A.D. *SPSS-15. Professional'nyy statisticheskiy analiz dannykh* [SPSS-15. Professional Statistical Analysis of Data]. St. Petersburg, Peter Publ., 2008. 416 p.
18. Ratov I.P. *Kontseptsiya "iskusstvennaya upravlyayushchaya sreda", eye osnovnyye polozheniya i perspektivy ispol'zovaniya* [The Concept of Artificial Control Environment, Its Main Provisions and Prospects for Use]. Moscow, VNIIFK Publ., 1996. pp. 129–148.
19. Isayev A.P., Erlikh V.V., Shevtsov A.V., Maleyev D.O. *Sistema podgotovki sportivnogo rezerva: vozrastnyye osobennosti effektivnoy adaptatsii i sokhrannosti zdorov'ya podrostkov* [The System of Training a Sports Reserve. Age Characteristics of Effective Adaptation and Health Preservation of Adolescents]. St. Petersburg, POLITEK Publ., 2018. 500 p.
20. Skal'nyy A.V., Ordzhonikidze Z.G., Katulin A.N. *Pitaniye v sporte: makro- i mikroelementy* [Nutrition in Sports. Macro- and Microelements]. Moscow, Gorodets Publ., 2005. 143 p.
21. Sudakov K.V., Sudakov K.V. *Fiziologiya. Osnovy i funktsional'nyye sistemy: kurs lektsiy* [Physiology. Fundamentals and Functional Systems]. Moscow, Medicine Publ., 2000. 784 p.
22. Fomin N.A. *Adaptatsiya: obshchebiologicheskkiye i psikhofiziologicheskkiye osnovy: monografiya* [Adaptation. General Biological and Psychophysiological Foundations]. Moscow, Theory and Practice of Physical Culture Publ., 2003. 383 p.
23. Shmidt R.F., Lang F., Khekmann M. *Fiziologiya cheloveka s osnovami patofiziologii* [Human Physiology with the Basics of Pathophysiology]. Transl. from German: M.A. Kamenskaya. Moscow, Laboratory of Knowledge Publ., 2019. 537 p.
24. Isayev A.P., Erlikh V.V. *Fundamental'nyye i prikladnyye aspekty adaptosposobnosti, reaktivnosti i regulyatsii organizma sportsmenov v sisteme sportivnoy podgotovki (pitaniye, pishchevarennye, vosstanovleniye i energoobespecheniye): monografiya* [Fundamental and Applied Aspects of Adaptability, Reactivity and Regulation of the Body of Athletes in the System of Sports Training (Nutrition, Digestion, Recovery and Energy Supply)]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2017. pp. 20–193.
25. Khochachka P. *Biokhimicheskaya adaptatsiya* [Biochemical Adaptation]. Transl. from Engl. Moscow, World Publ., 1988. 597 p.
26. Tsygan V.N., Skal'nyy A.V., Mokeyeva E.G. *Sport. Immunitet. Pitaniye: monografiya* [Sport. Immunity. Nutrition]. St. Petersburg, ELBI-SPb Publ., 2012. 240 p.
27. Erlikh V.V., Isayev A.P., Korol'kov V.V. *Sistemno-sinergeticheskkiye integratsii v samoregulyatsii gomeostaza i fizicheskoy rabotosposobnosti cheloveka v sporte: monografiya* [System-Synergetic Integration in Self-Regulation of Homeostasis and Physical Performance of a Person in Sports]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2012. 266 p.
28. Millet G.R., Roels B., Sclunitt J. et al. Combining Hypoxic Methods for Peak Performance. *Sport-Med*, 2010, vol. 40, no. 1, pp. 1–25. DOI: 10.2165/11317920-000000000-00000
29. Davids K. Deconstructing Neurobiological Coordination the Role of the Biomechanics Motor Control Nexus. *Exer. And Sport Sci. ret.*, 2010, vol. 38, no. 2, pp. 86–90. DOI: 10.1097/JES.0b013e3181d4968b
30. Akay M.F., Abut F., Ozciloglu M., Heil D. Identifying the Discriminative Predictors of Upper Body Power of Cross-Country Skiers Using Support Vector Machines Combined with Feature Selection. *Neural Computing and Applications*, vol. 27, no. 6, pp. 1785–1796. DOI: 10.1007/s00521-015-1986-9
31. Leatherwood W.E., Drago J.L. Effect of Airline Travel on Performance: a Review of the Literature. *Br. J. Sports Med.*, 2013, vol. 47, pp. 561–567. DOI: 10.1136/bjsports-2012-091449
32. Papić V., Rogulj N., Pleština V. Expert System for Identification of Sport Talents: Idea, Implementation and Results. INTECH Open Access Publisher, 2011. DOI: 10.5772/19203

33. Robertson E.Y. et al. Effects of Simulated and Real Altitude Exposure in Elite Swimmers. *J Strength Cond Res.*, 2010, vol. 24, pp. 487–493. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181c06d56

34. Teo W. Circadian Rhythms in Exercise Performance: Implications for Hormonal and Muscular Adaptation. *J. of Sports Science and Medicine*, 2011, vol. 10, pp. 600–606.

35. Schmidt R.C., Fitzpatrick P., Caron R., Mergeche J. Understanding Social Motor Coordination. *Human Movement Science*, 2011, vol. 30(5), pp. 834–845. DOI: 10.1016/j.humov.2010.05.014

*Received 5 September 2021*

---

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Возрастные технологии, механизмы управления и регуляции звеньев специальных функциональных систем в условиях подготовки спортивного резерва / А.П. Исаев, А.В. Шевцов, В.И. Заляпин и др. / Л.А. Гребенюк, А.В. Грязных, М.М. Киселева // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № S2. – С. 21–31. DOI: 10.14529/hsm21s203

**FOR CITATION**

Isaev A.P., Shevtsov A.V., Zalyapin V.I., Kolpakova I.A., Nenashev A.I. Age-Associated Technologies and Control Mechanisms of Special Functional Systems in Sports Reserve Training. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. S2, pp. 21–31. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm21s203