

МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ СИЛОВОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ И ГИПОКСИИ У ПЛОВЦОВ 12–17 ЛЕТ

Ю.Б. Кораблева¹, julya-74@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2337-3531>
А.Д. Котляров², ad_kotlar@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3836-8279>
А.Ю. Довнар², any1977@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0004-0457-8608>
Е.Н. Сумак¹, elena_sumak@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5257-774X>
А.А. Плетнев¹, artem2407@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4501-0790>
В.А. Байрамова³, v_bayramova1997@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3551-5521>

¹ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

² Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия

³ Уральский государственный юридический университет им. В.Ф. Яковлева, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Цель: выявить особенности и механизмы регуляции специализированной функциональной системы пловцов. **Материалы и методы.** Обследовались пловцы 12–17 лет. Исследование проводилось в условиях равнины в бассейне плавательного центра «Юника» (ЮУрГУ). Оборудование: неинвазивный системный анализатор АМП (Украина), анализатор мочи (Германия), диагностическая система «Кентавр» фирмы «Микролюкс» (РФ), стресс-система «Шиллер» (Швейцария), компонентный состав тела «Танита» (Япония); методы математической статистики. **Результаты.** Фоновые показатели находились на высоком уровне. Высокие пороги АэП были при относительно низких значениях лактата. В условиях применения тредмил-теста выявлен диапазон индивидуальных показателей: МВЛ – 108–167 л/мин, частота дыхания – 41–47 циклов на последней ступени, кислородный долг – 60–94 мл/кг, гипоксический индекс – 1,60–4,90 ед., ЧСС после АэП – 156–167 уд./мин. **Заключение.** Интегративная деятельность организма обусловлена перестройками адаптивного компенсаторного характера, достаточностью одних показателей, избыточностью других, взаимозаменяемостью, динамичностью совокупных звеньев функциональной системы.

Ключевые слова: функциональная система, силовая выносливость, гипоксия, пловцы 12–17 лет

Для цитирования: Механизмы регуляции функциональной системы, обуславливающие устойчивое развитие силовой выносливости и гипоксии у пловцов 12–17 лет / Ю.Б. Кораблева, А.Д. Котлярова, А.Ю. Довнар и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 3. С. 15–23. DOI: 10.14529/hsm240302

REGULATORY MECHANISMS OF THE FUNCTIONAL SYSTEM RESPONSIBLE FOR THE DEVELOPMENT OF STRENGTH ENDURANCE AND HYPOXIA IN ADOLESCENT SWIMMERS

Yu.B. Korableva¹, julya-74@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2337-3531>
A.D. Kotliarov², ad_kotlar@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3836-8279>
A.Yu. Dovnar², any1977@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0004-0457-8608>
E.N. Sumak¹, elena_sumak@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5257-774X>
A.A. Pletnev¹, artem2407@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4501-0790>
V.A. Bayramova³, v_bayramova1997@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3551-5521>

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

² Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia

³ Ural State Law University named after V.F. Yakovlev, Ekaterinburg, Russia

Abstract. Aim. This study aims to identify the features and regulatory mechanisms of the specialized functional system among adolescent swimmers. **Materials and methods.** The study involved swimmers within the age group of 12 to 17 years. The investigation was conducted on plain terrain in the swimming pool at the Unika swimming center (South Ural State University), utilizing a set of diagnostic tools, including the AMP system analyzer (Ukraine), urine analyzer (Germany), Centaur diagnostic system (Microlux, Russian Federation), Schiller stress system (Switzerland), and Tanita body composition analyzer (Japan). Statistical analysis was performed employing methods of mathematical statistics. **Results.** The study showed elevated baseline indicators. High AE threshold levels were observed at relatively low lactate concentrations. Through the application of the treadmill test, a range of individual indicators was revealed, including the maximal voluntary ventilation (108–167 l/min), the respiratory rate (41–47 cycles) at the last stage, the oxygen debt (60–94 ml/kg), the hypoxic training index (1.60–4.90 units), and the aerobic threshold heart rate (156–167 beats per minute). **Conclusion.** The findings underscore the complex interplay of adaptive compensatory mechanisms, the adequacy of certain parameters, the excessiveness of others, the interchangeability, and the dynamic interconnectedness of the functional system components.

Keywords: functional system, strength endurance, hypoxia, adolescent swimmers, 12–17 years old

For citation: Korableva Yu.B., Kotliarov A.D., Dovnar A.Yu., Sumak E.N., Pletnev A.A., Bayramova V.A. Regulatory mechanisms of the functional system responsible for the development of strength endurance and hypoxia in adolescent swimmers. *Human. Sport. Medicine*. 2024;24(3):15–23. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240302

Введение. Актуальность проблемы спортивного резерва обусловлена снижением спортивной результативности в десятке видов спорта, отсутствием ресурсной концепции, механизмов спортивных достижений в условиях сохранности физиологического потенциала и уровня здоровья, кадрового обеспечения, диагностирования и своевременных коррекций, и информационного освещения.

Цель – выявить особенности и механизмы регуляции специализированной функциональной системы пловцов.

Материалы и методы. Учебно-тренировочная подготовка включала 2 года занятий (12–13 лет), группа спортивного совершенствования (14–15 лет) – 2 года, максимальной

реализации индивидуальных возможностей – более 2 лет. Исследование проводилось в условиях равнины в бассейне плавательного центра «Юника» (ЮУрГУ).

В работе использовался неинвазивный системный анализатор АМП (Украина), анализатор мочи (Германия), диагностическая система «Кентавр» фирмы «Микролюкс» (РФ), стресс-система «Шиллер» (Швейцария), компонентный состав тела «Танита» (Япония).

Результаты исследования и их обсуждение. Индекс массы тела юношей 12–17 лет дифференцированно составлял: 12–13 лет – $18,42 \pm 0,86$; 14–15 – $19,70 \pm 0,62$; 16–17 лет – $22,06 \pm 0,94$ кг/м². У девушек соответственно показатели были: $18,89 \pm 0,70$; $20,54 \pm 0,76$;

Таблица 1
Table 1

Показатели физической подготовленности юношей 12–17 лет
Physical fitness of male for young men aged 12–17

Контрольные упражнения Control test	Группа Group	Возраст, лет / Age, years			p
		12–13, n = 24	14–15, n = 22	16–17, n = 20	
Бег 30 м, с 30m sprint test, s	1	5,17 ± 0,04	5,09 ± 0,09	4,62 ± 0,04	1–2, 3 < 0,01
	2	5,29 ± 0,08 < 0,05	5,17 ± 0,07	4,98 ± 0,05 < 0,05	1–2, 3 < 0,01
Наклон туловища вперед, И.П. – сидя, см Seated flexion test, cm	1	2,89 ± 0,45	3,10 ± 0,60	5,75 ± 0,70	1–2, 3 < 0,01
	2	3,09 ± 0,50 > 0,05	3,10 ± 0,50 > 0,05	6,60 ± 0,75 > 0,05	1–2, 3 < 0,01
Прыжки в длину с места, см Standing long jump, cm	1	170,50 ± 2,18	177,56 ± 2,40	201,00 ± 2,30	1–2, 3 < 0,01
	2	153,25 ± 1,60 < 0,05	166,00 ± 1,80 < 0,05	187,50 ± 2,10 < 0,01	1–2, 3 < 0,001
Сгибание рук в упоре лежа, раз Push-ups, reps	1	30,00 ± 1,96	29,72 ± 1,85	33,00 ± 1,80	1–2, 3 < 0,05
	2	26,50 ± 0,98 < 0,05	24,32 ± 1,69 < 0,05	25,62 ± 0,85 < 0,01	1–2, 3 > 0,05
Бег 1000 м, с 1000m run test, sec	1	259,00 ± 4,20	246,50 ± 3,60	221,00 ± 8,56	< 0,01
	2	255,50 ± 5,20 > 0,05	237,00 ± 3,95 > 0,05	227,00 ± 9,32 < 0,05	< 0,01

21,66 ± 0,79 кг/м². Все показатели были в границах нормального питания согласно классификации Н.Д. Гольберг и соавт. [3].

Исключительно важно учитывать управляющие и моделирующие механизмы физического состояния и устойчивости. Например, значения ортокардиоинтервалографии (ОКИГ) у пловцов спринтеров (n = 12) и стайеров (n = 14) достоверно различались (p < 0,01) в показателях АМО/Δх, составляя соответственно 100,52 ± 7,00 и 67,40 ± 5,80 ед. При ортостазе существенные различия выявлялись в показателях Мо (с), равняясь 1,02 ± 0,06 и 1,12 ± 0,09 (p < 0,05), и Δх – 0,36 ± 0,02 и 0,46 ± 0,04 (p < 0,05). Показатели ОКИГ обусловлены парасимпатикотонией или эйтонией как в покое, так и при ортостазе [8–11, 13]. По данным авторов [2], исключительно важны критерии КСУ, КПВ, отражающие степень реагирования S-отдела вегетативной нервной системы (ВНС) на ортопробу. У спринтеров КСУ оказался выше на 14 %, а КПВ была выше у стайеров на 18,50 %. Гиперсимпатикотонический тип выражен у 30 % спринтеров, у стайеров – 14 % [1].

Сравнение показателей физической подготовленности в группах обследования (1) и сравнения (2) юношей представлено в табл. 1.

Как видно из табл. 1, после трех месяцев концентрированного развития ЛРМВ выявлены достоверные возрастные изменения скоростных характеристик. В группах обследования

и сравнения также наблюдались существенные изменения (p < 0,05), но менее значимые по сравнению с возрастом (p < 0,01). Возрастные изменения гибкости были достоверны, а в группах – существенно не различались. В тесте «прыжки с места» различия были существенными (p < 0,05–0,01). В контрольном упражнении «отжимание» в период эксперимента показатели статистически значимо изменялись (p < 0,05–0,01), а в возрастном аспекте достоверно повысились к 16–17 годам (p < 0,05), вероятно, благодаря средствам силовой выносливости (p < 0,05). В беге на 1000 м в группе обследования показатели существенно улучшались (p < 0,01) с увеличением возраста в связи с повышением специальной выносливости.

Спортивная квалификация обследуемых была соответственно с возрастом на уровне III–II разрядов, I разряда, КМС и МС. Общий объем плавания у девушек был 2, 3, 4 км. После выполнения специально подготовительных упражнений уровень лактата после разминки составлял 3 ммоль/л, после нагрузки – варьировал от 5,4 до 6,4 ммоль/л. В условиях интервального плавания, согласно возрастным и квалификационным характеристикам, происходило усиление анаэробного гликолиза, критерием которого был лактат, соответственно изменяющийся от 7,00 ± 0,32; 7,60 ± 0,34; 7,90 ± 0,39 ммоль/л. Такие тренировки проводились в блоках подготовки. У юношей 12–13 лет объем по группам соответствовал

нагрузке девушек, а у юношей 14–15 лет равнялся 3,5 км, в 15–17 лет – 5 км. Нагрузки в группах сравнения были традиционными и не развивали ЛРМВ, не было воздействия и на устойчивость к гипоксии. В условиях нагрузок аэробного характера ЧСС колебалась от 135 до 145 уд./мин., аэробно-анаэробной направленности – 150–165 уд./мин. В базовом блоке в конце проводились разовые тренировки анаэробно-аэробной направленности при колебаниях ЧСС – 160–180 уд./мин. В анаэробно-гликолитической зоне при завершении цикла ЧСС колебалась, составляя 176–200 уд./мин. В блоке подготовки содержание лактата варьировало в диапазоне 3,2–4,0; 3,4–8,2; 7,2–14,6; 9,20–16,8 ммоль/л. Полученные показатели характеризовали анаэробную напряженность, изменение фаз адаптации, развертывание функциональных систем и метаболического и функционального состояния к работе в соревновательном блоке [14–15].

Показатели девушек, занимающихся плаванием, в возрасте 12–17 лет представлены в группах обследования (1) и сравнения (2) в базовом блоке подготовки (табл. 2).

Как следует из табл. 2, в возрастном аспекте показатели быстроты существенно улучшились. Приоритетно изменялись показатели в группе обследования относительно группы сравнения. Показатели гибкости завершили

совершенствование в возрасте 16–17 лет, а изменения между группами были не существенны. В прыжках в длину с места показатели достоверно изменились как в возрастном аспекте, так и между группами. Аналогичные изменения выявлялись в контрольном упражнении «сгибание – разгибание рук в упоре лежа» и «беге на 1000 м». Можно полагать, что функциональная система ДД формирует к соревновательным условиям устойчивое состояние базовых показателей, обеспечивающих спортивную результативность и адекватное развитие юных спортсменов.

Устойчивость к гипоксии в пробе Штанге юношей составила согласно возрасту: 62,00 ± 2,29; 68,60 ± 2,37; 72,74 ± 2,26 с и достоверно возрастала ($p < 0,05$). У девушек соответственно показатели равнялись: 55,00 ± 1,68; 58,00 ± 1,62; 62,96 ± 0,98 с. Показатели возрастали согласно возрасту ($p < 0,05$). В пробе Генче у подростков показатели соответственно составили: 23,00 ± 0,76; 25,00 ± 0,84; 29,00 ± 0,89 с ($p < 0,05$). У девушек соответственно: 21,00 ± 0,59; 23,00 ± 0,62; 26,00 ± 0,86 с ($p < 0,05$). Жизненная емкость легких, согласно возрастным и квалификационным характеристикам юношей, равнялись: 4212,00 ± 370,00; 4570,25 ± 39,22; 4680,79 ± 37,24 см³, а МВЛ 95,60 ± 2,70; 98,64 ± 2,80; 99,40 ± 2,60 л/мин ($p < 0,05$), дыхательный коэффициент: 1,02 ±

Таблица 2
Table 2

Показатели физической подготовленности девушек 12–17 лет
Physical fitness of female for girls aged 12–17

Контрольные упражнения Control test	Группа Group	Возраст, лет / Age, years			p
		12–13, II–III разряд / II–III rank	14–15, I разряд / I rank, КМС / CMS	16–17, КМС / CMS, МС / MS	
Бег 30 м, с 30m sprint test, s	1	5,25 ± 0,09	5,12 ± 0,04	5,08 ± 0,05	1–2 < 0,001
	2	5,37 ± 0,06 < 0,05	5,22 ± 0,04 < 0,05	5,27 ± 0,04 < 0,05	2–3 < 0,01 1–2 < 0,001 2–3 < 0,01
Наклон туловища вперед, И.П. – сидя, см Seated flexion test, cm	1	5,45 ± 0,35	6,15 ± 0,55	8,55 ± 0,86	1–3 < 0,05
	2	4,89 ± 0,56 > 0,05	5,40 ± 0,35 > 0,05	7,50 ± 0,66 > 0,05	1–2 < 0,01 2–3 < 0,05
Прыжки в длину с места, см Standing long jump, cm	1	161,50 ± 2,05	174,80 ± 2,30	193,00 ± 2,89	1–2 < 0,01
	2	145,00 ± 1,60 < 0,01	154,50 ± 1,65 < 0,01	162,00 ± 1,70 < 0,01	1–3 < 0,05 1–2 < 0,01 1–3 < 0,05
Сгибание рук в упоре лежа, раз Push-ups, reps	1	21,00 ± 0,86	29,17 ± 0,65	25,32 ± 0,98	1–2, 3 < 0,05
	2	18,92 ± 1,12 < 0,05	22,66 ± 0,26 > 0,05	27,32 ± 1,10 > 0,05	–
Бег 1000 м, с 1000m run test, sec	1	277,00 ± 3,92	26,50 ± 2,90	256,50 ± 2,55	< 0,05
	2	291,50 ± 3,64 < 0,01	288,42 ± 2,50 < 0,01	285,75 ± 2,50 < 0,05	< 0,01

$\pm 0,02$; $1,02 \pm 0,03$; $0,99 \pm 0,04$ ед. Потребление O_2 (мл/мин) было: $275,00 \pm 10,02$; $300,00 \pm 12,32$; $276,00 \pm 14,36$ ($p < 0,05$). Время однократной нагрузки (мин) равнялось: $13,00 \pm 0,95$; $15,20 \pm 0,02$; $17,20 \pm 0,05$ ($p < 0,05$).

Сравнение показателей системы периферической крови до и после базового блока в группах обследования и сравнения пловцов не выявило достоверных сдвигов. В возрастном аспекте наблюдалось существенное увеличение гемоглобина, с/я лейкоцитов, эозинофилов ($p < 0,05$).

Оценка интегрального показателя ортоккардиоинтервалографии в четырех зонах интенсивности выявила соответственно следующие критерии: $30,22 \pm 2,29$; $5,60 \pm 0,80$; $20,20 \pm 1,30$; $30,00 \pm 2,80$ балла. Показатели ОКИГ адекватно отвечали на повышение мощности нагрузки. При увеличении объема напряженного плавания обнаружено уменьшение интегрального рейтингового показателя ОКИГ, усиление продолжительности интервалов R-R и других компонентов ОКИГ. Высокий показатель ОКИГ равнялся 40 баллам, средний – 30, низкий – 20. В зонах мощности 3–5 при объеме плавательной нагрузки до 30–35 % наблюдалась стабильность показателей ОКИГ, колебания кратковременны и свидетельствовали о физиологических перестройках специализированной

функциональной системы. В возрастном аспекте наблюдались физиологические изменения сердечного ритма, ДП (диастолический показатель), КСУ (коэффициент симпатического ускорения), КПВ (коэффициент парасимпатического восстановления). В группах обследования по сравнению с группой сравнения в связи с разной мощностью работы наблюдалось снижение ОКИГ, средней продолжительности R-R, обусловленные балансом сердечного ритма [7].

В условиях адаптивной перестройки нагрузок 3–5 зон мощности в конце базового блока происходило снижение показателя дыхательной аритмии в границах 0,05–0,10 с, увеличение КСУ – до 4,3–4,6 %. Диастолический показатель (ДП) снижался и находился в диапазоне 37–39 %, уменьшились значения КПВ. Обнаружены в блоке базовые колебания R-R в зоне ваготонии. Вариативность составляла 0,23–0,30 с, а интегральный рейтинговый показатель ОКИГ достигал 30 баллов.

В качестве примера приводим показатели состояния пловцов-девушек 14–15 лет высокой квалификации, специализирующихся в комплексном плавании (табл. 3).

Результаты исследования не выявили достоверных изменений в группах по большинству компонентов состояния. В группе обследования приоритетно представлены по-

Таблица 3
Table 3

Показатели функционального состояния девушек групп обследования (1) и сравнения (2)
Comparative analysis of functional characteristics in female athletes of Group 1 and Group 2

Показатель (M ± m) Parameter	Группа / Group		Достоверность различий Level of significance
	1 (n = 24)	2 (n = 23)	
Масса тела, кг / Body weight, kg	49,20 ± 1,82	50,00 ± 1,20	> 0,05
PWC170, кгм/мин, кг / PWC170, kgm/min, kg	19,22 ± 0,56	17,20 ± 0,55	< 0,05
Мышечная память после эргоспирометрической нагрузки по Вассерману, ммоль/л Post-exercise muscle memory (Wasserman), mmol/l	3,68 ± 0,12	3,56 ± 0,09	> 0,05
Средняя продолжительность кардиоинтервалов, с Mean cardiac interval time, s	0,95 ± 0,04	0,93 ± 0,03	> 0,05
Синусовая аритмия, с / Sinus arrhythmia, s	0,28 ± 0,03	0,29 ± 0,04	> 0,05
Диастолический показатель, % Diastolic indicator, %	44,12 ± 1,52	42,90 ± 1,91	> 0,05
Артериальное давление / Arterial pressure: – систолическое, мм рт. ст. / systolic, mmHg – диастолическое, мм рт. ст. / diastolic, mmHg	118,00 ± 2,50 72,00 ± 1,75	110,00 ± 2,22 66,00 ± 1,55	> 0,05 > 0,05
Цветная осадочная реакция мочи (ЦОРК), % Urine test, %	44,20 ± 3,68	46,30 ± 3,95	> 0,05
Гемоглобин крови, мг % / Hemoglobin test, mg %	14,22 ± 2,00	12,22 ± 0,54	< 0,05
Возраст, лет / Age, years	13,40 ± 0,14	13,62 ± 0,24	> 0,05
Биологический возраст, балл / Biological age, score	3,22 ± 0,24	3,54 ± 0,40	> 0,05

казатели физической работоспособности и содержания гемоглобина [2].

В тренировочных группах (14–15 лет) спортивного совершенствования (16–17 лет) показатели функционального состояния представлены в табл. 4.

Полученные результаты согласуются с показателями исследований А.П. Исаева и соавт. [4–6, 12].

Как следует из табл. 4, в порядке рейтинга показатели расположились: печеночно-почечный, скелетные мышцы, головной мозг. Значения звеньев гемодинамики равнялись: сердечный выброс – $65,64 \pm 0,90$ мл, интервал PQ – $0,15 \pm 0,001$ с, интервал QT – $0,37 \pm 0,001$ с, комплекс QRS – $0,25 \pm 0,10$ с, сокращение миокарда левого желудочка – $55,25 \pm 0,85$ %, работа сердца – $0,80 \pm 0,02$ Дж. Все показатели находились в границах физиологической нормы. Однако исследования кардиогемодинамики пловцов в блоке базовой подготовки выявили снижение сократительной функции желудочка в 67 % случаев, удлинение комплекса QRS – в 56 % и увеличение работоспособности – в 50 % случаев вследствие адаптивных перестроек.

Напряжение миокарда было у 25 % обследуемых, удлинение QRS и снижение сократительной способности миокарда левого желудочка без увеличения работы сердца выявлены в 15 % случаев. В ряде случаев (17 %)

отмечалось снижение сокращения миокарда левого желудочка без удлинения интервала QRS, но с повышением работы сердца. Изолированное снижение сокращения миокарда выявлено в 68 % обследований, изолированное удлинение QRS равнялось 17 %, работа сердца без изменения указанных выше параметров – у 8 % обследуемых.

Механизмы возрастных изменений системы периферической крови и метаболического состояния пловцов представлены в табл. 5.

Исходя из данных табл. 5, можно заключить, что показатели находились в референтных границах с преимуществом у 16–17-летних спортсменов. Уровень адаптивного напряжения находился в диапазоне реакции тренировки (0,32–0,51 ед.).

Исследуемые показатели белкового обмена пловцов 14–17 лет распределились в следующих границах: белок плазмы – $73,80 \pm 1,11$ г/л, креатинин – $106,60 \pm 13,33$ ммоль/л, дофамин-бета-гидролаза – $28,70 \pm 0,11$ нмоль/мл/мин, мочевины, ммоль/л – $5,85 \pm 0,60$, креатинфосфокиназа (КФК) скелетных мышц, ммоль/мин/кг – $475,90 \pm 0,50$, КФК сердца, мкмоль/мин/кг – $34,11 \pm 0,28$. Представленные показатели были в референтных границах и не различались и зависели от групп обследования и сравнения.

Липидный и водный обмен в группах обследования и сравнения у спортсменов рас-

Таблица 4
Table 4

Исследуемые показатели системы периферической крови, белкового и липидного обмена, кровотока внутренних органов в % к общему кровотоку (n = 24)
Peripheral blood measurements, protein and lipid metabolism measurements, and the organ blood flow to total blood flow ratio in % (n = 24)

Показатель / Parameter	Статистика / Statistic	
	M	± m
Тестостерон мочи, мкмоль/сут. / Urinary testosterone, μmol/day	4,50	0,20
Эстрогены общие мочи, нмоль/сут. / Urinary estrogens, nmol/day	55,95	7,24
Тироксин (Т4), нмоль/л / Thyroxine (T4), nmol/L	67,70	3,26
Тирозиновая кислота, мг% / Tyrosine, mg%	1,46	0,04
Комплексный фактор регуляции митоза Mitotic regulation complex factor	4,20	0,10
Миокард (% и мл/мин) / Myocardium (% and ml/min)	4,45 и/and 2573,62	0,04 и/and 8,20
Скелетные мышцы (% и мл/мин) / Skeletal muscle (% and ml/min)	14,56 и/and 29,68	0,36 и/and 23,16
Головной мозг (% и мл/мин) / Cerebral blood flow (% and ml/min)	14,36 и/and 840,05	0,22 и/and 12,90
Печеночно-портальный кровоток (% и мл/мин) Hepatoportal blood flow (% and ml/min)	25,25 и/and 2104,40	0,18 и/and 14,50
Почечный кровоток (% и мл/мин) Hepatic blood flow (% and ml/min)	24,50 и/and 1487,85	0,16 и/and 151,24
Кровоток кожи (% и мл/мин) / Skin blood flow (% and ml/min)	6,80 и/and 430,74	0,01 и/and 0,82
Кровоток остальных органов (% и мл/мин) Other organs (% and ml/min)	8,52 и/and 506,04	0,18 и/and 55,16

Таблица 5
Table 5

Формула крови пловцов 14–15 лет и 16–17 лет ($M \pm m, n = 24$)
Blood profile in swimmers aged 14–15 years and swimmers aged 16–17 years ($M \pm m, n = 24$)

Группа Group	Эритроциты, в 1 мл Erythrocytes per 1 ml	Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/L	Сегментоядерные лейкоциты, % Segmented leukocytes, %	Лимфоциты, % Lymphocytes, %	Моноциты, % Monocytes, %	Эозинофилы, % Eosinophils, %	СОЭ, мм/ч ESR, mm/h	Лейкоциты, 10^9 л Leukocytes, 10^9 L	Индекс адаптивного напряжения системы крови Adaptive stress response of the blood system
14–15 лет / years									
1	4,01	136,00	53,50	24,36	6,32	3,03	7,28	8,48	0,46
2	4,88	145,74	57,82	27,12	7,15	4,45	7,40	6,21	0,47
16–17 лет / years									
1	0,14	4,30	1,12	0,86	0,76	0,46	1,32	1,02	0,02
2	0,17	6,25	2,14	0,18	0,97	0,75	1,40	0,92	0,03

пределились следующим образом: триглицериды $1,00 \pm 0,03$ и $1,37 \pm 0,05$ ($p < 0,01$), липопротеиды низкой плотности (ЛПНП) ммоль/л соответственно – $1,55 \pm 0,07$ и $2,29 \pm 0,08$ ($p < 0,001$), липопротеиды высокой плотности – $1,34 \pm 0,06$ и $1,12 \pm 0,04$ ($p < 0,001$), холестерин – $3,60 \pm 0,09$ и $4,98 \pm 0,10$ ($p < 0,01$), бета-липопротеиды – $0,67 \pm 0,03$ и $0,82 \pm 0,04$ % ($p < 0,01$), общая вода (%) – $72,60 \pm 1,22$ и $66,80 \pm 0,45$ %. За референтные границы выходили показатели общей воды (44–60 %), бета-липопротеиды (3–6 г/л) и ниже нормы (17–55 ммоль/л) в группе обследования ($16,44 \pm 1,23$ ммоль/л). У пловцов 14–17 лет липидный обмен варьировал в следующих границах: холестерин (ммоль/л) – $4,50 \pm 0,18$; бета-липопротеиды – $21,50 \pm 0,2,09$ ммоль/л; ЛПНП – $2,28 \pm 0,09$ ммоль/л; ЛПОНП – $0,28 \pm 0,002$ ммоль/л; ЛПВП – $1,13$ ммоль/л; триглицериды – $0,98 \pm 0,09$ ммоль/л. Показатели находились в референтных границах.

Закключение. В процессе долговременной адаптации под влиянием ДД и биоритмов состояний создаются функциональные системы, динамичные свойства, обеспечивающие совокупные регулирующие и управляющие звенья СКУ, системы энергообеспечения, психофизиологического, гуморально-гормонального состояния биологической надежности. Пространственные, временные характеристики развития и подготовленности обуславливают систему ускорений с целью получения интегративных рейтинговых показателей. Периоды регулирующего развития, управляющих воздействий обуславливают адаптационные возможности в условиях агрессивной среды. Новые концептуальные подходы, модернизированные технологии, современное оценивание и диагностирование позволяют получить банк информации, интерпретировать полученные резервы, осуществлять прогноз спортивной результативности.

Список литературы

1. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов: моногр. / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 327 с.
2. Гайтон, А.К. Медицинская физиология: пер. с англ. / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл; под ред. В.И. Кобрин. – М.: Логосфера, 2008. – 1296 с.
3. Гольдберг, Н.Д. Питание спортсменов: история и современность / Н.Д. Гольдберг, Р.Р. Дондуковская, М.А. Данилова // Теория и практика физ. культуры. – 2008. – № 3. – С. 73–76.
4. 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.
5. Исаев, А.П. Особенности сократительных и релаксационных характеристик мышц у спортсменов высоких квалификаций различных видов спорта / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров // Теория и практика физ. культуры. – 2006. – № 1. – С. 28–33.
6. Павлова, В.И. Соотношение объема аэробной и анаэробной тренировочной нагрузки в соответствии со спецификой энергетических аспектов работоспособности в ациклических видах

спорта (на примере тхэквондо) / В.И. Павлова, М.С. Терзи, М.С. Сегал // Теория и практика физ. культуры. – 2002. – №10. – С. 53–54.

7. Руководство по функциональной диагностике болезней сердца: науч.-практ. пособие по кардиологии / А.Л. Сыркин, М.Г. Полтавская, Н.А. Новикова, В.П. Седов; под ред. А.Л. Сыркина. – М.: Золотой стандарт, 2009. – 368 с.

8. Слободчикова, И.А. Бальная оценка функционального состояния организма спортсменов по данным кардиоинтервалограммы / И.А. Слободчикова, Т.В. Соломина, Л.К. Полякова // Теория и практика физ. культуры. – 2006. – № 2. – С. 28–30.

9. Совершенствование тренировочного процесса биатлонистов 16–17 лет на основе применения гипоксически-гиперкапнических экспозиций и контроля изменений преморбидного состояния сердечно-сосудистой системы в базовом блоке подготовки / Д.О. Малеев, Е.Г. Виноградов, А.П. Исаев, В.А. Ходкевич // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 14–21.

10. 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

11. Эрлих, В.В. Изменение кардиогемодинамики в годовом макроцикле подготовки юных гандболистов высокой квалификации / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, А.В. Ненашева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2010. – Вып. 24. – № 24 (200). – С. 129–132.

12. Cherepov, E. Effects of modern fitness technologies on physical qualities in students with locomotor disorders / E. Cherepov, V. Epishev, E. Terekhina // Minerva Ortopedica e Traumatologica. – 2018. – Vol. 69, No. 3SI. – P. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1. – EDN IWGUOX.

13. Isaev, A.P. Sport Training Individualization. State, Problems and Advanced Solutions / A.P. Isaev, V.V. Erlikh, V.V. Rybakov. – Germany: Edition sigma, 2017. – 287 p.

14. Modeling performance and biomechanics in young swimmers / J.E. Morais et al. // International congress of exercise and sports performance. – CIDESD. – 2014. – P. 26.

15. Wasserman, K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance / K. Wasserman // American Rev. Respiratory Dis. – 1984. – Vol. 129. – P. 535–540.

References

1. Verkhoshansky Yu.V. *Osnovy spetsial'noy fizicheskoy podgotovki sportsmenov: monografiya* [Fundamentals of Special Physical Training of Athletes]. Moscow, Physical Culture and Sport Publ., 1988. 327 p.

2. Guyton A.K., Hall J.E. *Meditinskaya fiziologiya* [Medical Physiology], Transl. from Engl. Moscow, Logosphere Publ., 2008. 1296 p.

3. Goldberg N.D., Dondukovskaya R.R., Danilova M.A. [Nutrition for Athletes. History and Modernity]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2008, no. 3, pp. 73–76. (in Russ.)

4. Isaev A.P., Lichagina S.A., Gattarov R.U. *Adaptatsiya cheloveka k sportivnoy deyatel'nosti* [Human Adaptation to Sports Activities]. Rostov na Donu, 2004. 236 p.

5. Isaev A.P., Lichagina S.A., Gattarov R.U. [Features of Contractile and Relaxation Characteristics of Muscles in Highly Qualified Athletes of Various Sports]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2006, no. 1, pp. 28–33. (in Russ.)

6. Pavlova V.I., Terzi M.S., Segal M.S. [The Ratio of the Volume of Aerobic and Anaerobic Training Load in Accordance with the Specifics of the Energy Aspects of Performance in Acyclic Sports (Using the Example of Taekwondo)]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2002, no. 10, pp. 53–54. (in Russ.)

7. Syркин A.L., Poltavskaya M.G., Novikova N.A., Sedov V.P. *Rukovodstvo po funktsional'noy diagnostike bolezney serdtsa: nauch.-prakt. posobiye po kardiologii* [Guide to the Functional Diagnosis of Heart Disease]. Moscow, Gold Standard Publ., 2009. 368 p.

8. Slobodchikova I.A., Solomina T.V., Polyakova L.K. [Score Assessment of the Functional State of the Body of Athletes According to Cardiointervalogram Data]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2006, no. 2, pp. 28–30. (in Russ.)

9. Maleev D.O., Vinogradov E.G., Isaev A.P., Khodkevich V.A. Improving the Training Process of Biathletes Aged 16–17 Years Based on the Use of Hypoxic-hypercapnic Exposures and Monitoring

Changes in the Premorbid State of the Cardiovascular System in the Basic Training Block. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 14–21. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200202

10. Ushakov A.S., Korableva Yu.B., Cherepov E.A. et al. Physiological Predictors of Competitive Performance of Highly Qualified Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2024, vol. 24, no. 1, pp. 96–103. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm240111

11. Erlikh V.V., Isaev A.P., Nenasheva A.V. Changes in Cardiohemodynamics in the Annual Macrocycle of Training Highly Qualified Young Handball Players. *Bulletin of South Ural State University. Ser. Education, Healthcare, Physical Culture*, 2010, iss. 24, no. 24 (200), pp. 129–132. (in Russ.)

12. Cherepov E., Epishev V., Terekhina E. Effects of Modern Fitness Technologies on Physical Qualities in Students with Locomotor Disorders. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, no. 3S1, pp. 43–48. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03879-1

13. Isaev A.P., Erlikh V.V., Rybakov V.V. Sport Training Individualization. State, Problems and Advanced Solutions. Germany: Edition sigma, 2017. 287 p.

14. Morais J.E. et al. Modeling Performance and Biomechanics in Young Swimmers. *International Congress of Exercise and Sports Performance. CIDESD*, 2014, 26 p.

15. Wasserman K. The Anaerobic Threshold Measurement to Evaluate Exercise Performance. *American Rev. Respiratory Dis.*, 1984, vol. 129, pp. 535–540.

Информация об авторах

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

Котляров Алексей Дмитриевич, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики гимнастики и водных видов спорта, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия.

Довнар Анна Юльевна, мастер спорта, доцент кафедры теории и методики гимнастики и водных видов спорта, Уральский государственный университет физической культуры, Челябинск, Россия.

Сумак Елена Николаевна, старший преподаватель кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Плетнев Артём Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивного совершенствования, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Байрамова Виктория Андреевна, преподаватель кафедры физической культуры и спорта, Уральский государственный юридический университет имени В.Ф. Яковлева, Екатеринбург, Россия.

Information about the authors

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

Alexey D. Kotliarov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theory and Methods of Gymnastics and Water Sports, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia.

Anna Yu. Dovnar, Master of Sports, Associate Professor of the Department of Theory and Methods of Gymnastics and Water Sports, Ural State University of Physical Education, Chelyabinsk, Russia.

Elena N. Sumak, Senior Lecturer, Department of Theory and Methods of Physical Education and Sport, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Artem A. Pletnev, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Athletic Performance Enhancement, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Victoria A. Bayramova, Lecturer, Department of Physical Education and Sport, Ural State Law University named after V.F. Yakovlev, Ekaterinburg, 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 24.03.2024

The article was submitted 24.03.2024