

## ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ СИСТЕМООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ СПОРТИВНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ РАЗНЫХ ВИДОВ СПОРТА

А.П. Исаев<sup>1</sup>, В.В. Эрлих<sup>1</sup>, А.В. Шевцов<sup>2</sup>, В.А. Бычковских<sup>3</sup>, Ю.Б. Кораблева<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>Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск

**Цель исследования:** поиск и научное обоснование оценочных и диагностирующих технологий в системе мониторинга состояния, дифференцированной подготовки спортсменов в зависимости от массы тела, направленности, объема, интенсивности нагрузок, стилевых характеристик и специфических особенностей двигательной деятельности (ДД).

**Организация и методы исследования.** В исследовании приняли участие представители различных видов спорта (конькобежцы, дзюдоисты, кикбоксеры, хоккеисты, лыжники-гонщики, пловцы, биатлонисты 18–23 лет (КМС, МС, МСМК)). Оборудование: неинвазивный системный анализатор АМП, Schiller Cardiovit AT 104-PC Ergo-Spiro, проточный лазерный цитофлуориметр EPICS XL, доплер Digi-Lite фирмы Rimed. **Результаты.** В группе I концентрированно развивалась локально-региональная мышечная выносливость (ЛРМВ) (35 % от общего объема). Показатели гуморального звена иммунитета существенно различались со II группой ( $p < 0,05–0,001$ ). Достоверно различались показатели нитросинового тетразолия (НСТ активности) ( $p < 0,01$ ), фагоцитарной системы нейтрофилов (ФСН) ( $p < 0,05$ ). У хоккеистов звеньев атаки и нападения статистически значимые различия были в содержании гемоглобина, эритроцитов, скорости оседания эритроцитов, эозинофилов. **Заключение.** Единая специальная функциональная система (СФС) двигательной деятельности спортсменов в процессе долговременной адаптации характеризуется функциональной и метаболической устойчивостью, обусловленной фазами развивающейся, стабилизирующей адаптации перед началом соревновательного блока.

**Ключевые слова:** интегральные факторы, энергоносители, функциональная система, кровь, иммунитет, адаптация, модернизация.

**Введение.** В спорте высоких и высших достижений возникают вопросы о возможных границах, резервах и пределах адаптации, биологической надежности, устойчивости к гипоксии, клеточного дыхания, сенсомоторных рецепторов, спинальных рефлексов, работы головного мозга, скелетных мышц, миокарда, печени, почек. Работа организма в условиях напряженной совокупной деятельности обусловлена проводниковыми системно-синергетическими управляющими воздействиями, начиная с блоковых построений, клеточных, рецепторных, рефлекторных, нейронных механизмов, белковых интеграций, соединительнотканых, органных, системных и организменных. Для нормального функционирования организма спортсмен

должен обладать транспортной, защитной и регулирующей средами, которые не только обеспечивают адаптоспособностью, двигательной, иммунной памятью, но и предрасполагают к достижению успешной результативности [12].

В работе использовались системно-синергетический подход, концепции устойчивого развития, гравитации, пространства, времени, линейных, угловых, вращательных, центробежных ускорений, СКУ и технология устойчивости формирования к гипоксии. Интегральная деятельность предполагала выявление зависимости мониторинга состояния и технологий подготовки, весовых категорий спортсменов, стиля деятельности, проявлений особенностей вегетативной регуляции, соединительноткан-

ных процессов, двигательной системы и иммунологической резистентности [7].

**Организация и методы исследования.** Исследование проводилось на базе НИЦ спортивной науки ЮУрГУ ИСТиС и восстановительно-реабилитационного центра университета им. П.Ф. Лесгафта. В исследовании применялись следующие методики: неинвазивный системный анализатор АМП (Украина), портативная лаборатория оценки ферментно-иммунологической резистентности (Россия), Schiller Cardiovit AT 104-PC Ergo Spiro (Швейцария), биохимический анализ крови представлен в монографии [8]. Для оценки индекса преморбидного состояния в полевых условиях применялся одноканальный аппарат регистрации ЭКГ [14]. Субпопуляционный анализ лимфоцитов проводился на проточном лазерном цитофлуориметре EPICS XL (США) с использованием двухцветных моноканальных антител (Франция). Иммуноглобулины в сыворотке определяли иммунотурбидиметрическим и иммуноферментативными методами в НИЦСН ЮУрГУ. Доплерографическое исследование осуществлялось на доплере Digi-Lite фирмы Rimed (Израиль).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Показатели периферического звена эритрона у спортсменов-дистанционников высокой спортивной квалификации (конькобежцы, лыжники-гонщики, кикбоксеры, дзюдоисты, бегуны на средние дистанции, стипль-чез, пловцы, биатлонисты 18–23 лет (КМС, МС, МСМК)) представлены в табл. 1.

Сравнение показателей периферического

звена эритрона в видах спорта дистанционной динамической направленности и спортивных противоборств выявило существенные различия ( $p < 0,05-0,001$ ). Это касалось прежде всего доминирования окислительного фосфорилирования в группе I. Окислительная система включает расщепление энергии с участием кислорода. Окислительные способности скелетных мышц обусловлены окислительными ферментами, составом и наличием кислорода. Насыщенность гемоглобина кислородом отражает потребность в  $O_2$ . Кислородная активность крови возрастает адекватно концентрации гемоглобина. Активность эритроцитов к  $O_2$  уменьшается в следующих условиях: при снижении рН, повышении парциального давления  $CO_2$ , температуры, избытке 2,3-дифосфоглицерата [6].

Сравнение показателей управления двигательными действиями (ДД) в I и II группах выявило особенности и различия в биотоках скелетных мышц, головного мозга [12], пространственных, временных характеристик и ускорений (линейных, угловых, вращательных, центробежных) с приростом СКУ у противоборцев и дистанционников. Это касается регулирования обменных процессов, энергетических ресурсов, приводящих к изменению объема клеток, соли, потребления воды, механизмов ренин-ангиотензиновой системы, альдостерон, барорецепторы, рецепторы регуляции объема кровотока, связанные с афферентными нервами, АДГ, окситоцина и ядер гипоталамуса [3]. Повышение гематокрита более 40 % связано с увеличением вяз-

**Таблица 1**  
**Table 1**

**Показатели периферического звена эритрона у спортсменов в специально-подготовительном блоке подготовки (n = 60)**  
**Indicators of peripheral erythron in athletes at the preparatory stage (n = 60)**

Группы, статистики Groups, Statistics	Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	Ретикулоциты, % Reticulocyte, %	Ретикулоциты абсолютные, $\times 10^9$ л Absolute reticulocytes, $\times 10^9$ l	Гематокрит, % Hematocrit, %	Эритроциты, $\times 10^{12}$ л Erythrocyte, $\times 10^{12}$ l	ЦП – цветной показатель, у. е. Color index, с. u.
Циклические дистанционные виды спорта Cyclic, distance-related types of sports						
I M ± m	155,00 1,53	5,77 0,32	30,90 1,35	46,01 0,42	5,24 0,09	0,907 0,01
Представители спортивных единоборств: борцы, боксеры, хоккеисты, кикбоксеры Combat and team sports: wrestlers, boxers, kickboxers, hockey players						
II M ± m	151,75 1,18	5,44 0,40	26,45 0,99	45,00 0,38	4,93 0,07	1,16 0,02
P	< 0,05	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,001	< 0,001

кости крови, что приводит к увеличению сопротивления и изменению артериального давления [7].

Адаптивно-компенсаторные механизмы в группе II связаны с макроцитозом в референтных границах (концентрация Hb и содержание гемоглобина в отдельном эритроците, СОД, Hb,  $p < 0,05$ ) [5]. Эти факторы обусловлены вектором ДД и метаболическими сдвигами, в том числе воспроизводством эритропоэтина [1].

При исследовании в верхнем среднегорье у лыжников-гонщиков 18–23 лет высокой спортивной квалификации (КМС, МС) наблюдался выход SH за верхние референтные границы (12,91 у. е. при норме 7,32–7,40 у. е.). Содержание эритроцитов было  $5,30 \pm 0,15 \times 10^{12}$ , наблюдалось высокое содержание гликогена ( $14,77 \pm 0,20$  мг%;  $3,90$ – $6,20$  мг%), гемоглобина –  $153,53$  г/л, тестостерона мочи ( $19,11$  мкмоль/24 ч;  $6,93$ – $17,34$  у. е.), тирозиновой кислоты ( $1,86$  мг%;  $35$ – $10$ – $38,10$  у. е.), комплекса регуляции митоза клетки:  $4,55$  и  $3,78$ – $3,9$  у. е., кровоток скелетных мышц –  $17,76$  % ( $14,56$ – $16,93$  %), кровоток кожи –  $6,71$  % и  $7,90$ – $9,19$  %, кровоток остальных органов –  $8,03$  % и  $5,76$ – $6,70$  %.

Выявлялись низкие значения сопротивления малого круга кровообращения –  $131,81$  ед. и  $140$ – $150$  ед., время большого круга кровообращения –  $29,13$  с и  $16$ – $23$  с (норма); время малого –  $4,60$  с и  $4,0$ – $5,5$  с; кровоток на 1 г щитовидной железы –  $5,32$  мл ( $3,70$ – $4,30$  мл); кровоток на 1 г мозговой ткани –  $2,59$  мл и  $2,90$ – $3,20$  мл.

За верхние референтные границы выходили следующие показатели: рабочий уровень потребления  $O_2$  –  $60,65$  % ( $45$ – $60$ ), время однократной нагрузки –  $13,09$  мм (до 10 мин); транспорт  $O_2$  –  $1495,3$  мл/мин ( $900$ – $1200$  мл); потребление  $O_2$  –  $484,59$  мл/мин ( $200$ – $250$ ); выделение  $CO_2$  –  $367,66$  мл/мин ( $119$ – $300$ ), содержание  $CO_2$  в венозной крови –  $60,14$  % ( $51$ – $53$  %); индекс сосудистой проницаемости –  $3,613$  и  $4,165$ – $4,335$  у. е.; сердечный выброс –  $57,61$  мл ( $60$ – $80$  мл); работа сердца –  $0,66$  Дж ( $0,69$ – $0,79$  ед.).

Выявленные показатели, выходящие за референтные границы, характеризуют напряжение в звеньях энергетического обмена, транспорта потребления и выделения  $O_2$  и  $CO_2$ .

Порог аэробного (АэП) обмена составляет у спортсменов-дистанционников высокой квалификации –  $180$ – $190$  уд./мин, анаэробного (АнП) обмена –  $190$ – $200$  уд./мин. У отдельных спортсменов экстра-класса превы-

шает  $200$  уд./мин. В условиях ДД чрезмерного воздействия может возникнуть начальная ишемия, критерием которой являются индекс преморбидного состояния, средний объем (МСV) и масса гемоглобина (МСП) в отдельных эритроцитах.

Морфометрические показатели лыжников составили: масса тела –  $66,45 \pm 2,12$  кг, длина тела –  $180,00 \pm 3,90$  см, индекс массы тела –  $19,54 \pm 0,79$  кг/м<sup>2</sup>, общий жир –  $7,00 \pm 0,25$  %, масса мышц –  $50,25 \pm 0,81$  %, ОГК на вдохе –  $98,75 \pm 1,35$  см, на выдохе –  $89,50 \pm 1,20$  см, разность составила  $92,50$ . Количество энергии равнялось  $8528,33 \pm 254,36$  КДж, в калориях –  $2038,33 \pm 60,81$ . ЧСС –  $50,67 \pm 0,83$  уд./мин, частота дыхания –  $15,67 \pm 0,90$  циклов. Средний объем эритроцитов (МСV) составлял  $83,90$  Фл ( $80$ – $100$  Фл), средняя концентрация клеточного гемоглобина в эритроците –  $30,00$  п/г ( $27,31$  п/г), ширина распределения объема тромбоцитов –  $11,00$  % ( $11$ – $20$  %), средний объем тромбоцитов –  $9,80$  Фл ( $7,80$ – $11,80$  Фл), лимфоциты –  $38,88$  % ( $19$ – $37$  %), эозинофилы –  $1,70$  ( $0,5$ – $5$  %), базофилы –  $0,80$  ( $0$ – $4$  %), моноциты –  $10,60$  ( $3$ – $11$  %). Из лейкоцитов  $60$  % составляют нейтрофилы (Нф),  $30$  % – лимфоциты,  $7$  % – моноциты,  $3$  % – эозинофилы,  $1$  % – базофилы. Полученные компоненты красной периферической крови спортсменов находились в референтных границах.

В процессе ступенчатой акклиматизации (3 цикла по 11 дней соответственно на высотах  $1200$ ,  $1600$ ,  $1800$  м) показатели гемоглобина у спортсменов-дистанционников существенно увеличились и составили  $164,80 \pm 2,30$  г/л, а у противоборцев –  $162,35 \pm 1,34$  г/л ( $p < 0,01$ ).

Соответственно, значения гематокрита составили  $50,30 \pm 0,96$  и  $49,26 \pm 1,27$  ( $p < 0,05$ ). Содержание мочевины в месте проживания ( $100$  м над уровнем моря) равнялось  $5,10 \pm 0,37$  ммоль/л, а в верхнем среднегорье соответственно были  $7,50 \pm 0,42$  и  $7,25 \pm 0,39$  ммоль/л.

Показатели активности КФК соответственно равнялись  $138,42 \pm 12,32$  МЕ;  $260,24 \pm 24,96$  МЕ и  $220,22 \pm 20,98$  МЕ ( $p < 0,05$ ). В течение УТС в среднегорье свободные жирные кислоты снижают свое воздействие на энергообмен и окислительное фосфорилирование доминирует на высоте  $1200$  м, затем проявляются деструктивные сдвиги в мышечной ткани ( $1600$  и  $1800$  м) и усиливается нагрузка на миокард вследствие начальной ишемии. Эти ткани являются основным источником уклоняющейся в кровоток активности КФК [11].

Проблема состояния иммунитета у спортсменов является одной из актуальных в спортивной физиологии и иммунологии. Иммунная система является регулирующей в системе функций организма [13]. Иммунная система состоит из различных клеток и гуморальных компонентов. Нейтрофилы, базофилы и эозинофильные гранулоциты, макрофаги обеспечивают неспецифический иммунитет, а цитокины, интерфероны и системные компоненты обуславливают специфический иммунитет.

Ниже приводим таблицу иммунологической резистентности лыжников-гонщиков высокой квалификации 18–23 лет (табл. 2).

Можно полагать, что спортсмены на спе-

циально-подготовительном этапе фундаментального блока детерминантно реагировали на проявление иммунной резистентности, проходя путь от активации, дифференцировки до плазматической клетки и синтеза иммуноглобулинов. Сдвиги концентрации IgG связаны с изменением резистентности иммунной системы на напряженные тренировочные нагрузки. Чувствительность к сдвигу крови является ведущим сенсорным механизмом эндотелиальных клеток, обуславливающим функцию проницаемости сосудистой стенки и активность этих клеток [7].

Характеристика секреторной активности иммунных клеток у представителей видов

Таблица 2  
Table 2

Карта иммунологического исследования спортсменов (КМС, МС, n = 17)  
Immunological profile of athletes (CMS, MS, n = 17)

Типы клеток Cell	Результаты, % Results, %	Референтные границы, % Reference values, %	Результаты, $\times 10^9$ /л Results, $\times 10^9$ /l	Референтные границы, $\times 10^9$ /л Reference values, $\times 10^9$ /l
Лейкоциты периферической крови Peripheral blood leukocytes	–	–	$6,82 \pm 0,64$	4,0–9,0
Нейтрофилы сегментоядерные Segmented neutrophils	$48,40 \pm 2,43$	47,00–72,00	–	2,00–5,50
Эозинофилы / Eosinophils	$1,72 \pm 0,06$	0,50–5,00	–	0,02–0,30
Базофилы / Basophils	$0,82 \pm 0,08$	0,00–1,00	–	0,07
Моноциты / Monocytes	$1,64 \pm 0,86$	3,00–16,00	$1,26 \pm 0,32$	1,20–3,00
Лимфоциты периферической крови Peripheral lymphocytes	$38,86 \pm 1,42$	13,00–37,00	1,20–3,00	1,20–3,00
CD3 – клетки (Т-лимфоциты) CD3 – cells (T-lymphocytes)	$64,86 \pm 1,86$	60,00–80,00	$1,20 \pm 0,07$	1,00–2,40
CD3+CD4+ – клетки (Т-хелперы) CD3+CD4+ – cells (T-helpers)	$45,52 \pm 1,38$	33,00–50,00	$0,85 \pm 0,04$	0,60–1,70
CD3+CD8+ – клетки (цитотоксические лимфоциты) CD3+CD8+ – cells (cytotoxic lymphocytes)	$17,40 \pm 0,80$	16,00–39,00	$0,32 \pm 0,01$	0,30–1,00
CD16+ – клетки (NK-клетки) CD16+ – cells (NK-cells)	$18,62 \pm 0,89$	3,00–20,00	$0,35 \pm 0,03$	0,03–0,50
CD19+ – клетки (В-лимфоциты) CD19+ – cells (B-lymphocytes)	$15,90 \pm 0,76$	5,00–22,00	$0,29 \pm 0,02$	0,04–0,40
Иммуннорегуляторный индекс CD4+ / CD8+ CD4+ / CD8+ immunoregulatory index	$2,72 \pm 0,09$	1,20–2,00	–	–
Фагоцитирующие нейтрофилы (латекс-тест) Phagocytizing neutrophils (latex-test)	$86,90 \pm 2,10$	55,00–95,00	–	–

Таблица 3  
Table 3

Характеристика секреторной активности иммунных клеток  
у представителей видов спорта на силовую выносливость и скоростно-силовых качеств  
Secretary activity of immune cells in endurance and speed-strength sports

Показатели Indicator	Дистанционники, M ± m, n = 52, группа I Distance-related sports, M ± m, n = 52, group I	Спортивные противоборства, M ± m, n = 51, группа II Combat and team sports, M ± m, n = 51, group II	P
сНСТ активность, % sNBT activity, %	37,10 ± 3,46	95,00 ± 4,98	> 0,05
сНСТ интенсивность, у. е. sNBT intensity, с. у.	0,45 ± 0,05	0,44 ± 0,06	> 0,05
иНСТ активность, % iNBT activity, %	39,50 ± 2,45	48,50 ± 3,30	> 0,05
иНСТ интенсивность, у. е. iNBT intensity, с. у.	0,56 ± 0,04	0,68 ± 0,07	< 0,01
АФН, % / NPA, %	41,10 ± 1,96	40,33 ± 2,12	> 0,05
ИФН, у. е. / NPI, с. у.	1,08 ± 0,10	1,00 ± 0,15	> 0,05
ЛАН, у. е. / LAN, с. у.	304,50 ± 25,02	289,50 ± 17,00	> 0,05
ФСН, у. е. / PAN, с. у.	3,14 ± 0,24	2,50 ± 0,14	< 0,05
JgA, г/л / g/l	1,38 ± 0,10	2,65 ± 0,11	< 0,01
JgM, г/л / g/l	1,02 ± 0,05	0,89 ± 0,09	< 0,01
JgG, г/л / g/l	8,56 ± 0,34	7,50 ± 0,29	< 0,05

*Примечание.* НСТ – нитросиний тетразолий; АФН – активность фагоцитоза нейтрофилов; ИФН – интенсивность фагоцитоза нейтрофилов; ЛАН – лизосомальная активность нейтрофилов; ФСН – фагоцитарная система нейтрофилов.

*Note.* NBT – nitroblue tetrazolium; NPA – neutrophil phagocytosis activity; NPI – neutrophil phagocytosis intensity; LAN – lysosomal activity of neutrophils; PAN – phagocytic activity of neutrophils.

спорта, развивающих силовую выносливость и скоростно-силовые качества, представлены в табл. 3.

В группах однонаправленных процессов энергообеспечения наблюдалась вариабельность показателей, чаще всего недостоверная. Гуморальное звено иммунитета свидетельствовало о повышении концентрации JgA у спортсменов-противоборцев и снижении JgM, JgG ( $p < 0,05-0,01$ ). Полученные различия зависят от напряженности регуляторного звена и снижения показателей при скоростно-силовых ДД. Интенсивность индуцирования НСТ-активности у противоборцев свидетельствует о персональной функциональной активности фагоцитов крови вследствие изменения в системе регуляции механизмов и фаз адаптации в результате напряженной ДД. Наблюдалось снижение ФСН у противоборцев по сравнению с представителями видов спорта на силовую выносливость.

Активность фагоцитоза (АФН) была на уровне ниже средних показателей в I и II группах, а интенсивность фагоцитоза нейтрофилов (ИФН) также не изменялась по группам обследования. Лизосомальная активность нейтрофилов (ЛАН) в группе противоборств снижалась на уровне тенденции.

Особенности ДД в спортивных противоборствах заключались в разделении на 3 условные весовые категории (легкие, средние, тяжелые), в разделении стиля самоорганизации: на темповый, скоростно-силовой, силовой, технический, универсальный (борьба, бокс, кик-боксинг). Следует отметить, что в выборке указанных видов спорта выявляются не более 3–5 % универсалов. Содержание системы подготовки согласно массе тела распределялось доминантно: силовая выносливость, скоростно-силовые качества, силы у тяжеловесов. Сравнение показателей периферической крови по весовым категориям не выявило достоверных изменений в показателях лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, индекса адаптивного напряжения, снижение эозинофилов у тяжелоатлетов ( $p < 0,05$ ). По сравнению со средними весами наблюдалось увеличение нейтрофилов у средне- и тяжеловесов по сравнению с легковесами ( $p < 0,05$ ). Показатели гуморального звена иммунитета (A, G, M) были стабильны у тяжеловесов (JgM), JgG достоверно повышались ( $p < 0,01; 0,05$ ), JgA ( $p < 0,05$ ).

Сравнение показателей периферической крови по весовым категориям не выявило достоверных изменений в показателях лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, индекса адаптивного напряжения, снижение эозинофилов у тяжелоатлетов ( $p < 0,05$ ). По сравнению со средними весами наблюдалось увеличение нейтрофилов у средне- и тяжеловесов по сравнению с легковесами ( $p < 0,05$ ). Показатели гуморального звена иммунитета (A, G, M) были стабильны у тяжеловесов (JgM), JgG достоверно повышались ( $p < 0,01; 0,05$ ), JgA ( $p < 0,05$ ).

Выявлялись корреляции выше средней силы между тестами НСТ активности нейтрофилов и моноцитов ( $r = 0,68$ ), JgA и ЛАН ( $r = -0,62$ ), JgA и ДАД ( $r = -0,59$ ) ( $p < 0,05$ ) для всех коэффициентов. Средней силы связи (20 корреляций) обнаружены между показателями клеточного, секреторного и гуморального иммунитета, энергоносителями и показателями сердечно-сосудистой системы, перекисного окисления липидов, электрофоретической подвижности эритроцитов, средними молекулярными пептидами, пульсовым давлением, лизосомальной активностью, активностью фагоцитоза и JgG, НСТ, Нф и пульсовым давлением, JgA и ОПСС (удельное).

Полученные показатели системы крови, иммунологической резистентности в целом позволяют заключить о референтных границах. Отмечены регулирующие факторы, совокупность компонентов иммунитета с показателями СФС. Динамические результаты исследования иммунной системы позволили рассматривать ее как совокупность компонентов СФС на завершении специально-подготовительного блока.

Применяемые технологии подготовки, уровень базальной резистентности, связи и резервы функционального состояния обусловили коррекцию биоуправления [4]. Как показали исследования, снижение МПК вызывало повышение количества В-лимфоцитов ( $r = 0,37$ ), значения Т-лимфоцитов связаны с лизосомальной активностью Нф ( $r = 0,38$ ), JgM с ЭФП эритроцитов ( $r = 0,38$ ), потреблением глюкозы эритроцитами ( $r = 0,37$ ), JgA – с гемолитической устойчивостью эритроцитов ( $r = -0,49$ ), пульсовым давлением ( $r = 0,39$ ), УПСС ( $r = 0,37$ ), JgM с СХЛ и АХЛ<sub>Нф</sub> ( $r = -0,36; 0,28$ ).

Установлено, что МПК отрицательно свя-

зан с рангом спортивного мастерства противоборцев ( $r = -0,53$ ). Наблюдались средняя сила связи между ЛАМ и ЛАН ( $r = 0,45$ ) и с ПОЛ ( $r = 0,43; 0,42$ ), АФН и ПОЛ ( $r = -0,34$ ), НФН и ПОЛ ( $r = 0,23$ ), АФН и СМП ( $0,35$ ), СХЛ и ЛАМ ( $r = 0,37$ ). На фоне низких значений Нф и Мн связи были обратные. Связи АФН и СМП обусловлены изменениями аутоинтоксикации. Из числа межсистемных связей отрицательные связи были между содержанием JgA и пиком гемолиза, ДАД и УПСС.

При анализе показателей у представителей хоккея с шайбой дифференциация проводилась между звеньями атаки, защиты и универсалов (3 %). В звеньях атаки развивались скоростно-силовые качества, технические способности, СКУ, быстрота, скорость перестройки, устойчивость к гипоксии, силовая выносливость. Звенья защиты характеризовали проявление силы, СКУ, силовой выносливости, принятие решения во взаимодействии с вратарями, реакции выбора. Для представителей скоростно-силовых видов спорта характерны белковые интеграции, обуславливающие изменения мышечных волокон. Угнетение фагоцитарной активности лейкоцитов у хоккеистов в условиях тестирующих тренировок связано со структурно-функциональными перестройками. Иммунологическая резистентность хоккеистов снижается под воздействием тестирующих тренировок, у борцов – дней борьбы, у боксеров и кикбоксеров – боевых практик. У хоккеистов снижается скорость синтеза и окисления липидов [2]. Взрывные ДД приводили к сдвигам фагоцитоза, энергетического обеспечения, отдельных звеньев ферментативной активности. На специально-подготовительном этапе блока подготовки наблюдались изменения в системе

**Таблица 4**  
**Table 4**

**Значения периферической крови хоккеистов атаки и защитных звеньев (n = 26)**  
**Peripheral blood profile in hockey players (defenders and forwards)**

Показатели Indicator	Звенья атаки (M ± m) Forward (M ± m)	Звенья защиты (M ± m) Defender (M ± m)	P
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	154,82 ± 1,78	140,90 ± 1,65	< 0,01
Лейкоциты, ×10 <sup>9</sup> /л / Leukocytes, ×10 <sup>9</sup> /l	6,96 ± 0,53	6,24 ± 0,47	> 0,05
Эритроциты, ×10 <sup>9</sup> /л / Erythrocytes, ×10 <sup>9</sup> /l	4,87 ± 0,23	4,37 ± 0,18	< 0,05
СОЭ, мм/ч / ESR, mm/h	6,59 ± 0,62	4,59 ± 0,68	< 0,05
Эозинофилы, % / Eosinophils, %	2,76 ± 0,28	3,24 ± 0,29	< 0,05
Сегментоядерные нейтрофилы, % Segmented neutrophils, %	48,49 ± 2,12	47,89 ± 1,72	> 0,05
Базофилы, % / Basophils, %	0,57 ± 0,18	0,54 ± 0,16	> 0,05
Моноциты, % / Monocytes, %	10,92 ± 1,12	9,82 ± 0,98	> 0,05

периферической крови (табл. 4). Следовательно, интегративная деятельность организма регулируется и управляется взаимодействием саморегулирующихся звеньев СФС.

Представленные показатели периферической крови находились в референтных границах. Статистически достоверные различия были в звеньях нападения в показателях красной крови и содержании эозинофилов – одного из критериев стресс-напряжения.

Система кровообращения спортсменов преимущественно аэробной и анаэробной направленности имеет специфические особенности системного и печеночного кровообращения, обусловленная обеспечением потребностей тканей: транспорт питательных веществ к тканям, продуктов метаболизма, перенос гормонов от одних тканей к другим.

Триада давления, объема и сопротивления базируется, составляя биофизические факторы, особенности гравитации, СКУ, пространственных, временных факторов, силоприложений и ускорений. Система кровообращения спортсменов, развивающих дистанционную силовую выносливость, в условиях гравитации (лежа–стоя) нижнего среднегорья представлена в табл. 5

Индекс резистивности спортсменов варьировал, составляя в правой позвоночной артерии 0,50–0,59, в левой – 0,49–0,56. Индекс пульсативности – 0,56–0,84 и 0,53–0,78. Индексы определялись на основании доплерографии и расчета показателей, которые превосходили значения контроля. Представленные в табл. 5 показатели исходно находились в референтных границах. Функциональные

Таблица 5  
Table 5

Динамика показателей кровообращения у лыжников, бегунов, пловцов  
при ортостатике, задержке дыхания после 20 приседаний ( $M \pm m$ ,  $n = 46$ )  
Blood circulation in skiers, runners and swimmers during orthostatic test, breath holding and 20 squats

Показатели Indicator	Лежа Lying position	Стоя Standing position	Задержка дыхания, 90 с Breath holding, 90 s	После 20 околопредельных глубоких приседаний (30 с) через 3 мин восстановления After 20 full squats (30 s) and a 3-minute recovery	P
ЧСС, уд./мин HR, bpm	59,00 ± 1,45	46,50 ± 2,00	88,00 ± 1,24	79,10 ± 2,10	< 0,01
УО, мл Stroke volume, ml	74,50 ± 2,07	68,42 ± 2,27	50,50 ± 1,51	64,40 ± 2,61	< 0,01
Сердечный выброс, л/мин Cardiac output, l/min	4,17 ± 0,16	4,89 ± 0,24	4,63 ± 0,10	5,12 ± 0,10	< 0,01
САД, мм рт. ст. SBP, mmHg	118,20 ± 1,34	124,16 ± 1,45	130,00 ± 2,78	133,04 ± 0,98	> 0,05
ДАД, мм рт. ст. DBP, mmHg	72,15 ± 1,94	70,20 ± 1,22	76,00 ± 0,72	69,56 ± 0,76	> 0,05
S, y. e. S, c. u.	37,20 ± 3,54	50,10 ± 2,28	58,50 ± 2,28	53,45 ± 2,54	< 0,05
ФВ, % / EF, %	60,48 ± 0,32	57,40 ± 0,30	55,56 ± 0,38	58,64 ± 0,47	< 0,01
ВН / FW	31,10 ± 1,27	25,40 ± 1,47	30,31 ± 2,80	25,56 ± 2,27	< 0,05
АФПГ / PPA	172,90 ± 3,10	33,20 ± 2,54	14,90 ± 1,45	35,64 ± 3,54	< 0,01
АРЕО / AORA	10,10 ± 0,47	8,70 ± 0,27	7,30 ± 0,33	10,45 ± 0,67	< 0,01
Индекс доставки кислорода, y. e. Oxygen transport index, c. u.	428,75 ± 15,71	480,67 ± 16,17	465,50 ± 12,26	497,10 ± 13,78	> 0,05
ОПСС / GPVR	1608,80 ± 53,06	1603,90 ± 48,46	1719,50 ± 33,28	1732,50 ± 19,77	> 0,05
АДпв / APpulse	45,46 ± 1,21	53,90 ± 1,27	53,80 ± 0,82	57,18 ± 0,91	< 0,01
ЧД <sub>РЕО</sub> Breath frequency	4,10 ± 0,80	8,84 ± 0,92	6,00 ± 0,75	10,04 ± 1,27	< 0,05
Интегральные показатели, y. e. Integral indicators, c. u.	40,10 ± 0,41	40,36 ± 0,27	37,29 ± 0,12	41,27 ± 0,53	< 0,01

## Физиология

пробы вызывали достоверные сдвиги параметров ССС вследствие нейрогенных и метаболических факторов регуляций. При задержке дыхания концентрация  $\text{CO}_2$  вызывает расширение сосудов в тканях, в том числе головного мозга, опосредованное влиянием симпатической нервной системы, обуславливающей сужение сосудов всех сосудистых областей организма. Ионное сопровождение вносит коррекцию в механизмы сосудодвигательных реакций.

Система кровотока в условиях заключительного этапа специально-подготовительного фундаментального блока у представите-

лей видов спорта, развивающих выносливость, выглядела следующим образом (табл. 6).

В исследовании выявлялась физиологическая брадикардия в покое в связи с резервами кровотока, медиатором которой служит ацетилхолин (А), разрушаемый в тканях холинэстеразой. Показатели А были в нижней части референтных границ. Выявлено [12] доминирование гуморально-гормональной системы регуляции, обусловленной факторами долговременной адаптации (нагрузка, гипоксия, температура среды, тела, гормоны крови, тканей, избыточный кровоток мозга).

Таблица 6  
Table 6

Система кровотока спортсменов (n = 46)  
Blood flow system in athletes (n = 46)

Показатели / Indicator	M ± m
Кровоток миокарда, % / Myocardium blood flow, %	4,68 ± 0,05
Кровоток скелетных мышц, % / Skeletal muscles blood flow, %	18,35 ± 0,39
Кровоток головного мозга, % / Cerebral blood flow, %	16,54 ± 0,48
Печёночно-портальный кровоток, % / Liver-portal blood flow, %	25,89 ± 0,62
Почечный кровоток, % / Kidney blood flow, %	24,12 ± 0,65
Кровоток кожи, % / Skin blood flow, %	6,98 ± 0,01
Кровоток остальных органов, мл/мин / Other organs blood flow, ml/min	490,32 ± 14,22
Объём циркулирующей крови, мл / Circulating blood volume, ml	74,32 ± 1,16
Минутный объём кровообращения, л / Minute blood volume, l	4,68 ± 0,20
Транспорт $\text{O}_2$ , мл / $\text{O}_2$ transport, ml	1140,19 ± 10,12
Потребление $\text{O}_2$ на 100 г ткани головного мозга, мл $\text{O}_2$ consumption per 100 g of cerebral tissue, ml	2,64 ± 0,03
Насыщение артериальной крови $\text{O}_2$ , % / Arterial blood $\text{O}_2$ saturation, %	94,98 ± 1,17
Потребление $\text{O}_2$ на кг веса, мл / $\text{O}_2$ consumption per kg of body weight, ml	4,84 ± 0,32
Потребление $\text{O}_2$ , мл / $\text{O}_2$ consumption, ml	164,22 ± 4,16
Ударный объём, мл / Stroke volume, ml	72,38 ± 2,98
Интервал PQ, с / PQ interval, s	0,149 ± 0,001
Интервал QT, с / QT interval, s	0,37 ± 0,001
Комплекс QRS, с / QRS complex, s	0,10 ± 0,02
ЧСС, уд./мин / HR, bpm	52,46 ± 1,32
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	118,60 ± 40,10
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg	72,32 ± 2,17
Мозговой кровоток на 100 г ткани, мл / Cerebral blood flow per 100 g of tissue, ml	53,10 ± 0,18
Кровоток на 1 г щитовидной железы, мл / Blood flow per 1 g of thyroid gland, ml	4,00 ± 0,05
Кровоток на 1 г мозговой ткани, мл / Blood flow per 1 g of cerebral tissue, ml	3,18 ± 0,06
Давление спинно-мозговой жидкости, мл / Cerebrospinal fluid pressure, ml	118,92 ± 4,12
Ширина третьего желудочка головного мозга, мм Width of the 3 <sup>rd</sup> cerebral ventricle, mm	6,32 ± 0,24
Работа сердца, Дж. / Heart performance, J	0,98 ± 0,01
Время однократной нагрузки, мин / Single load time, min	9,12 ± 1,36
Суммарное содержание $\text{CO}_2$ в артериальной крови, % / Total $\text{CO}_2$ in arterial blood, %	43,92 ± 0,52
Содержание $\text{CO}_2$ в венозной крови, % / Total $\text{CO}_2$ in venous blood, %	62,96 ± 0,98
Скорость продукции $\text{CO}_2$ , мл/мин / $\text{CO}_2$ production speed, ml/min	220,72 ± 15,62
Индекс сосудистой проницаемости, у. е. / Vascular permeability index, c. u.	4,00 ± 0,05
Плотность плазмы, г/л / Plasma density, g/l	1054,23 ± 1,06
Индекс тканевой экстракции кислорода, у. е. / Tissue oxygen extraction index, c. u.	0,35 ± 0,004
Дефицит циркулирующей крови, мл / Circulating blood deficiency, ml	252,20 ± 0,49



Окончание табл. 6  
Table 6 (end)Система кровотока спортсменов (n = 46)  
Blood flow system in athletes (n = 46)

Показатели / Indicator	M ± m
Сопrotивление малого круга кровообращения, дин/см/с <sup>-5</sup> Blood circulation resistance, small circle, dyn/cm/s <sup>-5</sup>	140,98 ± 1,82
Центральное венозное давление, мм рт. ст. / Central venous pressure, mmHg	70,02 ± 6,98
Время кровообращения большого круга, с / Blood circulation time, large circle, s	21,98 ± 1,16
Время кровообращения малого круга, с / Blood circulation time, small circle, s	5,14 ± 0,05
Расходуемая мощность жизнеобеспечения, Вт / Maintenance of life energy, W	3,39 ± 0,14
Скорость оксигинации, мл/с / Oxygenation speed, ml/s	233,16 ± 1,22
Поверхность газообмена, м <sup>2</sup> / Gaz exchange surface, m <sup>2</sup>	3674,96 ± 15,02
Жизненная емкость легких, л / Vital capacity, l	5560 ± 17,06
МОД, л/мин / Respiratory minute volume, l/min	10,92 ± 1,33
Жизненный объем лёгких в фазе экспирации, см <sup>3</sup> / Expired vital capacity, cm <sup>3</sup>	2926,02 ± 52,14
МВЛ, л/мин / Maximum pulmonary ventilation, l/min	175,28 ± 5,42
Потребление O <sub>2</sub> , мл / O <sub>2</sub> consumption, ml	72,38 ± 2,98
Индекс Тиффно / Tiffeneau index	84,22 ± 2,52
Дыхательный коэффициент, у. е. / Respiration coefficient, c. u.	0,98 ± 0,05

Отражением интегральных механизмов центральной гемодинамики после дозированной физической нагрузки является динамика показателей амплитуды пульсации аорты, обусловленная эластическими свойствами, параметрами УО, ОПСС, изменениями внутригрудного давления при дыхательных актах. Под воздействием физической нагрузки изменения наблюдаются в сосудистом звене кровотока в связи с интеграцией работы миокарда и термального сосудистого русла работающих скелетных мышц и пассивных областей тела [9]. Этот механизм обусловил повышение САД, пульсового давления, умеренное снижение ДАД. Основу регуляции кровотока обеспечивает перераспределение крови между тканями и органами. В позе стоя выражена централизация крови в грудную клетку и превышает давление в стопе по сравнению с аортой, обусловленное гравитацией. Выброс крови из миокарда и пульсация сосудов зависят от цикла дыхания вследствие функций крови из периферии (венозные сосуды, микрососуды). Дыхание регулируется в основном парасимпатической системой, создавая резерв кровообращения, а ее медиатором служит ацетилхолин [10].

В заключение необходимо указать на достоверные различия у представителей дистанционных видов спорта силовой направленности (преимущественно аэробной), скоростно-силовых и силовых видов в показателях красной крови. Выявлялись отдельные показатели

(иммунорегулирующий индекс, лимфоциты). В исследовании отмечались достоверные сдвиги показателей кровотока на ортостаз, задержку дыхания и пробу с приседанием. Установлены референтные показатели кровотока органов, объемов, транспорта O<sub>2</sub>, потребление O<sub>2</sub> мозговой тканью, насыщения артериальной крови O<sub>2</sub>, потребление O<sub>2</sub> на 1 кг массы тела, потребления O<sub>2</sub> всех показателей ССС. Значения локального органного кровотока были в диапазоне нормы. Аналогично выглядели показатели выделения CO<sub>2</sub>, индекса сосудистой проницаемости, плотность плазмы, индекс экстракции O<sub>2</sub>, показатели дефицита крови. В физиологических границах были показатели сопротивления малого круга кровообращения, венозного давления, времени большого и малого круга кровообращения, мощности энергии, скорости оксигинации, поверхности газообмена, функции внешнего дыхания, потребления O<sub>2</sub>, дыхательного коэффициента и индекса Тиффно.

**Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ: FENU-2020-0022 (№ 2020072ГЗ).**

#### Литература

1. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы КЕНТАВР): учеб. пособие для врачей и анестезиологов / А.А. Астахов. – Челябинск: Микролюкс, 1996. – 174 с.

2. Белов, А.А. Оценка функции внешнего дыхания / А.А. Белов. – М.: Рус. врач, 2006. – 68 с.
3. Гайтон, А.К. Медицинская физиология: пер. с англ. / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл; под ред. В.И. Кобрин. – М.: Логосфера, 2008. – 1296 с.
4. Гаркави, Л.Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, М.А. Уколева. – Ростов н/Д.: РГУ, 1990. – 220 с.
5. Захаров, Ю.М. Цитопротективные функции эритропоэтина / Ю.М. Захаров // Клин. нефрология. – 2009. – № 1. – С. 16–21.
6. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки: пер. с англ. / Р. Мохан, М. Глессон, П.Л. Гринхафф. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 294 с.
7. Рафф, Г. Секреты физиологии: пер. с англ. / Г. Рафф. – М.: СПб.: Бином, Невский диалект, 2001. – 448 с.
8. 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. – 579 с.
9. Тель, Л.З. Нормальная физиология: учебник / Л.З. Тель. – М.: Литтера, 2015. – 768 с.
10. Физиология человека с основами патофизиологии / под ред. Р.Ф. Шмидта, Ф. Ланга, М. Хекманна; пер. с нем. под ред. М.А. Каменской и др. – М.: Лаборатория знаний, 2019. – 537 с.
11. Эрлих, В.В. Системно-синергетические интеграции в саморегуляции гомеостаза и физической работоспособности человека в спорте: учеб. пособие / В.В. Эрлих, А.П. Исаев, В.В. Корольков. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2012. – 228 с.
12. Effects of short- and long-term adaptation to the middle-altitude hypoxia on the condition of athletes practicing cyclic and acyclic sports / A.P. Isaev, V.V. Erlikh, A.S. Bakhareva et al. // *Minerva Ortop Traumatol.* – 2018. – Vol. 69 (Suppl. 1 al N. 3). – P. 31–42. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03873-0
13. Modeling in the System of Adaptation and Sport Training Management / A.P. Isaev, R.Ya. Abzalilov, V.V. Rybakov et al. // *Human Sport. Medicine.* – 2016. – Vol. 16, no. 2. – P. 42–51.
14. Physiological, biomechanical, cellular and molecular, theoretical and methodological features of planning of successful sports activity in endurance sports / A.P. Isaev, V.V. Ehrlich, V.V. Epishev, J.B. Khusainova // *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury.* – 2015. – No. 4. – P. 18–20.

**Исаев Александр Петрович**, заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор 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: isaevap@susu.ru, ORCID: 0000-0003-2640-0240.

**Эрлих Вадим Викторович**, доктор биологических наук, профессор кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: erlikhv@susu.ru, ORCID: 0000-0003-4416-1925.

**Шевцов Анатолий Владимирович**, доктор биологических наук, 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.

**Бычковских Владимир Анатольевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры факультетской хирургии, Южно-Уральский государственный медицинский университет. 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64. E-mail: 52vab@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-1291-4243.

**Кораблева Юлия Борисовна**, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки, преподаватель кафедры спортивного совершенствования Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531.

*Поступила в редакцию 23 февраля 2021 г.*

## INTEGRAL CRITERIA FOR SYSTEM FORMING CHARACTERISTICS OF THE FUNCTIONAL SYSTEM IN HIGHLY SKILLED ATHLETES FROM DIFFERENT SPORTS

A.P. Isaev<sup>1</sup>, isaevap@susu.ru, ORCID: 0000-0003-2640-0240,  
V.V. Erlikh<sup>1</sup>, erlikhvv@susu.ru, ORCID: 0000-0003-4416-1925,  
A.V. Shevtsov<sup>2</sup>, sportmedi@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9878-3378,  
V.A. Bychkovskikh<sup>3</sup>, 52vab@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-1291-4243,  
Yu.B. Korableva<sup>1</sup>, julya-74@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2337-3531

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

<sup>2</sup>National State University of Physical Culture, Sport and Health named after P.F. Lesgafta,  
St. Petersburg, Russian Federation,

<sup>3</sup>South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation

**Aim:** the paper aims to find and justify the use of assessment and diagnostic technologies in monitoring physical fitness and developing training programs depending on body weight, sports events, load intensity, style characteristics and specific features of motor activity. **Materials and methods.** The study involved athletes of various sports (skaters, judokas, kickboxers, hockey players, skiers, swimmers, biathletes) ages 18–23 (CMS, MS, ILMS). The following equipment was used for the study: AMP non-invasive blood analyzer, Cardiovit AT 104-PC stress system, EPICS XL flow cytometer, Digi-Lite transcranial Doppler. **Results.** In group I, local-regional muscular endurance developed intensively (35% of the total volume). Indices of humoral immunity significantly differed from group II ( $p < 0.05–0.001$ ). There were statistically significant differences in nitroblue tetrazolium activity (NBT) ( $p < 0.01$ ) and the phagocytic system of neutrophils (FSN) ( $p < 0.05$ ). In hockey players (defenders and forwards), statistically significant differences were found in hemoglobin, erythrocytes, erythrocyte sedimentation rate, eosinophils. **Conclusion:** During long-term adaptation, the unified special functional system (SFS) of motor activity is characterized by functional and metabolic stability due to the phases of developmental and stabilizing adaptation before competitions.

**Keywords:** integral factors, energy supply, functional system, blood, immunity, adaptation, modernization.

### Reference

1. Astakhov A.A. *Fiziologicheskiye osnovy bioimpedansnogo monitoringa gemodinamiki v anesteziologii (s pomoshch'yu sistemy KENTAVR): ucheb. posobiye dlya vrachey i anesteziologov* [Physiological Foundations of Bioimpedance Monitoring of Hemodynamics in Anesthesiology]. Chelyabinsk, Mikrolyuks Publ., 1996. 174 p.
2. Belov A.A. *Otsenka funktsii vneshnego dykhaniya* [Assessment of the Function of External Respiration]. Moscow, Russian Doctor Publ., 2006. 68 p.
3. Gayton A.K., Khol Dzh.E. *Meditinskaya fiziologiya* [Medical Physiology], Transl. from Engl. Moscow, Logosfera Publ., 2008. 1296 p.
4. Garkavi L.Kh., Kvakina E.B., Ukoleva M.A. *Adaptatsionnyye reaktsii i rezistentnost' organizma* [Adaptation Reactions and Resistance of the Organism]. Rostov n/Donu, RGU Publ., 1990. 220 p.
5. Zakharov Yu.M. [Cytoprotective Functions of Erythropoietin]. *Klinicheskaya nefrologiya* [Clinical Nephrology], 2009, no. 1, pp. 16–21. (in Russ.)
6. 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, Olimp. Lit. Publ., 2001. 294 p.
7. Raff G. *Sekretы физиологии* [Secrets of Physiology], Transl. from Engl. Moscow, Binom Publ.; St. Petersburg, Nevsky Dialect Publ., 2001. 448 p.

8. 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, Politekh-Press Publ., 2018. 579 p.

9. Tel' L.Z. *Normal'naya fiziologiya: uchebnik* [Normal Physiology]. Moscow, Littera Publ., 2015. 768 p.

10. Shmidt R.F., Lang F., Khekmann M. *Fiziologiya cheloveka s osnovami patofiziologii* [Human Physiology with the Basics of Pathophysiology], Transl. from German. Kamenskaya M.A. et al. Moscow, Laboratory of Knowledge Publ., 2019. 537 p.

11. Erlikh V.V., Isayev A.P., Korol'kov V.V. *Sistemno-sinergeticheskiye integratsii v samoregulyatsii gomeostaza i fizicheskoy rabotosposobnosti cheloveka v sporte: ucheb. Posobiye* [System-Synergetic Integration in Self-Regulation of Homeostasis and Physical Performance of a Person in Sports]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2012. 228 p.

12. Isaev A.P., Erlikh V.V., Bakhareva A.S. et al. Effects of Short- and Long-Term Adaptation to the Middle-Altitude Hypoxia on the Condition of Athletes Practicing Cyclic and Acyclic Sports. *Minerva Ortop Traumatol*, 2018, vol. 69 (suppl. 1 al no. 3), pp. 31–42. DOI: 10.23736/S0394-3410.18.03873-0

13. Isaev A.P., Abzalilov R.Ya., Rybakov V.V. et al. Modeling in the System of Adaptation and Sport Training Management. *Human. Sport. Medicine*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 42–51. DOI: 10.14529/hsm160204

14. Isaev A.P., Ehrlich V.V., Epishev V.V., Khusainova J.B. Physiological, Biomechanical, Cellular and Molecular, Theoretical and Methodological Features of Planning of Successful Sports Activity in Endurance Sports. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2015, no. 4, pp. 18–20. DOI: 10.14529/ozfk140404

*Received 23 February 2021*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Интегральные критерии системообразующих факторов функциональной системы организма спортсменов высокой спортивной квалификации разных видов спорта / А.П. Исаев, В.В. Эрлих, А.В. Шевцов и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 7–18. DOI: 10.14529/hsm210201

### FOR CITATION

Isaev A.P., Erlikh V.V., Shevtsov A.V., Bychkovskikh V.A., Korableva Yu.B. Integral Criteria for System Forming Characteristics of the Functional System in Highly Skilled Athletes from Different Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 2, pp. 7–18. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210201