

Бахарева Анастасия Сергеевна^{1✉}, Шибкова Дарья Захаровна¹, Семенова Мария Владимировна²

¹ Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия

² Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

✉ bakharevaas@susu.ru

ОСОБЕННОСТИ КИСЛОРОДТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА

Аннотация. *Цель:* выявить особенности динамики кислородтранспортной функции эритроцитов по показателям эритроцитарных индексов у лыжников-гонщиков при адаптации к физическим нагрузкам на разных этапах подготовительного периода.

Материалы и методы. Исследование проведено на базе Института спорта, туризма и сервиса Южно-Уральского государственного университета. Оценивали морфофункциональные особенности эритроцитов у 20 спортсменов-лыжников мужского пола на базовом и специально-подготовительном этапах тренировочного процесса, с учётом дифференциации спортсменов по уровню физической работоспособности (группа лидеров ($n = 10$), группа резерва ($n = 10$)). Приводятся значения эритроцитарных индексов: MCV, MCH, MCHC, RDW-SD и RDW-CV, определённых с помощью гематологического анализатора Sysmex XN-1000 (Sysmex, Япония).

Результаты. Значения эритроцитарных индексов в группах сравнения у лыжников-гонщиков находились в пределах физиологической нормы для квалифицированных спортсменов. Анализ динамики приростов эритроцитарных индексов в группе лидеров выявил статистически значимое повышение значения MCV в конце базового этапа подготовки на 9,4%, с возвращением к исходному уровню к концу специально-подготовительного этапа. На протяжении трёх этапов подготовки в обеих группах не отмечалось изменения MCH и RDW-CV. Персонализированный анализ эритроцитарных индексов выявил высокую вариабельность показателя MCV на втором этапе подготовки не только у представителей группы лидеров, но и резерва, различия параметра между спортсменами с самым высоким и низким уровнем работоспособности из группы резерва составили 13,6%, из группы лидеров – 10,7%. При этом по параметру насыщения эритроцитов гемоглобином различия между спортсменами из группы лидеров были минимальны (2,2%), а из группы резерва составили 12%.

Заключение. На уровне эритроцитарных индексов проявляются изменения среднего объёма эритроцитов и параметров вариации среднего эритроцитарного объёма, при этом данные изменения более выражены в группе спортсменов, отличающихся более высоким уровнем физической работоспособности.

Ключевые слова: адаптация к физическим нагрузкам, эритроцитарные индексы, квалифицированные спортсмены, лыжники-гонщики, этапы подготовительного периода

Для цитирования: Бахарева А. С., Шибкова Д. З., Семенова М. В. Особенности кислородтранспортной функции эритроцитов у лыжников-гонщиков на разных этапах подготовительного периода // Национальный вестник медицинских ассоциаций. 2025. Т. 2, № 3. С. 16-21

Введение. В исследованиях адаптационных реакций организма спортсменов на максимальные и субмаксимальные физические нагрузки одной из актуальных задач, стоящих перед специалистами в области спортивной физиологии и медицины [1, 2, 3, 4, 5], является выявление «биомаркеров», позволяющих оценить функциональное состояние ведущих физиологических систем организма и эффективность адаптации спортсменов на разных этапах тренировочного процесса. Например, определены информативные индикаторы костного и мышечного метаболизма, обеспечивающие адаптацию спортсменов к тренировочным нагрузкам [6]. Существуют специфические особенности адаптационных процессов, связанные

с конкретными задачами того или иного вида спорта, так, например, показано формирование особой архитектуры биоэнергообеспечения у лиц, профессионально занимающихся лыжным спортом [7, 8]. При этом остаётся дискуссионным вопрос об основных факторах, ограничивающих аэробную работоспособность спортсменов [9].

Важнейшим компонентом адаптивного ответа организма на воздействие физических нагрузок являются компенсаторно-адаптационные реакции системы крови, связанные, в первую очередь, с реализацией кислородтранспортной функции, лимитирующей уровень кислородного обеспечения работающих органов [10]. Механизмы реакции системы крови на воздействие интенсивных физических

Bakhareva Anastasia S.¹✉, Shibkova Daria Z.¹, Semenova Maria V.²

¹ South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

² South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

✉ bakharevaas@susu.ru

THE OXYGEN TRANSPORT OF ERYTHROCYTES FUNCTIONS AMONG RACING SKIERS AT DIFFERENT STAGES OF THE PREPARATORY PERIOD

Abstract. Objective of the study: to identify the dynamics of erythrocyte oxygen transport function based on erythrocyte indices in ski racers during adaptation to physical activity at different stages of the preparatory period.

Materials and methods of research. The study was conducted at the Institute of Sports, Tourism, and Service of the South Ural State University. The morphofunctional features of erythrocytes were evaluated in 20 male ski athletes at the basic and special-training stages of the training process, taking into account the differentiation of athletes by their level of physical working capacity (leaders group (n = 10), reserve group (n = 10)). The values of erythrocyte indices are presented: MCV, MCH, MCHC, RDW-SD u RDW-CV, measured using a hematological analyzer Sysmex XN-1000 (Sysmex, Japan).

Results and discussion. The values of erythrocyte indices in the comparison groups of ski racers were within the physiological norm for qualified athletes. An analysis of the dynamics of erythrocyte index increases in the leader group revealed a statistically significant increase in the MCV value at the end of the basic training stage by 9.4%, with a return to the initial level by the end of the special training stage. There were no changes in MCH and RDW-CV during the three training stages in both groups. A personalized analysis of erythrocyte indices revealed a high variability of the MCV indicator at the second stage of training, not only among the leaders, but also among the reserves. The differences in the parameter between athletes with the highest and lowest levels of performance from the reserve group were 13.6%, and from the leader group were 10.7%. In terms of erythrocyte hemoglobin saturation, the differences between athletes from the leader group were minimal (2.2%), while those from the reserve group were 12%.

Conclusion. At the level of erythrocyte indices, there are changes in the average volume of erythrocytes and the variation parameters of the average erythrocyte volume, and these changes are more pronounced in the group of athletes with a higher level of physical performance.

Keywords: adaptation to physical exertion, erythrocyte indices, qualified athletes, ski racers, stages of the preparatory period

竞速滑雪运动员准备期不同阶段红细胞氧输送功能的研究

摘要。研究目的：基于红细胞指标，探究滑雪运动员在准备期不同阶段适应体力活动过程中红细胞氧运输功能的动态变化。

研究材料与方法：本研究由南乌拉尔国立大学体育、旅游与服务学院开展。评估了20名男性滑雪运动员在训练过程的基础训练和专项训练阶段的红细胞形态功能特征，并根据运动员的体能水平（领队组（N = 10）、预备组（N = 10））进行分组。红细胞指标值如下：平均红细胞体积（MCV）、平均红细胞血红蛋白（MCH）、平均红细胞血红蛋白胆固醇（MCHC）、红细胞平均红细胞直径（RDW-SD）和红细胞平均红细胞直径（RDW-CV），采用SYSMEX XN-1000血液分析仪（日本SYSMEX公司）测量。

结果与讨论。滑雪运动员对照组的红细胞指标值均在合格运动员的生理正常范围内。对领队组红细胞指标增长动态的分析显示，基础训练结束时MCV值显著增加9.4%，到专项训练结束时恢复到初始水平。两组在三个训练阶段的MCH和RDW-CV均未发生变化。对红细胞指标的个体化分析显示，在第二训练阶段，MCV指标不仅在领队组之间存在较大变异，在替补组之间也存在较大变异。替补组最高水平与最低水平运动员之间的该参数差异为13.6%，领队组为10.7%。在红细胞血红蛋白饱和度方面，领队组运动员之间的差异较小（2.2%），而替补组运动员之间的差异为12%。

结论。在红细胞指标水平上，红细胞平均体积及平均红细胞体积变异参数均存在变化，且这种变化在体能水平较高的运动员群体中更为明显。

нагрузок, обеспечивающие адаптацию к повышенному кислородному запросу, реализуются по принципу гетерохронности [11] и обусловлены генотипами спортсменов. Показано, что выраженное снижение размеров эритроцитов в процессе адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов – носителей генотипа A/A гена CMA1 и D/D гена ACE можно рассматривать как адаптационно-компенсаторную реакцию, направленную на увеличение суммарной «дыхательной поверхности» крови. Кроме того, в условиях повышения сосудистого тонуса, ассоциированного с более высокой интенсивностью синтеза ангиотензина II, снижение

размеров эритроцитов способствует оптимизации реологических свойств крови [12]. Таким образом, различные пути адаптации системы крови к тренировочным нагрузкам спортсменов проявляются разными механизмами обеспечения компенсации кислородного запроса.

Цель исследования. Выявить особенности динамики кислородтранспортной функции эритроцитов по показателям групповых и персонализированных эритроцитарных индексов у лыжников-гонщиков при адаптации к физическим нагрузкам на разных этапах подготовительного периода.

Материалы и методы исследования. Исследование проведено на базе научно-исследовательского центра спортивной науки Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ). Включение спортсменов в обследуемые группы осуществлялось на основе добровольного письменного информированного согласия. Выборка лыжников-гонщиков формировалась по следующим критериям: мужской пол, возраст $21,35 \pm 3,56$ лет, уровень спортивной квалификации от первого разряда до мастера спорта, отсутствие травм и заболеваний в период обследований на протяжении подготовительного периода. Исследование параметров крови спортсменов проводили в различные этапы подготовительного периода: начало базового этапа (май) – I этап; завершение базового этапа (август) – II этап и окончание специально-подготовительного этапа (октябрь-ноябрь) – III этап. Выборка ($n = 20$) была дифференцирована по уровню скорости выполнения двигательных действий на ручном лыжном эргометре на группу «лидеров» (1-я группа, $n = 10$) и группу резерва (2-й группа, $n = 10$). Методика оценки работоспособности спортсменов по скорости преодоления нагрузки подробно представлена в работе [13]. Забор венозной крови у спортсменов производили утром натощак из локтевой вены в медицинском центре ЮУрГУ, в соответствии с рекомендациями международного комитета по стандартизации в гематологии (ICSH), стандартным способом венепункции в вакуумную пробирку. Результаты показателей крови были получены на гематологическом анализаторе Sysmex XN-1000 (Sysmex, Япония). Анализировали следующие стандартные эритроцитарные индексы: MCV, MCH, MCHC, RDW-SD и RDW-CV.

Статистический анализ результатов исследования проводился с помощью пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics v. 23. Показатели крови были подвергнуты проверке на нормальность распределения по критерию Шапиро-Уилка (W). Для выявления степени однородности данных был рассчитан коэффициент вариации (CV, %). В связи с отклонением ряда параметров от нормального распределения значения эритроцитарных индексов были представлены в виде медианы и перцентилей (Me; 25-75%). Для проверки статистической значимости полученных данных применялся непараметрический критерий Манна-Уитни (U).

Результаты и обсуждение. Анализ количественных показателей эритроцитарного звена системы крови у обследованных нами лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода выявил однонаправленную положительную динамику роста количества эритроцитов и концентрации гемоглобина, но разнонаправленную – гематокрита и СОЭ [13]. Однако показано, что количество эритроцитов и концентрация гемоглобина не всегда объективно отражают уровень физической работоспособности [14], так как могут не коррелировать с аэробными возможностями спортсмена. Более объективные данные о кислородтранспортных свойствах эритроцитов отражает анализ эритроцитарных индексов. Значения эритроцитарных индексов у лыжников-гонщиков двух исследуемых групп на различных этапах подготовительного периода представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика показателей эритроцитарных индексов системы крови у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода (Me (25-75%))

Группа	Этап	Эритроцитарные индексы				
		MCV, фл	MCH, пг	MCHC, г/л	RDW-SD, фл	RDW-CV, %
Лидеры (n = 10)	I этап	88,50 85,35- 99,70	31,00 28,40- 31,15	333,50 325,50- 343,00	41,50 39,20- 44,15	13,00 12,30- 13,35
	II этап	96,80* 92,65- 103,42	31,10 29,62- 31,67	311,50 301,50- 333,50	45,90 43,70- 56,27	13,35 12,77- 14,67
	III этап	90,00 86,80- 98,30	30,00 28,35- 31,20	331,00 305,50- 341,50	40,90 39,65- 41,90	13,20 12,10- 14,30
Резерв (n = 10)	I этап	88,30 82,95- 91,85	30,55 29,87- 31,15	347,00 338,50- 361,00	43,05 41,20- 45,50	11,85 12,47- 13,17
	II этап	88,95 83,15- 92,65	30,60 29,67- 31,30	344,50 338,00- 357,00	41,75 39,12- 44,60	11,95 11,67- 13,12
	III этап	87,95 81,77- 97,80	30,25 28,90- 31,45	344,50 321,75- 353,75	43,00 39,42- 49,27	11,95 11,82- 13,42

Примечание: MCV, фл – средний объём эритроцита; MCH, пг – среднее содержание гемоглобина в эритроците; MCHC, г/л – средняя концентрация гемоглобина в эритроците; RDW-SD, фл – относительная ширина распределения эритроцитов по объёму; RDW-CV, % – распределение эритроцитов по величине; * – статистическая значимость ($U = 1,50$ при $p = 0,032$) между показателями MCV на I-ом и II-ом этапах подготовки.

Результаты, представленные в таблице 1, свидетельствуют, что медианные значения эритроцитарных индексов в группах сравнения у лыжников-гонщиков находились в пределах физиологической нормы для квалифицированных спортсменов [15]. Анализ динамики приростов эритроцитарных индексов системы крови в группе лидеров выявил статистически значимое повышение среднего объёма эритроцитов на 9,4%, тенденцию к увеличению показателя распределения эритроцитов по объёму на 10,6% и к снижению концентрации гемоглобина на 6,6% в конце базового этапа подготовки. Увеличение среднего объёма эритроцита на втором этапе подготовительного периода в группе лидеров указывает на большую индивидуальную вариативность данного показателя, что отразилось в диапазоне межквартильного размаха показателей в сторону повышения.

В исследовании распределения эритроцитов по диаметру в циркулирующей крови лыжников-гонщиков до и после момента порога анаэробного обмена было показано разнонаправленное изменение размеров эритроцитов в период физической нагрузки. Индивидуальный характер изменения среднего диаметра эритроцитов у спортсменов, проявляющийся во время достижения порога анаэробного обмена, по мнению авторов, соответствует избирательной элиминации преимущественно макро- или микроцитов [16]. Выявленный авторами характер изменения среднего диаметра эритроцитов у спортсменов свидетельствует о наличии различных вариантов срочной адаптационной реакции периферического звена эритроцитона, обусловленных спецификой внутриклеточных процессов, и, в целом, направленных на оптимизацию

транспортной функции и поддержания «гомеостаза» крови в меняющихся условиях микроокружения.

К концу подготовительного периода (III этап) значения эритроцитарных индексов в группе «лидеров» возвращались к уровню первоначальных значений. На протяжении трёх этапов подготовительного периода не отмечалось изменения абсолютной массы всех гемоглиновых молекул в одном эритроците (MCH) даже на уровне тенденции. При относительном увеличении объёма эритроцитов и отсутствии изменений MCH закономерно наблюдалось уменьшение показателя «плотности» заполнения эритроцита гемоглином (MCHC), колебания насыщения эритроцитов гемоглином не выходили за пределы физиологической нормы и составляли порядка 6%.

В группе резерва изменения исследуемых эритроцитарных индексов по этапам подготовительного периода были минимальными, что является свидетельством относительной стабильности морфофункциональных показателей эритроцитарного звена периферической крови, на фоне поэтапного повышения физических нагрузок. Индекс распределения эритроцитов по размеру (RDW-CV) у представителей группы резерва на всех этапах подготовительного периода находился на нижней границе нормы (11-12%). В литературе имеются противоречивые данные о взаимосвязи морфологической вариабельности эритроцитов и уровня тренированности спортсменов. Так, например, указывается, что увеличение среднего диаметра эритроцита наблюдается у менее адаптированных к физическим нагрузкам, по сравнению с более адаптированными, и более высокая степень анизозитоза взаимосвязана с большей долей макроцитов [17]. Другие авторы считают, что чем меньше вариабельность показателей крови, тем выше тренированность спортсменов [18], показана более высокая вариабельность эритроцитарного профиля у спортсменов-байдарочников, по сравнению с «не спортсменами» [19]. Взаимосвязь между уменьшением размеров и среднего объёма эритроцитов с более высокой адаптированностью организма спортсменов к физической нагрузке показана в работе [20].

Мерой средней кислородной способности красной крови является показатель отношения общего гемоглибина к гематокриту (коэффициент MCHC). В начале подготовительного периода средняя концентрация гемоглибина в объёме эритроцитов была незначительно выше у спортсменов в группе резерва 4,2%, к концу базового периода различия с группой лидеров увеличились до 10,6%, к концу специально-подготовительного этапа сократились до 4,1%. Выявленное снижение отношения общего гемоглибина к гематокриту в группе лидеров в конце базового этапа подготовительного периода может быть следствием увеличения объёма плазмы крови, опережающего увеличение синтеза гемоглибина (в итоге, относительное снижение концентрации гемоглибина при возросшем объёме эритроцитов). Также причиной снижения MCHC у спортсменов группы лидеров, предположительно, может быть усиление внутрисудистого гемолиза в результате более интенсивных механических нагрузок на клетки (т. н. «спортивная анемия»), по сравнению с группой резерва. Восстановление к исходным параметрам MCHC в конце

тренировочного периода является свидетельством эффективных механизмов компенсации снижения кислородной ёмкости крови.

В ходе исследования были проанализированы персонифицированные показатели эритроцитарных индексов у представителей из группы лидеров и резерва (таблица 2). У спортсмена № 1 с максимальным показателем физической работоспособности из группы лидеров на этапах подготовительного периода наблюдались минимальные колебания эритроцитарных индексов.

Таблица 2 – Персонифицированная динамика показателей эритроцитарных индексов системы крови у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода

Спортсмен	I этап	II этап	III этап
MCH, пг (N = 28-36 пг)			
Лидер 1	31,00	30,90	30,00
Лидер 10	31,60	31,30	27,80
Резерв 1	31,30	31,80	31,30
Резерв 10	31,20	31,30	31,10
MCV, фл (N = 80-100 фл)			
Лидер 1	91,40	90,50	89,50
Лидер 10	91,20	97,20	84,10
Резерв 1	94,00	105,50	100,20
Резерв 10	91,90	92,40	94,40
MCHC, г/л (N = 310-370 г/л)			
Лидер 1	321,00	327,00	335,00
Лидер 10	338,00	320,00	331,00
Резерв 1	333,00	301,00	311,00
Резерв 10	340,00	337,00	314,00
RDW-SD, фл (H = 35-60 фл)			
Лидер 1	43,40	40,60	40,40
Лидер 10	40,50	44,60	40,90
Резерв 1	41,20	38,80	38,80
Резерв 10	44,90	43,40	44,70
RDW-CV, % (H = 11-15%)			
Лидер 1	12,70	12,60	12,30
Лидер 10	12,20	12,60	13,20
Резерв 1	11,80	12,00	11,90
Резерв 10	11,80	12,00	12,30

Примечание: N – нормативные значения эритроцитарных индексов у квалифицированных спортсменов [15]; H – популяционная норма для мужчин.

У лидера № 10 поэтапные изменения эритроцитарных индексов носили фазный характер. Так, к концу базового этапа наблюдалось увеличение показателя MCV на 6,6% от исходного уровня, а к концу подготовительного периода было отмечено его снижение на 13,5% с параллельным снижением MCH на 11,2%, до уровня нижней границы нормы. При этом, у обоих спортсменов из группы лидеров отмечена тенденция к увеличению концентрации гемоглибина (MCHC) от второго к третьему этапу подготовительного периода, характеризующегося более высокой интенсивностью нагрузок.

У спортсменов № 1 и № 10 из группы резерва показатель MCH на всех этапах был стабильным и находился в границах нормативных значений. При этом у резерва № 1 показатель MCHC к концу базового периода был ниже нормы, а относительно исходного уровня снижение составило 9,6% на фоне увеличения среднего размера эри-

троцитов на 12,2%. У спортсмена № 10 из группы резерва, с самой низкой работоспособностью, эритроцитарные индексы находились в пределах популяционной нормы для мужчин. Следует отметить относительно более высокую межиндивидуальную вариабельность показателя среднего объёма эритроцита на втором этапе подготовительного периода. При этом по параметру насыщения эритроцитов гемоглобином различия между спортсменами из группы лидеров были минимальны (2,2%), а из группы резерва составили 12%.

Заключение. Механизмы адапционно-компенсаторных реакций системы крови, обеспечивающих организм повышенным запросом кислорода, имеют индивидуальные особенности и реализуются гетерохронно. На уровне эритроцитарных индексов проявляются изменениями среднего объёма эритроцитов и параметров вариации среднего эритроцитарного объёма, при этом данные изменения более выражены в группе спортсменов, отличающихся более высоким уровнем физической работоспособности. В целом параметры гематологических индексов свидетельствуют об адекватном уровне адаптированности спортсменов обеих групп к физическим нагрузкам, предъявляемым на этапах подготовительного периода.

Судя по показателям эритроцитарных индексов системы крови, адаптивные механизмы у лидеров были направлены на поддержание суспензионной устойчивости крови, что способствует улучшению её реологических свойств в микроциркуляторном русле и у спортсменов расценивается как результат адаптации к систематическому выполнению физических нагрузок [1, 21].

На основе анализа литературных данных и проведённого нами исследования можно заключить, что отдельные морфофункциональные параметры эритроцитов крови не могут быть использованы в качестве критериев функционального состояния организма спортсменов или критериев эффективности адаптации в связи с наличием большого количества индивидуальных вариантов архитектоники механизмов обеспечения адаптации к повышенному кислородному запросу. В изучении адапционных реакций системы крови к специфическим условиям тренировочного процесса перспективным является динамическое персонифицированное наблюдение параметров системы крови спортсменов с учётом уровня квалификации и периода тренировочного цикла.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCE

1. Сравнительная характеристика показателей периферического отдела эритроцитов у спортсменов различных специализаций / С. Л. Сашенков [и др.] // Вестник Уральского медицинского академического университета. 2011. № 4(37). С. 94-96. [Comparative characteristics of the indices of the peripheral part of the erythron in athletes of various specializations / S. L. Sashenkov [et al.] // Bulletin of the Ural Medical Academic Science. 2011. No. 4(37). P. 94-96. (In Russ)].
2. Корягина Ю.В., Смоленцева В. Н. Психологические аспекты спортивной работоспособности (анализ инновационных исследований зарубежных лабораторий за 2010-2016 гг.) // Современная наука и образование. 2016. № 5. С. 237. [Koryagina Yu.V., Smolentseva V. N. Psychological aspects of sports performance (analysis of innovative research of foreign laboratories for 2010-2016) // Modern problems of science and education. 2016. No. 5. P. 237. (In Russ)].
3. Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / Отв. ред. Е. Р. Бойко. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2019. 256 с. [Physiological and biochemical mechanisms for ensuring sports activity in winter cyclic sports / Ed. E. R. Boyko. Syktyvkar: Komi Republic Printing House LLC, 2019. 256 p. (In Russ)].
4. Analysis of a sprint ski race and associated laboratory determinants of world-class performance / O. Sandbakk, G. Ettema, S. Leirdal, V. [et al.] // Eur. J. Appl. Physiol. 2011. Vol. 111, No. 6. P. 947-957.
5. Saltin B. Success in CC skiing: no longer just a question of a high aerobic capacity / B. Saltin // 6th International Congress on Science and Skiing 2013, St. Christoph am Arlberg. 2013. P. 14.
6. Иорданская Ф. А. Мониторинг функциональной подготовленности спортсменов – диагностические и прогностические возможности с использованием мобильных технологий в процессе тренировочных мероприятий: монография. Москва: Спорт, 2022. 284 с. [Iordanskaya F. A. Monitoring the functional fitness of athletes – diagnostic and prognostic capabilities using mobile technologies in the process of training events: monograph. Moscow: Sport, 2022. 284 p. (In Russ)].
7. Ширковец Е. А. Анализ биоэнергетических критериев, реализуемых при управлении тренировочным процессом // Актуальные проблемы спортивной науки. Москва: Издательство МБА, 2017. С. 105-115. [Shirkovets E. A. Analysis of bioenergetic criteria implemented in the management of the training process // Actual problems of sports science. Moscow: MBA Publishing House, 2017. P. 105-115. (In Russ)].
8. Ширковец Е.А., Морозов В. Н., Рыбина И. Л. Различия структур функциональных показателей спортсменов в циклических видах спорта // Вестник спортивной науки. 2019. № 3. С. 28-31. [Shirkovets E. A., Morozov V. N., Rybina I. L. Differences in the structures of functional indicators of athletes in cyclic sports // Bulletin of Sports Science. 2019. No. 3. P. 28-31. (In Russ)].
9. Павлов С.Е., Разумов А. Н., Павлова Т. Н. Основы медико-биологического обеспечения подготовки квалифицированных спортсменов. Москва: ОнтонПринт, 2018. 337 с. [Pavlov S. E., Razumov A. N., Pavlova T. N. Fundamentals of medical and biological support for the training of qualified athletes. Moscow: OntoPrint, 2018. 337 p. (In Russ)].
10. Особенности показателей периферической крови в зависимости от уровня спортивной квалификации спортсменов / С.Л.Сашенков [и др.] // Российский иммунологический журнал. 2017. Т. 11, № 3(20). С. 496-498. [Features of peripheral blood parameters depending on the level of sports qualification of athletes / S. L. Sashenkov [et al.] // Russian Journal of Immunology. 2017. Vol. 11, No. 3(20). P. 496-498. (In Russ)].
11. Дроздов Д.Н., Кравцов А. В. Динамика срочной адаптации эритроцитов к действию регулярной физической нагрузки у молодых мужчин // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И. П. Шамякина. 2017. № 2(50). С. 22-26. [Drozdov D. N., Kravtsov A. V. Dynamics of urgent adaptation of erythrocytes to the action of regular physical activity in young men // Bulletin of the Mozyr State Pedagogical University named after I. P. Shamyakin. 2017. No. 2(50). P. 22-26. (In Russ)].
12. Даутова А.З., Хажиева Е. А., Шамратова В. Г. Кислородтранспортная функция крови при разном уровне двигательной активности в зависимости от полиморфизмов генов CMA1 и ACE // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 2. [Dautova A. Z., Khazhieva E. A., Shamratova V. G. Oxygen transport function of blood at different levels of motor activity depending on polymorphisms of the CMA1 and ACE genes // Modern problems of science and education. 2018. No. 2. (In Russ)].

13. Бахарева А.С., Шибкова Д. З. Показатели эритроцитарного звена системы крови лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № S1. С. 26-32. [Bakhareva A. S., Shibkova D. Z. Indicators of the erythrocyte link of the blood system of cross-country skiers at the stages of the preparatory period // Man. Sport. Medicine. 2023. Vol. 23, No. S1. P. 26-32. (In Russ)].
14. Зеленкова И.Е., Зоткин С. В., Грушин А. А. Практическое применение оценки динамики параметров общей гемоглобиновой массы и объёма циркулирующей крови методом возвратного дыхания монооксидом углерода в контексте тренировочного процесса // Спортивная медицина: наука и практика. 2014. № 4. С. 17-23. [Zelenkova I. E., Zotkin S. V., Grushin A. A. Practical application of the assessment of the dynamics of the parameters of total hemoglobin mass and circulating blood volume by the method of rebreathing with carbon monoxide in the context of the training process // Sports Medicine: Science and Practice. 2014. No. 4. P. 17-23. (In Russ)].
15. Оценка и интерпретация биохимических показателей высококвалифицированных спортсменов в ходе тренировочно-спортивной деятельности. Методические рекомендации / под ред. проф. В. В. Уйба. М.: ФМБА России, 2018. 40 с. [Evaluation and interpretation of biochemical parameters of highly qualified athletes during training and sports activities. Methodological recommendations / edited by prof. V. V. Uyba. Moscow: FMBA of Russia, 2018. 40 p. (In Russ)].
16. Рубцова Л.Ю., Поточицына Н. Н., Монгалёв Н. П. Особенности изменения диаметра эритроцитов в крови спортсменов в условиях физической нагрузки// Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, Т. 9, № 2, 2017. С. 121-141. [Rubtsova L. Yu., Potolicyna N. N., Mongalev N. P. Features of changes in the diameter of erythrocytes in the blood of athletes under physical exertion // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, Vol. 9, No. 2, 2017. Pp. 121-141. (In Russ)].
17. Карчинская Т.В. О соотношении уровня стигматизации и состояния периферического звена эритрона в рамках физиологической адаптации// Фундаментальные исследования в биологии и медицине. Сб. науч. трудов – Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2008. С 74-77. [Karchinskaya T. V. On the relationship between the level of stigmatization and the state of the peripheral link of the erythron within the framework of physiological adaptation // Fundamental research in biology and medicine. Collection of scientific papers – Stavropol: Publishing house of North-Caucasian State Technical University, 2008. P. 74-77. (In Russ)].
18. Нехвядович А.И., Будко А. Н. Динамика гематологических показателей как критерий функционального состояния и тренированности спортсменов (по данным литературы) // Прикладная спортивная наука. 2018. Т. 1. № 7. С. 105-111. [Nekhvyadovich A. I., Budko A. N. Dynamics of hematological parameters as a criterion of the functional state and training of athletes (according to literature data)// Applied Sports Science. 2018. Vol. 1. No. 7. P. 105-111. (In Russ)].
19. Абдурахмонов Ж.С., Кучкарова Л. С. Влияние физической активности на профиль крови у высококлассных гребцов-байдарочников // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 4. С. 34-38. [Abdurakhmanov Zh.S., Kuchkarova L. S. The influence of physical activity on the blood profile in elite canoeists // Scientific Review. Biological Sciences. 2023. No. 4. P. 34-38. (In Russ)].
20. Диагностический потенциал картины крови у спортсменов / Г. А. Макарова и [др]. Москва: Спорт; 2020. 256 с. [Diagnostic potential of the blood picture in athletes / G. A. Makarova et al. Moscow: Sport; 2020. 256 p. (In Russ)].
21. Boyadeyiev N. Red blood cell variables in highly trained pubescent athletes: a comparative analysis / N. Boyadeyiev, Z. Taralov // Br. J. Sports Med. 2000. Vol. 34. P. 200.

Сведения об авторах и дополнительная информация

Бахарева Анастасия Сергеевна – доцент кафедры спортивного совершенства Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, к. б. н., email: bakharevaas@susu.ru.

Шибкова Дарья Захаровна – главный научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки; Институт спорта, туризма и сервиса, д. б. н., профессор Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск.

Семенова Мария Владимировна – доцент кафедры нормальной физиологии им. акад. М. Ю. Захарова, ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России, к. б. н., г. Челябинск.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

Сведения о соблюдении этических требований и отсутствии использования ИИ при написании статьи. Авторы заявляют, что этические требования соблюдены, текст не сгенерирован нейросетью.