

<https://doi.org/10.47183/mes.2025-432>

УДК 616-092:796.012.1



## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ У СПОРТСМЕНОВ С УЧЕТОМ УРОВНЯ ГЕМАТОКРИТА

Ж.В. Гришина<sup>1</sup>, Н.С. Гладышев<sup>2</sup>, Г.А. Макарова<sup>3</sup>, С.О. Ключников<sup>1</sup>, И.Е. Бушуева<sup>1</sup><sup>1</sup>Национальный центр спортивной медицины Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия<sup>2</sup>Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского, Москва, Россия<sup>3</sup>Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар, Россия

**Введение.** Оценка гематологических параметров у профессиональных спортсменов требует особого подхода, в том числе к анализу уровня гематокрита, который может быть достаточно высоким, с учетом его осцилляции при напряженной мышечной деятельности и в условиях относительного покоя.

**Цель.** Изучение дополнительного влияния различных уровней гематокрита на показатели морфологического и биохимического состава крови, определяемые в рамках углубленного медицинского обследования (УМО) спортсменов.

**Материалы и методы.** Проведено ретроспективное исследование по данным медицинских карт спортсменов. Проанализировано 26 413 гематологических показателей, полученных при проведении УМО спортсменов сборных команд России. Гематокрит рассчитывался на автоматическом анализаторе Mindray BC-6200 как отношение объема эритроцитов к объему крови. Для гематокрита, гемоглобина, количества эритроцитов и среднего объема эритроцитов были построены непараметрические референсные интервалы по стандарту CLSI EP28-A3c. Ассоциации между гематокритом и показателями крови (липидный и белковый профиль, глюкоза, кислородтранспортная система, натрий, калий, магний, тромбоциты) оценивались ранговыми корреляциями Спирмена в крайних подвыборках ( $\leq p25$  и  $\geq p75$  гематокрита). Значимыми считались только корреляции при значениях коэффициента Спирмена выше 0,5. Сравнение распределений показателей между центильными группами гематокрита проводилось попарно непараметрическим критерием Вилкоксона с FDR-поправкой.

**Результаты.** Независимо от пола в нормальном диапазоне показателя гематокрита (25–75 процентилей) наблюдается его тесная положительная взаимосвязь с показателями гемоглобина ( $r_s = 0,836$ ) и количеством эритроцитов ( $r_s = 0,631$ ). При значениях гематокрита выше 75 перцентиля тесную положительную взаимосвязь с ним проявляет концентрация гемоглобина ( $r_s = 0,801$ ) и количество эритроцитов ( $r_s = 0,603$ ). Что же касается значений показателя гематокрита ниже 25 перцентиля, то здесь была выявлена его близкая к достоверной взаимосвязь с количеством эритроцитов ( $r_s = 0,437$ ), а также сильная положительная взаимосвязь с гемоглобином ( $r_s = 0,839$ ).

**Выводы.** В разных процентильных диапазонах гематокрита выявлены достоверные различия многих биохимических показателей крови: чем выше гематокрит, тем выше концентрации регистрируемых параметров в сыворотке крови. Это обуславливает необходимость при анализе и оценке гематологических показателей у спортсменов учитывать, помимо целого ряда других факторов, возможное дополнительное влияние величины гематокрита.

**Ключевые слова:** профессиональные спортсмены; морфологический и биохимический состав крови; процентильные градации; гематокрит; углубленное медицинское обследование; спорт высших достижений

**Для цитирования:** Гришина Ж.В., Гладышев Н.С., Макарова Г.А., Ключников С.О., Бушуева И.Е. Анализ показателей крови у спортсменов с учетом уровня гематокрита. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(2):234–241. <https://doi.org/10.47183/mes.2025-432>

**Финансирование:** исследование выполнено без спонсорской поддержки.

**Соответствие принципам этики:** авторы заявляют, что одобрение комитетом по этике не требовалось, поскольку были проанализированы обезличенные данные медицинских карт (архивные материалы) и люди непосредственно не участвовали в исследовании.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Гришина Жанна Валерьевна [grinzanetk@gmail.com](mailto:grinzanetk@gmail.com)

**Статья поступила:** 28.11.2025 **После доработки:** 24.12.2025 **Принята к публикации:** 19.01.2026 **Online first:** 03.02.2026

## ANALYSIS OF BLOOD PARAMETERS IN ATHLETES TAKING INTO ACCOUNT HEMATOCRIT LEVELS

Zhanna V. Grishina<sup>1</sup>, Nikita S. Gladyshev<sup>2</sup>, Galina A. Makarova<sup>3</sup>, Sergey O. Klyuchnikov<sup>1</sup>, Irina E. Bushueva<sup>1</sup><sup>1</sup>National Center of Sports Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia<sup>2</sup>Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia<sup>3</sup>Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism, Krasnodar, Russia

**Introduction.** Assessment of hematological parameters in professional athletes requires a special approach. This includes analysis of hematocrit levels, which can be quite high due to their significant oscillations during intense muscular activity and under conditions of relative rest.

**Objective.** Study of the additional influence of various hematocrit levels on morphological and biochemical blood parameters, determined within the framework of the comprehensive medical examination (CME) of athletes.

**Materials and methods.** A retrospective study was conducted using data from athletes' medical records. A total of 26,413 hematological parameters obtained during the CME of athletes from Russian national teams were analyzed. Hematocrit was calculated using an automatic Mindray BC-6200 analyzer as the ratio of red blood cell volume to total blood volume. Nonparametric reference intervals for hematocrit, hemoglobin, red blood cell count, and mean corpuscular volume were constructed according to the CLSI EP28-A3c standard. Associations

© Ж.В. Гришина, Н.С. Гладышев, Г.А. Макарова, С.О. Ключников, И.Е. Бушуева, 2026

between hematocrit and blood parameters (lipid and protein profiles, glucose, oxygen transport system, sodium, potassium, magnesium, and platelets) were assessed using Spearman's rank correlations within extreme sub-samples ( $\leq p25$  and  $\geq p75$  of hematocrit). Only correlations with Spearman's coefficient above 0.5 were considered significant. Comparisons of parameter distributions between percentile groups of hematocrit were performed pairwise using the nonparametric Wilcoxon test with an FDR correction.

**Results.** Irrespective of sex, within the normal hematocrit range (25–75 percentiles), a strong positive correlation is observed with hemoglobin levels ( $r_s = 0.836$ ) and red blood cell count ( $r_s = 0.631$ ). For hematocrit values above the 75th percentile, a strong positive correlation is maintained with hemoglobin concentration ( $r_s = 0.801$ ) and red blood cell count ( $r_s = 0.603$ ). Regarding hematocrit values below the 25th percentile, a near-significant correlation was identified with red blood cell count ( $r_s = 0.437$ ), as well as a strong positive correlation with hemoglobin ( $r_s = 0.839$ ).

**Conclusions.** Across different percentile ranges of hematocrit, significant differences in numerous blood biochemical parameters were identified. Thus, the higher the hematocrit level, the higher the concentrations of the recorded parameters in the blood serum. This underscores the importance of taking into account, inter alia, the possible influence of the hematocrit level when evaluating hematological parameters in athletes.

**Keywords:** professional athletes; morphological and biochemical blood composition; percentile gradations; hematocrit; comprehensive medical examination; high-performance sport

**For citation:** Grishina Zh.V., Gladyshev N.S., Makarova G.A., Klyuchnikov S.O., Bushueva I.E. Analysis of blood parameters in athletes taking into account hematocrit levels. *Extreme Medicine*. 2026;28(2):234–241. <https://doi.org/10.47183/mes.2025-432>

**Funding:** the study was conducted without sponsorship.

**Compliance with the ethical principles:** the authors declare that an approval by an ethics committee was not required due to the use of anonymized data from medical records (archival materials) and not involving individuals.

**Potential conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

✉ Zhanna V. Grishina [grinzanetk@gmail.com](mailto:grinzanetk@gmail.com)

**Received:** 28 Nov. 2025 **Revised:** 24 Dec. 2025 **Accepted:** 19 Jan. 2026 **Online first:** 3 Feb. 2026

## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы, касающиеся необходимости особого подхода к анализу и оценке гематологических параметров у профессиональных спортсменов, в частности с дополнительным учетом показателя гематокрита, остаются малоизученными [1–5]. Значения подавляющего большинства гематологических параметров отражают их концентрацию в сыворотке крови, объем которой при гипогидратации уменьшается, а следовательно, концентрация содержащихся в ней веществ за счет этого становится больше [1, 6]. Гипогидратация у спортсменов может возникнуть вследствие невосполненного дефицита жидкости, гипонатриемии или гипоальбуминемии, определяющих осмотическое и онкотическое давление крови [1].

Согласно С. Petibois и соавт. [7], при анализе биохимических параметров у спортсменов следует учитывать феномен изменения объема плазмы, вызванного физическими нагрузками. Охлаждение, психологический стресс, питание, гидратация, а также длительные и интенсивные упражнения могут заметно изменить гемоконцентрацию во время физических нагрузок, в связи с чем сравнение данных, полученных в различных исследованиях, пока остается невыполнимым. Для того чтобы в будущем это стало реальным, необходим обязательный учет фактора гемоконцентрации, поскольку существенные биохимические сдвиги после коррекции с учетом изменений объема плазмы, вызванных физическими нагрузками, могут оказаться совсем незначительными.

В работе И.Б. Барановской и соавт. было показано, что у однородной группы спортсменов мужского пола в отставленном постангагрузочном периоде, в частности через 40 ч после последней тренировки, установлены отчетливые различия значений отдельных биохимических показателей крови, достоверно связанные

с разными уровнями гематокрита [8]. В исследовании М. Jacob и соавт. была предпринята попытка проанализировать влияние показателя гематокрита на биохимические и морфологические параметры крови [9].

В настоящее время существует как минимум 4 способа определения показателя гематокрита в лабораторных условиях, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки [10]. Это необходимо учитывать при проведении сравнительного анализа результатов исследований, если речь идет о разных методах определения показателя гематокрита (в венозной или капиллярной крови, в условиях относительного покоя или на фоне напряженной мышечной деятельности и т.д.).

Цель исследования — изучение влияния различных уровней гематокрита на показатели морфологического и биохимического состава крови, определяемые в рамках УМО спортсменов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- расчет процентильных градаций показателя гематокрита у спортсменов мужского и женского пола и выявление взаимосвязи его различных процентильных диапазонов с показателями морфологического и биохимического состава крови;
- определение достоверности различий анализируемого комплекса параметров морфологического и биохимического состава крови в различных процентильных диапазонах показателя гематокрита.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное исследование данных медицинских карт спортсменов. Проанализировано 26 413 гематологических результатов УМО спортсменов сборных команд России (49% женского пола и 51% мужского пола; средний возраст —  $20 \pm 3$  года).

Учитывали показатели: гематологические (гемоглобин, гематокрит, средний объем эритроцитов, количество эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в 1 эритроците, средняя концентрация гемоглобина в 1 эритроците, тромбоциты, средний объем тромбоцитов) и биохимические (уровни натрия, калия, магния, железа в сыворотке крови, концентрацию холестерина, липопротеидов высокой и низкой плотности, альбумина, общего белка, глюкозы, общего холестерина).

Описательные характеристики представили медианой и межквартильным размахом. Для гематокрита, гемоглобина, количества эритроцитов и их среднего объема были построены непараметрические референсные интервалы по стандарту CLSI EP28-A3c (перцентили 2,5–97,5) с предварительной диагностикой и исключением выбросов по влиянию точек Кука (пакет reference intervals) [11, 12].

Пороговые значения 25 и 75 перцентилей гематокрита использовались для стратификации выборки на три группы:  $\leq p25$ ,  $p25-p75$  и  $\geq p75$ . Все расчеты проводились в программе R 4.x с использованием dplyr, tidyr, broom, purrr, ggplot2 и flextable. Уровень статистической значимости — двусторонний ( $\alpha = 0,05$ ). Множественные проверки контролировали методом Бенджамини – Хохберга в пределах каждого семейства тестов. Пропуски обрабатывались по принципу complete-case в каждой конкретной модели/сравнении; переменные с нулевой вариабельностью были исключены.

Ассоциации между гематокритом и показателями крови оценивали ранговыми корреляциями Спирмена в крайних подвыборках ( $\leq p25$  и  $\geq p75$  гематокрита) между гематокритом и каждым количественным

показателем (отдельно в каждой подвыборке). Для расчета требовалось не менее трех наблюдений и ненулевая дисперсия обеих переменных; при несоблюдении условий корреляции для данной пары взаимосвязь не рассчитывалась. Значимыми считались только коэффициенты корреляции при критическом значении коэффициента корреляции Спирмена ( $r_s$ ) выше 0,5 [13].

Сравнение распределений показателей между группами гематокрита ( $\leq p25$ ,  $p25-p75$ ,  $\geq p75$ ) проводилось попарно непараметрическим критерием Вилкоксона с FDR-поправкой внутри панели биохимических/гематологических маркеров [14]. Корреляции для центрального диапазона ( $p25-p75$ ) и результаты однофакторных моделей на полной выборке использовались как референс для сопоставления с оценками в крайних квартилях и для расчета стандартизированных коэффициентов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе были рассчитаны перцентильные градации показателей красной крови, которые представлены в таблице 1. Выявлены в разных перцентильных диапазонах гематокрита его взаимосвязи с остальными изучаемыми в работе параметрами морфологического и биохимического состава крови (табл. 2).

Пограничные состояния в здоровье спортсменов начинаются до начала клинических проявлений и выхода показателей крови за референсный интервал [6, 15, 16]. Именно поэтому центильный подход к анализу и оценке показателей крови у профессиональных спортсменов пользуется широкой популярностью

**Таблица 1. Перцентильные градации показателей гематокрита, гемоглобина, среднего объема и количества эритроцитов у профессиональных спортсменов**

Показатель	n	Пол	Перцентили							
			p5	p10	p25	p50	p75	p85	p90	p95
Гематокрит, %	8757	Ж	35,74	38,65	39,47	40,25	41,15	43,01	43,86	44,0
	10 410	М	41,29	41,84	42,90	44,20	45,90	46,68	47,64	48,6
Гемоглобин, г/л	8757	Ж	115,00	118,80	125,0	130,8	136,40	139,3	141,5	144,30
	10 410	М	133,00	137,00	143,0	149,0	155,00	158,7	160,7	164,30
Количество эритроцитов, $\times 10^{12}/л$	8757	Ж	3,99	4,10	4,27	4,47	4,68	4,80	4,88	5,00
	10 410	М	4,54	4,66	4,85	5,06	5,28	5,40	5,49	5,62
Средний объем эритроцитов, фл	8757	Ж	80,70	82,80	85,56	88,32	90,92	92,30	93,20	94,50
	10 410	М	81,29	83,07	85,40	87,78	90,03	91,39	92,20	93,50
Среднее содержание HGB в 1 эритроците, пг	8757	Ж	26,01	27,00	28,20	29,30	30,30	30,80	31,15	31,65
	10 410	М	27,00	27,70	28,60	29,50	30,40	30,84	31,18	31,64
Средняя концентрация HGB в 1 эритроците, г/дл	8757	Ж	31,50	31,80	32,50	33,19	33,73	34,03	34,24	34,51
	10 410	М	32,20	32,50	33,04	33,60	34,11	34,40	34,60	34,90

Таблица составлена авторами по собственным данным

**Примечание:** n — количество спортсменов; Ж — женщины; М — мужчины; HGB — гемоглобин.

**Таблица 2.** Корреляционные взаимосвязи показателя гематокрита в различных процентильных диапазонах с изучаемыми параметрами морфологического и биохимического состава крови

Показатель	Значения гематокрита ниже 25 процентиля			Значения гематокрита 25–75 процентилей			Значения гематокрита выше 75 процентиля		
	<i>n</i>	<i>r<sub>s</sub></i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r<sub>s</sub></i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r<sub>s</sub></i>	<i>p</i>
Натрий, ммоль/л	4653	0,044	0,003	9483	0,054	0,000	4735	-0,004	0,794
Гемоглобин, г/л	4788	0,839	0,000	9591	0,836	0,000	4788	0,801	0,000
Холестерин ЛПВП, ммоль/л	4651	0,046	0,002	9472	-0,154	0,000	4731	-0,069	0,000
Количество эритроцитов, ×10 <sup>12</sup> /л	4788	0,437	0,000	9591	0,631	0,000	4788	0,603	0,000
Средний объем эритроцитов, фл	4788	0,270	0,000	9591	-0,007	0,514	4788	0,076	0,000
Среднее содержание HGB в 1 эритроците, пг	4798	0,179	0,000	9572	0,061	0,000	4797	0,041	0,005
Средняя концентрация HGB в 1 эритроците, г/дл	4798	0,078	0,000	9572	0,137	0,000	4797	-0,040	0,005
Калий, ммоль/л	4656	0,089	0,000	9486	0,089	0,000	4737	-0,008	0,596
Магний, ммоль/л	4652	0,080	0,000	9475	0,039	0,000	4729	0,004	0,769
Альбумин, г/л	4648	0,076	0,000	9474	0,099	0,000	4731	0,001	0,962
Общий белок, г/л	4665	0,104	0,000	9488	0,061	0,000	4740	0,048	0,001
Глюкоза, ммоль/л	4658	0,026	0,077	9492	0,082	0,000	4743	-0,032	0,028
Общий холестерин, ммоль/л	4652	0,112	0,000	9473	-0,093	0,000	4735	0,046	0,002
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	4650	0,092	0,000	9471	0,000	0,985	4731	0,066	0,000
Железо, мкмоль/л	4727	0,216	0,000	9512	0,109	0,000	4747	0,084	0,000
Тромбоциты, ×10 <sup>9</sup> /л	4788	-0,095	0,000	9591	-0,132	0,000	4788	-0,004	0,800
Средний объем тромбоцитов, фл	4787	0,015	0,308	9589	0,016	0,107	4788	0,053	0,000

Таблица составлена авторами по собственным данным

**Примечание:** *n* — количество спортсменов; *r<sub>s</sub>* — коэффициент корреляции Спирмена; HGB — гемоглобин; ЛПВП — липопротеины высокой плотности; ЛПНП — липопротеины низкой плотности; *p* — уровень статистической значимости (*p* ≤ 0,05).

в спортивной медицине [6, 15, 16]. Предполагается, что оптимальные значения показателей крови у спортсменов, обеспечивающих оптимальную работоспособность, находятся в диапазоне 25–75 процентилей (табл. 1) [15, 16].

В ходе исследования получены статистически значимые корреляционные взаимосвязи различных процентильных диапазонов гематокрита с изучаемыми в работе показателями крови (табл. 2) независимо от пола в нормальном диапазоне гематокрита (25–75 процентилей): прямая положительная сильная взаимосвязь с показателями гемоглобина (*r<sub>s</sub>* = 0,836; *p* = 0,000) и средняя — с количеством эритроцитов (*r<sub>s</sub>* = 0,631; *p* = 0,000). При значениях гематокрита выше 75 процентиля сильная прямая положительная взаимосвязь была отмечена с концентрацией гемоглобина (*r<sub>s</sub>* = 0,801; *p* = 0,000) и средняя — с количеством эритроцитов (*r<sub>s</sub>* = 0,603; *p* = 0,000). Что касается значений показателя гематокрита ниже 25 процентиля, то здесь была обнаружена его статистически значимая умеренная положительная корреляционная взаимосвязь

с количеством эритроцитов (*r<sub>s</sub>* = 0,437; *p* = 0,000), а также сильная положительная взаимосвязь с гемоглобином (*r<sub>s</sub>* = 0,839; *p* = 0,000). Сильная взаимосвязь величины гематокрита во всех его процентильных диапазонах с концентрацией гемоглобина и количеством эритроцитов свидетельствует о том, что эти показатели должны всегда регистрироваться вместе и при наличии отчетливых расхождений в процентильных интервалах гематокрита и гемоглобина и количества эритроцитов анализы крови должны быть перепроверены. В связи с этим Всемирное антидопинговое агентство в свои процедуры скрининга применения допинга среди других косвенных показателей эритропоэза включает как концентрацию гемоглобина, так и уровень гематокрита без попытки разграничить эти параметры [17].

Интерпретация показателей красной крови, в частности гематокрита, у спортсменов требует учета динамических сдвигов объема плазмы. Два разнонаправленных процесса — гемоконцентрация и гемодилюция — существенно влияют на реологию крови,

**Таблица 3.** Парные сравнения изучаемых показателей крови между группами спортсменов со значениями гематокрита меньше 25 перцентиля, 25–75 перцентилей и выше 75 перцентиля

Показатель	Процентили						Уровень статистической значимости		
	Ниже 25		25–75		Выше 75		$p_1$	$p_2$	$p_3$
	$n$	$M$ [95% ДИ]	$n$	$M$ (95% ДИ)	$n$	$M$ (95% ДИ)			
Альбумин, г/л	4648	43,09 [42,99;43,19]	9474	43,96 [43,89; 44,04]	6719	44,69 [44,59; 44,79]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Общий белок, г/л	4665	69,86 [69,74; 69,99]	9488	70,96 [70,88; 71,05]	6731	72,09 [71,98; 72,19]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Гемоглобин, г/л	4788	124,09 [123,88; 124,29]	9591	140,68 [140,55; 140,82]	4797	156,41 [156,24; 156,59]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Количество эритроцитов, $\times 10^{12}/л$	4788	4,33 [4,32;4,33]	9591	4,79 [4,79; 4,80]	4797	5,29 [5,28; 5,30]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Железо, мкмоль/л	4727	14,61 [14,40; 14,82]	9512	17,59 [17,45; 17,73]	6846	19,49 [19,32; 19,67]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Средний объем эритроцитов, фл	4788	86,94 [86,80; 87,08]	9591	88,05 [87,97; 88,12]	4797	88,27 [88,17; 88,37]	$\leq 0,001$	0,4	$\leq 0,001$
Среднее содержание HGB в 1 эритроците, пг	4798	28,77 [28,71; 28,83]	9572	29,40 [29,37; 29,43]	4797	29,60 [29,57; 29,64]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Средняя концентрация HGB в 1 эритроците, г/дл	4798	33,08 [33,05; 33,11]	9572	33,40 [33,38; 33,41]	4797	33,54 [33,52; 33,56]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Калий, ммоль/л	4656	4,08 [4,07; 4,09]	9486	4,16 [4,16; 4,17]	6730	4,17 [4,16; 4,17]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	0,4
Магний, ммоль/л	4652	0,83 [0,83; 0,83]	9475	0,84 [0,84; 0,84]	6716	0,84 [0,84; 0,85]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Натрий, ммоль/л	4653	139,12 [139,06; 139,18]	9483	139,47 [139,43; 139,51]	6725	139,46 [139,41; 139,50]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	0,8
Глюкоза, ммоль/л	4658	4,89 [4,88; 4,91]	9492	4,98 [4,97; 4,99]	6753	4,94 [4,93; 4,96]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Средний объем тромбоцитов, фл	4787	8,88 [8,85; 8,91]	9589	8,89 [8,87; 8,91]	4797	8,98 [8,95; 9,01]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Тромбоциты, $\times 10^9/л$	4788	258,34 [256,86; 259,83]	9591	247,40 [246,37; 248,43]	4797	237,61 [236,29; 238,92]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Холестерин ЛПВП, ммоль/л	4651	1,74 [1,72; 1,75]	9472	1,60 [1,59; 1,61]	6718	1,10 [1,08; 1,11]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	4650	2,21 [2,19; 2,23]	9471	2,28 [2,27; 2,30]	6717	2,39 [2,37; 2,40]	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$	$\leq 0,001$
Холестерин, ммоль/л	4652	4,37 [4,34; 4,39]	9473	4,34 [4,33; 4,36]	6730	4,31 [4,29; 4,33]	$\leq 0,001$	0,034	0,005

Таблица составлена авторами по собственным данным

**Примечание:**  $n$  — количество спортсменов; ДИ — доверительный интервал среднего;  $p$  — достоверность различий показателей крови в зависимости от перцентилей гематокрита ( $p_1$  — <25, >75;  $p_2$  — <25, 25–75;  $p_3$  — 25–75, >75).

кислородтранспортную функцию и должны рассматриваться как ключевые факторы при оценке данных лабораторного мониторинга.

Гемоконцентрация характеризуется увеличением концентрации клеточных элементов в единице объема крови вследствие уменьшения объема плазмы. Это приводит к кажущемуся или ложному повышению гематокрита и концентрации гемоглобина. Основные механизмы у спортсменов: дегидратация вследствие потоотделения [18]; смещение жидкости в межклеточное пространство; «стрессовая» гемоконцентрация: выброс катехоламинов и кортизола в ответ на физическую нагрузку может вызывать преходящее сокращение объема плазмы, возможно, за счет повышения сосудистого тонуса и изменения проницаемости.

В то же время гемодилюция — процесс увеличения плазмы крови, приводящий к снижению относительной концентрации эритроцитов и гемоглобина. Это физиологическая адаптация, особенно выраженная у спортсменов, тренирующихся на выносливость. Основные механизмы у спортсменов: адаптационная гиперволемия (спортивная гиперволемия) — ключевую роль играет активация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы и увеличение секреции вазопрессина в ответ на нагрузку [19]; расширение плазменного объема после однократной нагрузки.

Гемодилюция улучшает реологические свойства крови (снижает вязкость), облегчает сердечный выброс и усиливает кожный кровоток для терморегуляции. Однако она приводит к феномену «спортивной псевдоанемии»: у адаптированного спортсмена при нормальной общей массе эритроцитов и абсолютном содержании гемоглобина показатели гематокрита и гемоглобина в единице объема крови могут находиться на нижней границе нормы или слегка ниже ее. Это состояние является адаптивным и не требует лечения [20]. Критически важно дифференцировать его с истинными железодефицитными состояниями.

Второй этап работы заключался в парных сравнениях изучаемых показателей крови между группами спортсменов со значениями гематокрита меньше 25 перцентилей, 25–75 перцентилей и выше 75 перцентилей (табл. 3). Согласно полученным результатам значения показателей белкового, липидного и углеводного обмена в разных перцентильных диапазонах гематокрита статистически значимо различаются. Это иллюстрирует необходимость при оценке биохимических показателей спортсменов дополнительно учитывать влияние гематокрита на уровень биохимических показателей крови. Недостоверными в диапазоне гематокрита ниже 25 перцентилей и 25–75 перцентилей оказались только различия показателей среднего объема эритроцитов и среднего объема тромбоцитов, а при значениях гематокрита 25–75 перцентилей и выше 75 перцентилей — различия показателей содержания натрия и калия в крови.

При дифференцированном анализе влияния показателя гематокрита на биохимический состав крови (табл. 3) были установлены значимые различия в обозначенных диапазонах показателя гематокрита, концентраций гемоглобина и эритроцитов. При этом повышение показателя сывороточного железа на фоне

стабильно высокого гематокрита имело важное дифференциально-диагностическое значение. Наиболее вероятной причиной такой комбинации является истинная полицитемия, при которой клональная пролиферация эритроидных клеток сопровождается неэффективным эритропоезом, измененной регуляцией гепсидина и интенсивным обменом железа. Это отличает истинную полицитемию от вторичных гипоксических эритроцитозов, для которых характерны нормальные или сниженные показатели железа вследствие его активной утилизации [21]. Кроме того, при сгущении крови из-за дегидратации происходит параллельное повышение концентрации всех компонентов плазмы, включая железо. Это относительная гиперферремия, а не истинное увеличение общего количества железа в организме.

Кроме этого, небольшое, но статистически достоверное увеличение содержания общего белка и альбуминов при уровне гематокрита выше 75 перцентилей, скорее всего, связано с уменьшением объема жидкой части крови, но не исключено также, что это является подтверждением влияния на кроветворение белкового потенциала организма [1, 22]. Сочетанное повышение гематокрита, общего белка и альбуминов с нормальным или повышенным уровнем натрия — классический признак дегидратации.

Интересным, на наш взгляд, является ухудшение на фоне гемоконцентрации показателей липидного обмена (увеличение уровня ЛПНП и уменьшение уровня ЛПВП) с одновременной тенденцией снижения степени риска тромбообразования за счет снижения содержания тромбоцитов в крови. При обезвоживании уменьшается объем плазмы, что ведет к ложному (относительному) повышению концентрации всех компонентов плазмы, включая ЛПНП. Уровень ЛПВП также может ложно повышаться, но этот эффект менее выражен. Сочетанное изменение липидного профиля (рост липопротеинов низкой плотности и снижение липопротеинов высокой плотности) и уменьшение количества тромбоцитов (тромбоцитопения) на фоне повышенного гематокрита является комплексным патофизиологическим феноменом, характерным для ряда состояний, преимущественно связанных с хронической гипоксией [23, 24].

Таким образом, при анализе и оценке концентрации основных показателей биохимического состава крови у спортсменов необходимо дополнительно учитывать величину гематокрита и возможность связанных с ним сдвигов анализируемых параметров даже в диапазонах их нормальных величин.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интерпретация показателей красной крови, в частности гематокрита, у спортсменов требует учета динамических сдвигов объема плазмы. Два разнонаправленных процесса — гемоконцентрация и гемодилюция — существенно влияют на реологию крови, кислородтранспортную функцию и должны рассматриваться как ключевые факторы при оценке данных лабораторного мониторинга.

У профессиональных спортсменов в возрасте 17–23 лет в состоянии относительного покоя показатель

гематокрита венозной крови при определении на аппарате «Mindray BC-6200» проявляет независимо от пола тесную положительную взаимосвязь прежде всего с концентрацией гемоглобина и количеством эритроцитов. Для того чтобы избежать ошибок при измерениях, эти показатели должны определяться одновременно. При наличии отчетливых расхождений в процентильных интервалах показателей гематокрита,

гемоглобина и количества эритроцитов они должны быть перепроверены.

Статистически значимые различия, обнаруженные между значениями отдельных параметров крови при разной величине гематокрита, обосновывают необходимость при анализе и оценке гематологических показателей у спортсменов дополнительно учитывать и этот фактор.

## Литература / References

- Кулиненко ОС, Лапшин ИА. *Биохимия в практике спорта*. М.: Издательство «Спорт»; 2018.  
Kulinenkov OS, Lapshin IA. *Biochemistry in Sports Practice*. Moscow: Sport Publishing House; 2018 (In Russ.).  
EDN: [YUQDBG](#)
- Гаврильева КС, Ханды МВ, Соловьева МИ, Винокурова СП, Махарова НВ. Влияние физических нагрузок на морфологический состав красной крови у подростков Якутии. *Доктор.Ру*. 2018;11(155):27–30.  
Gavrilyeva KS, Handy MV, Solovyova MI, Vinokurova SP, Makharova NV. The influence of physical activity on the morphological composition of red blood in adolescents in Yakutia. *Doctor.Ru*. 2018;11(155):27–30 (In Russ.).  
<https://doi.org/10.31550/1727-2378-2018-155-11-27-30>
- Абдурахмонов ЖС, Кучкарова ЛС. Влияние физической активности на профиль крови у высококлассных гребцов-байдарочников. *Научное обозрение. Биологические науки*. 2023;4:34–8.  
Abdurakhmonov ZhS, Kuchkarova LS. The influence of physical activity on the blood profile in elite canoeists. *Scientific Review. Biological Sciences*. 2023;4:34–8 (In Russ.).  
<https://doi.org/10.17513/srbs.1339>
- Агишев АА, Фатеев ИС. Формирование спортивного результата. Корреляция мощности и уровня гемоглобина. *Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта*. 2019;4(15):358–68.  
Agishev AA, Fateev IS. Formation of sports results. Correlation of power and hemoglobin level. *Human Health, Theory and Methodology of Physical Education and Sports*. 2019;4(15):358–68 (In Russ.).  
EDN: [GNQPKG](#)
- Мартыканова ДС, Мавлиев ФА, Ибрагимова МЯ, Ахметов ИИ, Жданов РИ. Гематологические показатели крови юношей, занимающихся циклическими и игровыми видами спорта. *Наука и спорт: современные тенденции*. 2018;4(21):19–24.  
Martykanova DS, Mavliev FA, Ibragimova MYa, Akhmetov II, Zhdanov RI. Hematological parameters of the blood of young men involved in cyclic and team sports. *Science and Sport: Modern Trends*. 2018;4(21):19–24 (In Russ.).  
EDN: [LSSZGD](#)
- Авдеева МГ, Арансон МВ, Безуглов ЭН, Бушуева ТВ, Ваваев АВ, Виноградов МА и др. *Практическая спортивная медицина для тренеров*. М.: Спорт; 2022.  
Avdeeva MG, Aranson MV, Bezuglov EN, Bushueva TV, Vavaev AV, Vinogradov MA, et al. *Practical sports medicine for trainers*. Moscow: Sport Publ.; 2022 (In Russ.).  
EDN: [ZUICFF](#)
- Petibois C, Cazorla G, Poortmans JR, Déléris G. Biochemical aspects of overtraining in endurance sports: a review. *Sports Medicine*. 2002;32(13):867–78.  
<https://doi.org/10.2165/00007256-200232130-00005>
- Барановская ИБ, Макарова ГА, Братова АВ, Холяк ЮА. Методические подходы к анализу показателей биохимического состава крови у спортсменов высшей квалификации (на примере коэффициента де Ритиса). *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2016;3(135):4–13.  
Baranovskaya IB, Makarova GA, Bratova AV, Kholiyavko YuA. Methodological approaches to the analysis of blood biochemical composition indicators in highly qualified athletes (using the de Ritis coefficient as an example). *Therapeutic Physical Education and Sports Medicine*. 2016;3(135):4–13 (In Russ.).  
EDN: [WAYGVB](#)
- Jacob M, Annaheim S, Boutellier U, Hinske C, Rehm M, Breyman C, et al. Haematocrit is invalid for estimating red cell volume: a prospective study in male volunteers. *Blood Transfusiology*. 2012;10(4):471–9.  
<https://doi.org/10.2450/2012.0111-11>
- Акулов СА, Чистякова ИБ, Федотов АА. Методы измерения уровня гематокрита крови. *Приволжский научный вестник*. 2014;11-1(39):29–32.  
Akulov SA, Chistyakova IB, Fedotov AA. Methods for measuring blood hematocrit. *Volga Region Scientific Bulletin*. 2014;11-1(39):29–32 (In Russ.).  
EDN: [SZNZKX](#)
- Horowitz GL. *Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory: Approved Guideline*. 3rd ed. Clinical and Laboratory Standards Institute; 2008.
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman J. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. 2nd ed. New York: Springer; 2009.  
<https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>
- Hollander M, Wolfe DA, Chicken E. *Nonparametric Statistical Methods*. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2014.
- Cardinali A, Nason GP. Costationarity of Locally Stationary Time Series Using costat. *Journal of Statistical Software*. 2013;55(1):1–36.  
<https://doi.org/10.18637/jss.v055.i01>
- Макарова ГА, Колесникова НВ, Скибицкий ВВ, Барановская ИБ, Фещенко ВС, Братова АВ и др. *Диагностический потенциал картины крови у спортсменов*. М.: Спорт; 2020.  
Makarova GA, Kolesnikova NV, Skibitsky VV, Baranovskaya IB, Feshchenko VS, Bratova AV, et al. *Diagnostic potential of blood picture in athletes*. Moscow: Sport Publ.; 2020 (In Russ.).  
EDN: [TYZHNI](#)
- Гришина ЖВ, Макарова ГА, Чернуха СМ, Фещенко ВС, Жолинский АВ. Особый подход к анализу и оценке состава красной крови у спортсменов (на примере гребли на байдарках и каноэ). *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(4):26–31.  
Grishina ZhV, Makarova GA, Chernukha SM, Feshchenko VS, Zholinsky AV. A special approach to the analysis and evaluation of red blood composition in athletes (using kayaking and canoeing as an example). *Sports Medicine: Science and Practice*. 2021;11(4):26–31 (In Russ.).  
<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.4.10>

17. Wozny M. The biological passport and doping in athletics. *Lancet*. 2010;376:79.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)61058-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61058-6)
18. Sawka MN. Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(5):1012–20.  
<https://doi.org/10.1097/00005768-200002000-00012>
19. Convertino VA. Blood volume: its adaptation to endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1991;23(12):1338–48.
20. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Frontiers in Physiology*. 2013;4:332.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00332>
21. Tefferi A, Barbui T. Polycythemia vera and essential thrombocythemia: 2021 update on diagnosis, risk-stratification and management. *American Journal of Hematology*. 2020;95(12):1599–613.  
<https://doi.org/10.1002/ajh.26008>
22. Бойков ВЛ, Мельников АА. Физиологическая характеристика гематологических, биохимических параметров крови и симпато-вагусного баланса у спортсменов высокой квалификации. *Человек. Спорт. Медицина*. 2021;21(1):7–13.  
Boykov VL, Melnikov AA. Physiological characteristics of hematological, biochemical blood parameters and sympathovagal balance in highly qualified athletes. *Human. Sport. Medicine*. 2021;21(1):7–13 (In Russ.).
23. Vannucchi AM, Barbui T, Cervantes F, Harrison C, Kiladjan JJ, Kröger N, et al. ESMO Guidelines Committee. Philadelphia chromosome-negative chronic myeloproliferative neoplasms: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Annals of Oncology*. 2015;26(5):85–99.  
<https://doi.org/10.1093/annonc/mdv203>
24. Koizume S, Miyagi Y. Lipid Droplets: A Key Cellular organelle associated with cancer cell survival under normoxia and hypoxia. *International Journal of Molecular Sciences*. 2016;17(9):1430.  
<https://doi.org/10.3390/ijms17091430>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: Ж.В. Гришина — формулирование идеи, цели и задач исследования, сбор и обработка материала, написание первоначального текста статьи, редактирование; Г.А. Макарова — редактирование рукописи, администрирование данных, утверждение окончательного варианта рукописи; Н.С. Гладышев — математико-статистическая обработка данных; И.Е. Бушуева — сбор данных, литературный поиск; С.О. Ключников — координация исследования.

#### Об авторах:

Гришина Жанна Валерьевна, канд. биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-00029051-9580>

Макарова Галина Александровна, д-р мед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6807-7966>

Гладышев Никита Сергеевич, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-5676>

Бушуева Ирина Евгеньевна, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2671-7208>

Ключников Сергей Олегович, д-р мед. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0877-648X>