



Специфика проявлений анемического синдрома у спортсменов высокого класса

УДК: 612.017:796

**С. М. Футорный¹, О. И. Осадчая¹, Е. А. Шматова¹,
Е. В. Маслова¹, П. В. Глуховский²**

¹Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

²Национальный университет, Лос-Анджелес, Калифорния, США

Резюме. Цель. Изучение особенностей развития анемических процессов у спортсменов высокого класса в период максимальных физических нагрузок. Методы. Анализ специальной научно-методической литературы, клиничко-лабораторные методы и метод математической статистики. Выводы. Развитие анемии у профессиональных спортсменов имеет мультифакторные причины и обусловлено недостатком железа и ферритина в сыворотке крови, снижением содержания эритроцитов, их осмотической резистентности. Данные изменения обуславливают высокую активность процессов, связанных с внутрисосудистым гемолизом, что приводит к формированию аутоиммунных девиаций и способствует появлению антиэритроцитарных аутоантител (с максимальными значениями в переходном периоде), активации процессов внутрисосудистого гемолиза, развитию аутоиммунного повреждения эритроцитов.

Ключевые слова: анемия, эритроциты, спортсмены, тренировочное занятие.

Специфіка прояву анемічного синдрому у спортсменів високого класу

С. М. Футорний, О. І. Осадча, О. О. Шматова, Е. В. Маслова, П. В. Глуховський

Резюме. Мета. Вивчення особливостей розвитку анемічних процесів у спортсменів високого класу в період максимальних фізичних навантажень. Методи. Аналіз спеціальної науково-методичної літератури, клініко-лабораторні методи та методи математичної статистики. Висновки. Розвиток анемії у професійних спортсменів має мультифакторні причини і обумовлений нестачею заліза та феритину в сироватці крові, зниженням вмісту еритроцитів, їх осмотичної резистентності. Ці зміни зумовлюють високу активність процесів, пов'язаних із внутрішньосудинним гемолизом, що призводить до формування аутоімунних девіацій і сприяє появі антиеритроцитарних аутоантител (з максимальними значеннями у перехідному періоді), активації процесів внутрішньосудинного гемолізу, розвитку аутоімунного ушкодження еритроцитів.

Ключові слова: анемія, еритроцити, спортсмени, тренувальне заняття.

Specifics of anemic syndrome manifestations in highly skilled athletes

S. M. Futorny, O. I. Osadchaya, E. A. Shmatova, E. V. Maslova, P. V. Glukhovsky

Abstract. Objective. Study of the features of anemic processes development in high-class athletes during the period of maximum physical loads. Methods. Analysis of special scientific and methodological literature, clinical and laboratory methods and method of mathematical statistics. Conclusions. Development of anemia in professional athletes has multifactorial causes and is conditioned by iron and ferritin deficiency in blood serum, decrease in the content of red blood cells, their osmotic resistance. These changes cause high activity of processes associated with intravascular hemolysis, which leads to the formation of autoimmune deviations and promotes the appearance of anti-erythrocytic autoantibodies (with maximum values in the transition period), activation of intravascular hemolysis processes, development of autoimmune damage to erythrocytes.

Keywords: anemia, erythrocytes, athletes, training session.

Постановка проблеми. Современные научные данные свидетельствуют, что система эритронов принимает активное участие в поддержании энергетического обеспечения мышечной деятельности. При этом, благодаря ее способности быстро реагировать на любые воздействия изменениями качественного и количественного состава, становится возможным оценить активность адаптационных реакций организма в целом.

На сегодняшний день основные представления о диагностической значимости гематологических параметров в физиологии спортивной деятельности сводятся к тому, что они укладываются в диапазон нормальных здоровых величин, их срочные постнагрузочные сдвиги неоднозначны и обусловлены в основном фазовыми перераспределительными реакциями [1, 2]. В то же время целый ряд принципиально важных аспектов в оценке изменений показателей периферической крови у спортсменов, с учетом особенностей нагрузки в спорте и других факторов, остается без должного внимания специалистов [4].

Согласно Г. А. Макаровой, все случаи анемических состояний у спортсменов нет оснований объединять в группу истинно «спортивных» анемий, т. е. связывать снижение содержания гемоглобина в крови только с физическими нагрузками [6].

У спортсменов циклических видов спорта часто наблюдаются изменения состава красной крови, связанные со снижением количества эритроцитов, уровня гемоглобина и железа в сыворотке крови, что послужило основанием для возникновения термина «спортивная анемия» и вместе с тем не нашло однозначного толкования.

Анализ последних исследований и публикаций. Под анемией понимают патологическое состояние, характеризующееся уменьшением количества эритроцитов и (или) гемоглобина в единице объема крови [1]. При этом имеют значение не только степень анемии, но и скорость её развития, а также быстрота развития адаптационных реакций организма к изменившимся условиям существования. Она приводит к снижению кислородной емкости периферической крови, что может быть одной из причин снижения работоспособности и выносливости спортсмена [7].

Однако, детальное изучение механизмов развития анемических процессов у спортсменов не позволяет отнести данный вид анемии к традиционным группам классификации. У спортсменов она имеет ряд характерных особенностей, что позволяет выделить ее в отдельную группу — *спортивная анемия*.

Развитие анемии (в том числе железодефицитной) у спортсменов приводит к снижению физической работоспособности. В крови увеличивается содержание молочной кислоты (так как основным буфером крови при утилизации молочной кислоты является гемоглобиновый). Изменяются газовые градиенты кислорода крови и углекислого газа, а это, в свою очередь, приводит к перенапряжению системы энергообеспечения и лимитирует возможности атлета для достижения высоких спортивных результатов [3].

Перенапряжение системы крови в условиях напряженной мышечной деятельности — сравнительно редкое и мало изученное явление. Возможно, этим и объясняется отсутствие статистических данных, на основании которых можно было бы судить о частоте, характере и выраженности различных патологических изменений периферической крови у спортсменов. Имеющиеся сведения в основном касаются анемического синдрома [8–10].

Связь работы с научными планами, темами. Проведенные исследования в данной области выполнены по темам Сводного плана НИР в сфере физической культуры и спорта на 2016–2020 гг. Министерства образования и науки Украины, разработанного и утвержденного в Национальном университете физического воспитания и спорта Украины.

Цель исследования — изучение особенностей развития анемических процессов у спортсменов высокого класса в период максимальных физических нагрузок.

Методы и организация исследования. В работе обобщены результаты обследования 25 легкоатлетов в возрасте 18–20 лет.

Исследования проводили до тренировочных занятий в первом моноцикле ударного микроцикла предсоревновательного этапа подготовительного периода (первый срок исследования), после тренировочных занятий в конце указанного моноцикла (второй срок) и до тренировочных занятий в третьем моноцикле представленной периодизации тренировочного процесса спортсменов (третий срок).

Всем спортсменам проводили определение содержания гемоглобина, эритроцитов, гематокрита и ретикулоцитов общепринятым клиническим методом [5]. Изучали содержание железа и ферритина в сыворотке периферической крови, уровень осмотической резистентности эритроцитов и антиэритроцитарных антител [5]. Референтную группу составили молодые мужчины аналогичного возраста, допущенные к плановой донации (20 человек).

ТАБЛИЦА 1 – Показатели содержания гемоглобина и гематокрита в периферической крови спортсменов (n = 25)

Показатель	Сроки исследования			Результаты референтной группы (n = 20)
	Первый	Второй	Третий	
Гемоглобин, г/л	140 ± 1,22*	158 ± 1,97*	130 ± 1,17*	135 ± 1,11
Гематокрит, %	50,0 ± 0,45	59,0 ± 0,57*	51,0 ± 0,34	49,0 ± 0,32

Примечание: * достоверность различия по отношению к референтным показателям (p < 0,05).

Результаты исследований и их обсуждение.

При изучении особенностей динамики изменения показателей содержания гемоглобина в эритроцитах периферической крови и индекса гематокрита нами установлено наиболее значимое повышение этих значений у спортсменов во втором сроке исследования относительно референтных значений в 1,17 раза (p < 0,05) и в 1,20 раза (p < 0,05) (табл. 1).

Одной из особенностей влияния физических нагрузок на систему эритрона у спортсменов является увеличение содержания гемоглобина периферической крови, причиной которого выступает резкое повышение потребности в кислороде, что удовлетворяется более полным извлечением его из крови, возрастанием скорости кровотока, а также постепенным увеличением количества гемоглобина за счет изменения общей массы крови. Увеличение содержания гемоглобина отражает адаптацию организма к физическим нагрузкам в гипоксических условиях.

По содержанию гемоглобина в крови можно судить об аэробных возможностях организма, эффективности аэробных тренировочных занятий, состоянии здоровья спортсмена. С ростом уровня его тренированности концентрация гемоглобина в крови возрастает.

Повышение уровня гемоглобина в крови обусловлено уменьшением плазмы крови в результате трансфузии жидкости из кровяного русла в ткани и выходом эритроцитов из депо. При этом определяется увеличение показателей гематокрита. *Гематокрит* – это доля (%) общего объема крови, которую составляют эритроциты. При физических нагрузках он возрастает, в результате чего увеличивается способность крови транспортировать кислород к тканям.

Гематокрит отражает соотношение эритроцитов и плазмы крови и при адаптации к физической нагрузке имеет исключительно важное

значение. Определение его позволяет оценить состояние кровообращения в микроциркуляторном русле и выделить факторы, затрудняющие доставку кислорода в ткани.

Однако значительное повышение гемоглобина и гематокрита может свидетельствовать о развитии отрицательных процессов, которые приводят к повышению вязкости крови, что затрудняет кровоток и ускоряет время свертывания крови.

Отметим, что при оценке степени выраженности анемии следует учитывать не только уровни гемоглобина и гематокрита периферической крови, но и содержание железа и ферритина – критериев выраженности патологического процесса (табл. 2).

У обследованных спортсменов установлено значительное снижение содержания сывороточного железа и ферритина в периферической крови. Эти тенденции были наиболее выражены во втором сроке исследования. Показатели были снижены относительно референтных значений в 1,5 раза (p < 0,05) и 3,0 раза (p < 0,05) соответственно.

Как известно, в регуляции всасывания железа решающее значение имеют два фактора: размеры его запасов и активность эритропоэза (каждое стимулирование эритропоэза должно приводить к усилению всасывания железа, тогда как при его ограничении или угнетении всасывание железа уменьшается).

Причины дефицита железа у профессиональных спортсменов обусловлены прежде всего повышением потребности в нем, которая возникает в связи с повышением количества миоглобина в мышцах, увеличением содержания гемоглобина, активным нарастанием мышечной массы, увеличением объема циркулирующей крови. При этом дефицит железа связан не только со значительным потреблением его при физических нагрузках, но и повышенными его потерями с мочой

ТАБЛИЦА 2 – Показатели содержания железа и ферритина в периферической крови спортсменов (n = 25)

Показатель	Сроки исследования			Результаты референтной группы (n = 20)
	Первый	Второй	Третий	
Железо, мкмоль·л ⁻¹	9,0 ± 0,07*	5,0 ± 0,09*	7,0 ± 0,04*	11,0 ± 0,09
Ферритин, нг·мл ⁻¹	37,9 ± 0,67*	25,0 ± 0,34*	27,0 ± 0,54*	75,0 ± 0,89

Примечание: * достоверность различия по отношению к референтным показателям (p < 0,05).

ТАБЛИЦА 3 – Показатели содержания эритроцитов и ретикулоцитов в периферической крови спортсменов (n = 25)

Показатель	Сроки исследования			Результаты референтной группы (n = 20)
	Первый	Второй	Третий	
Эритроциты, $10^{12} \cdot \text{л}^{-1}$	$4,5 \pm 0,1^*$	$5,5 \pm 0,1^*$	$2,9 \pm 0,1$	$3,5 \pm 0,1$
Ретикулоциты, %	$5,5 \pm 0,2^*$	$7,0 \pm 0,2^*$	$5,9 \pm 0,2^*$	$2,5 \pm 0,2$

Примечание: * достоверность различия по отношению к референтным показателям ($p < 0,05$).

(микрогематурия как результат ишемии почек), микрокровопотери через кишечник, усиленные потери железа в составе пота [6].

Ферритин — растворимый накопитель атомов железа для синтеза гемоглобина и нормального эритропоэза. Атомы железа накапливаются в виде гидроксидов и фосфатов. С одной стороны, ферритин является депо железа, с другой — защищает организм от вредного его влияния. Следовательно, изучение динамики изменения содержания ферритина у спортсменов является важным диагностическим критерием для оценки влияния физических нагрузок на систему эритроноза. Ферритин — наиболее информативный индикатор запасов железа в организме. В физиологических условиях метаболизма железа ферритин играет важную роль в поддержании железа в растворимой, нетоксичной и биологически полезной форме. Во время физической нагрузки снижение уровня ферритина свидетельствует о мобилизации железа для синтеза гемоглобина, выраженное снижение — о наличии скрытой железодефицитной анемии. Повышенный уровень сывороточного ферритина отражает не только количество железа в организме, но и является проявлением острофазного ответа на воспалительный процесс. Тем не менее, если у пациента действительно имеется дефицит железа, острофазное повышение его уровня не бывает значительным.

Повышенные физические нагрузки сопровождаются эритроцитозом — увеличением количества эритроцитов в периферической крови, что является компенсаторной реакцией, необходимой для увеличения массы циркулирующей крови в условиях гипоксии. Нами было установлено значительное повышение содержания эритроцитов в

периферической крови у спортсменов во втором сроке исследования по отношению к референтным значениям в 1,57 раза ($p < 0,05$) (табл. 3).

После нагрузки количество эритроцитов снижалось (третий срок исследования), т. е. часть их подвергается разрушению, причем после прекращения нагрузки этот процесс продолжается. Одновременно активируются процессы образования эритроцитов в костном мозге, и в крови появляется большое количество молодых форм. Данные тенденции сопровождаются усиленным кровообразованием, которое приводит к появлению в периферическом русле эритроцитов, содержащих ретикулярные субстанции, — ретикулоцитов. Это молодые эритроциты, присутствующие в малом количестве в периферической крови и образующиеся в костном мозге из клеток—предшественников эритроидного ряда. Увеличение содержания ретикулоцитов наблюдается при усиленной регенерации кроветворения. Данные клеточные структуры характеризуются сниженной кислородтранспортной функцией и осмотической резистентностью.

При исследовании осмотической резистентности эритроцитов периферической крови у профессиональных спортсменов нами установлено повышение этих показателей относительно значений референтной группы (табл. 4).

Снижение осмотической резистентности эритроцитов обуславливает высокую активность процессов, связанных с внутрисосудистым гемолизом и приводит к формированию аутоиммунных девиаций, появлению антиэритроцитарных аутоантител (с максимальными значениями в постсоревновательном периоде).

В то же время значительные физические нагрузки способствуют увеличению содержания

ТАБЛИЦА 4 – Показатели осмотической резистентности эритроцитов и содержание антиэритроцитарных антител в периферической крови у спортсменов (n = 25)

Показатель	Сроки исследования			Результаты референтной группы (n = 20)
	Первый	Второй	Третий	
Осмотическая резистентность, %	$0,37 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1^*$	$0,6 \pm 0,1^*$	$0,35 \pm 0,1$
Содержание антиэритроцитарных антител, усл. ед.	$0,10 \pm 0,09$	$2,55 \pm 0,15^*$	$2,53 \pm 0,21^*$	$0,09 \pm 0,05$

Примечание: * достоверность различия по отношению к референтным показателям ($p < 0,05$).

в плазме периферической крови спортсменов альбумина, что приводит к формированию на поверхности эритроцитов альбуминовых колец «повышенной жесткости». Эти эритроциты обладают сниженной осмотической резистентностью, однако, с одной стороны, демонстрируют низкую кислородтранспортную способность, а с другой — высокие агрегационные возможности. При этом такие эритроциты могут выступать мишенями в реакциях аутоиммунного характера.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Развитие анемии у профессиональных

спортсменов имеет мультифакторные причины и обусловлено недостатком железа и ферритина в сыворотке крови, уменьшением содержания эритроцитов, снижением осмотической их резистентности. Данные изменения обуславливают высокую активность процессов, связанных с внутрисосудистым гемолизом, что приводит к формированию аутоиммунных девиаций и способствует появлению антиэритроцитарных аутоантител, активации процессов внутрисосудистого гемолиза, развитию аутоиммунного повреждения эритроцитов.

Литература

1. Андреевич Н. А. Железodefицитные состояния и железodefицитные анемии / Н. А. Андреевич, Л. В. Балева // Вестн. современ. клинич. медицины. – 2009. – Т. 2, № 3. – С. 62–65.
2. Дурманов Н. Д. Диагностика и коррекция нарушений обмена железа в спорте высших достижений : метод. рек. для врачей клубов / Н. Д. Дурманов, А. С. Филимонов. – М., 2010. – 84 с.
3. Коваленко С. М. Анемия в спорте [Электронный ресурс] / С. М. Коваленко // Вестн. КАЗНМУ. – 2012. – № 1. – URL : <http://kaznmu.kz/press/wp-content/uploads/2012/05/ANEMIA-IN-SPORT.pdf>.
4. Кулиненко О. С. Фармакотерапия в спортивной медицине / О. С. Кулиненко. – М. : Медицина, 2003. – 203 с.
5. Лабораторные методы исследования в клинике: справочник / под ред. В. В. Меньшикова. – М. : Медицина, 1987. – 368 с.
6. Макарова Г. А. Фармакологическое сопровождение спортивной деятельности: реальная эффективность и спортивные вопросы / Г. А. Макарова. – М. : Сов. спорт, 2013. – 231 с.
7. Медведков В. Д. Улучшение дыхательной функции крови средствами физической культуры / В. Д. Медведков, Н. И. Медведкова, С. В. Аширова // Пед.-психол. и мед.-биол. пробл. физ. культуры и спорта. – 2010. – № 1 (14). – С. 70–74.
8. Насолодкин В. В. Профилактика железodefицитных состояний у спортсменов высокой квалификации / В. В. Насолодкин, С. М. Воронин, И. П. Зайцева, И. П. Гладких // Гигиена и санитария. – 2006. – № 2. – С. 44–47.
9. Шахлина Л. Я.-Г. Обмен железа и аэробные возможности спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в видах спорта на выносливость / Л. Я.-Г. Шахлина, Ю. Л. Вовчаныця // Спорт. медицина, ЛФК и валеология: XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, 2012. – С. 168–169.
10. Шахлина Л. Я.-Г. Морфологический и биохимический состав периферической красной крови спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в видах спорта с преимущественным развитием выносливости / Л. Я.-Г. Шахлина, Ю. Л. Вовчаныця, С. В. Калитка // Лечеб. физкультура и спорт. медицина. – 2013. – № 9. – С. 22–26.

References

1. Andreevich, N.A., & Baleeva, L.V. (2009). Zhelezodefitsitnyye sostoyaniya i zhelezodefitsitnyye anemii [Iron deficiency and iron deficiency anemia]. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny – Bulletin of modern clinical medicine*, Vol. 2, 3, 62-65 [in Russian].
2. Durmanov, N.D., Filimonov, A.S. (2010). *Diagnostika i korrektsiya narusheniy obmena zheleza v sporte vysshikh dostizheniy* [Diagnostics and correction of iron metabolism disorders in sports of higher achievements]. Moscow [in Russian].
3. Kovalenko, S.M. (2012). Anemiya v sporte [Anemia in sport]. *Vestnik KAZNMU – Bulletin of Kazan National Medical University*, 1. Retrieved from URL: <http://kaznmu.kz/press/wp-content/uploads/2012/05/ANEMIA-IN-SPORT.pdf>. [in Russian].
4. Kulenenkov, O.S. (2003). *Farmakoterapiya v sportivnoy meditsine* [Pharmacotherapy in sports medicine]. Moscow: Meditsina [in Russian].
5. Men'shikov, V.V. (Ed.). (1987). *Laboratornyye metody issledovaniya v klinike* [Laboratory methods of research in the clinic]. Moscow: Meditsina [in Russian].
6. Makarova, G.A. (2013). *Farmakologicheskoye soprovozhdeniye sportivnoy deyatel'nosti: real'naya effektivnost' i sportivnyye voprosy* [Pharmacological support of sports activities: real effectiveness and sporting issues]. Moscow: Sovetskij Sport [in Russian].
7. Medvedkov, V.D., Medvedkova, N.I., & Ashirova, S.V. (2010). Uluchsheniye dykhatel'noy funktsii krovi sredstvami fizicheskoy kul'tury [Improving the respiratory function of blood by means of physical training]. *Pedagogiko-psikhologicheskkiye i mediko-biologicheskkiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta – Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports*, 1 (14), 70-74 [in Russian].
8. Nasolodkin, V.V., Voronin, S.M., Zaitseva, I.P., Gladkikh, I.P. (2006). Profilaktika zhelezodefitsitnykh sostoyaniy u sportsmenov vysokoy kvalifikatsii [Prevention of iron deficiency conditions in high-qualified athletes]. *Gigiyena i sanitariya – Hygiene and Sanitation*, 2, 44-47 [in Russian].
9. Shakhlina, L.Ya.-G., Vovchanytsya, Yu.L. (2012). Obmen zheleza i aerobnyye vozmozhnosti sportsmenok vysokoy kvalifikatsii, spetsializiruyushchikhsya v vidakh sporta na vynoslivost' [Exchange of iron and aerobic capabilities of athletes of high qualification, specializing in sports for endurance]. Proceedings from Sports medicine, exercise therapy and valeology: XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – 16th International Scientific and Practical Conference (pp. 22-26). Odessa [in Russian].
10. Shakhlina, L.Ya.-G., Vovchanytsya, Yu.L., & Kalitka, S.V. (2013). Morfologicheskii i biokhimicheskii sostav perifericheskoy krasnoy krovi sportsmenok vysokoy kvalifikatsii, spetsializiruyushchikhsya v vidakh sporta s preimushchestvennym razvitiyem vynoslivosti [Morphological and biochemical composition of peripheral red blood of athletes of high qualification, specializing in sports with a predominant development of endurance]. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina – Therapeutic physical training and sports medicine*, 9, 22-26 [in Russian].