

Эритроциты в лабораторном контроле спортсменов в качестве маркеров функционального состояния организма (на примере плавания)

Александр Викулов¹, Владимир Маргазин¹, Нина Кожух², Василий Бойков¹

АННОТАЦИЯ

Цель – формирование на основе эритроцитарных характеристик объективных, адекватных и информативных критериев, пригодных для оценки функционального состояния организма и физической работоспособности спортсменов в динамике тренировочного процесса.

Методы. Анализ и обобщение данных научно-методической литературы и результатов собственных исследований.

Результаты. У пловцов высокой квалификации проведены динамические исследования среднего диаметра эритроцитов и показано, что в состоянии относительного покоя этот показатель достоверно превышал значения у лиц, не занимающихся спортом. Одной из причин увеличения диаметра эритроцитов являлась активация ретикулоцитоза. Диаметр эритроцитов у пловцов в покое был корреляционно связан с результатом в плавании на дистанции 1500 м, а после нагрузки в крови спортсменов выявлены незрелые формы ретикулоцитов, участвующие в экстренном восполнении дефицита кислорода. Предполагается, что увеличенный диаметр эритроцитов и отношение площади поверхности эритроцита к его объему способствуют лучшей перфузии и доставке кислорода тканям.

Заключение. Изменения размера эритроцитов являются вполне надежным маркером функционального состояния спортсмена и могут быть использованы как объективные критерии работоспособности на этапах медико-биологического контроля.

Ключевые слова: физическая нагрузка, работоспособность, эритроциты.

ABSTRACT

Objective – formation on the basis of erythrocyte characteristics of objective, adequate and informative criteria to be used for estimating body functional state and physical work capacity of athletes in the dynamics of training process.

Methods. Analysis and generalization of data of scientific and methodical literature and those of personal studies.

Results. Dynamic study of erythrocyte mean diameter in elite swimmers has been performed. It has been revealed that in rest this index was significantly higher in swimmers as compared to nonathletes. One of the reasons of increased erythrocyte diameter in swimmers is the activation of reticulocytosis. Erythrocyte diameter in swimmers in rest has been demonstrated to correlate with the result in 1500 m swimming; immature forms of reticulocytes participating in urgent replenishment of oxygen deficit have been revealed in athletes' blood after the load. It is assumed that increased erythrocyte diameter and ratio of its surface area to volume contributes to better perfusion and oxygen delivery to tissues.

Conclusion. Change of erythrocyte size is rather reliable marker of body functional state and may be used as the objective criteria of work capacity at the stages of medico-biological control of athletes including the operative control.

Keywords: physical load, work capacity, erythrocytes.

Постановка проблемы. Современному спорту высших достижений присущи интенсивные тренировочные и соревновательные нагрузки. Для качественного управления спортивной подготовкой в этих условиях крайне необходимы оценка текущего функционального состояния организма и регулярный мониторинг состояния здоровья спортсменов [26]. Следовательно, нужны простые, доступные, но, в то же время, объективные, высокоинформативные и специфичные методы исследования, которые бы позволяли еще до спортивно-медицинских проявлений развития утомления и перенапряжения верифицировать эти процессы [23].

В целом эта задача относится к сфере лабораторного контроля спортсменов [26]. Однако среди огромного спектра определяемых при медико-биологических исследованиях параметров с учетом реалий тренировочного процесса квалифицированных спортсменов необходимо вычлнить именно те, которые будут давать достаточно объективную информацию о функциональном состоянии и физической работоспособности на тот или иной момент [6, 9], и при этом такое исследование может быть осуществлено оперативно [22]. Таким «окном» в организм спортсмена, на наш взгляд и в соответствии с точкой зрения других исследователей [14], являются эритроциты – высокоспециализированные безъядерные клетки крови с ограниченным сроком жизни (примерно 90–120 дней), специализированные, прежде всего, на доставке кислорода к работающим органам и тканям.

Как известно, кислородтранспортная способность крови определяется, прежде всего, концентрацией в ней гемоглобина и парциальным давлением кислорода. При полном насыщении кислородом ($P_{O_2} = 90$ мм рт. ст.) каждый грамм гемоглобина, локализованного исключительно в эритроцитах, может транспортировать 1,34 мл кислорода [17]. Таким образом, для спортсмена, у которого уровень гемоглобина в крови

составляет в среднем $150 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, кислородтранспортная способность достигает 200 мл кислорода на каждый литр артериальной крови; у женщин эта величина примерно на 10 % меньше в связи с более низким содержанием эритроцитов [22]. Кислород высвобождается из гемоглобина, когда кровь протекает через капиллярное русло [42]. Морфофункциональные особенности эритроцитов в значительной степени связаны с их размерами и деформируемостью цитоскелета [41], благодаря чему они легко проникают через капилляры размером 3–4 мкм, хотя сами имеют диаметр практически вдвое больше [52, 53]. Таким сравнительно небольшим просветом от 3 до 6 мкм характеризуются, в том числе, капилляры мышечной ткани [35].

При нормальных условиях эритроцит в неподвижном состоянии имеет двояковогнутую форму, т. е. является дискоцитом диаметром 7,3–7,8 мкм. Такая форма определяется скорее мембраной, чем внутриклеточным содержимым эритроцита. Объем эритроцита составляет 85–95 фл (1 фл = 10^{-15} л). В периферической крови здорового человека количество дискоцитов правильной формы составляет приблизительно 85 %, а дискоцитов измененной формы, с одним или множественными выступами, гребнями, шипами и др. – 12–13 %. Увеличение содержания в крови эритроцитов с аномально измененной формой сопровождается ухудшением прохождения этих клеток сквозь микрососуды [2, 10, 42].

Именно с учетом этих, хорошо известных спортивным физиологам и специалистам в области лабораторной диагностики данных, в поле нашего зрения оказался эритроцит, который и содержит гемоглобин. Отправной точкой рабочей гипотезы исследования являлась возможность косвенной оценки кислородтранспортной способности крови, а, следовательно, и аэробной работоспособности, путем изучения изменения характеристик эритроцитов, переносящих кислород в кровеносном русле спортсменов.

В последнее десятилетие было установлено, что изменение формы и размера эритроцитов непосредственно влечет за собой не только замедление капиллярного кровотока [11], но и снижение скорости транспорта кислорода к тканям [31]. Кроме этого, происходит и уменьшение насыщенности эритроцитов гемоглобином [48] при изменении показателя среднего диаметра эритроцитов.

Результаты исследований, проведенных у пловцов ($n = 34$), показали, что средний диаметр эритроцитов находится на уровне $7,14 \pm 0,02$ мкм (данные о спортивной квалификации автором не приводятся) [12]. В более ранних исследованиях авторов настоящей статьи, проведенных при использовании гемоцитометра, было показано, что средний диаметр эритроцитов у спортсменов высокой квалификации (МС, МСМК) в целом составил $7,72 \pm 0,04$ мкм. В то же время у высококвалифицированных представителей разных видов спорта ($n = 53$) этот показатель был равен $7,42 \pm 0,19$ мкм ($LQ-UQ = 7,26-7,55$ мкм) [21], т. е. достоверно отличался от усредненной величины объема эритроцитов в целом в обследованной группе. При оценке эффективности использования в практике спортивной подготовки новых фармакологических средств стимуляции работоспособности также была показана рациональность использования как адекватной модели исследований различных, в том числе, и красных, клеток крови и их специфических характеристик – объема, способности к деформации [5, 10, 38].

В современной научной литературе сформировано мнение, что размеры красных клеток крови у спортсменов высокой квалификации выше, чем у практически здоровых лиц, не занимающихся спортом, а также спортсменов более низкой квалификации. Объяснением такого явления следует считать увеличение в крови спортсменов в результате ретикулоцитоза количества молодых эритроцитов, имеющих больший размер по сравнению со старыми клетками [39]. Однако нельзя не отметить, что, как полагают некоторые авторы, в динамике многолетней подготовки величина среднего объема эритроцитов может и снижаться [15, 20].

В настоящее время анализ крови у спортсменов проводится с использованием различных приборов, однако, наиболее полную информацию о параметрах клеточного

состава крови можно получить с помощью автоматических гематологических анализаторов таких известных производителей, как Sysmex (сейчас это две фирмы – Toa Medical, Япония и Sysmex Europe GmbH), Erma (Япония), Micros (США), Beckman-Coulter (США), Medonic (Швеция), DIATRON (Австрия) и др. Требованием WADA при составлении паспорта крови спортсмена является исследование не капиллярной, а венозной крови. Нужно отметить, что в настоящее время для получения унифицированных, т. е. однотипных, пригодных для сравнения и хорошо воспроизводимых результатов анализов крови спортсменов в мире принято использовать именно полностью автоматические гематологические анализаторы, на которых измеряются и значения показателей, пригодные для сравнения, так называемые референтные [20, 21, 54].

При проведении углубленного и этапного лабораторного контроля состояния спортсменов этот метод также вполне применим [6]. Но в условиях тренировочных сборов стационарные приборы используются крайне редко, и для исследований обычно забирается капиллярная кровь [26]. Кроме того, с учетом желательной частоты взятия образцов крови, что зависит от конкретных условий и направленности нагрузок (до и после тренировки, в динамике нагрузки, на следующие сутки и т. д.), многократная процедура забора крови из периферической вены становится нежелательной.

В таких ситуациях, с нашей точки зрения, более рациональным является забор капиллярной крови. Во-первых, согласно данным некоторых авторов, капиллярная кровь по значениям показателей не отличается от венозной [8, 50, 53]. Во-вторых, взятие капиллярной крови для анализа – процедура менее трудоемкая и менее травматичная [45] и методологически более подходящая для условий тренировочного сбора, что позволяет делать забор крови чаще и улучшить контроль состояния спортсмена.

Доступность эритроцитов как модели для проведения исследований делает эти клетки незаменимыми во многих сферах биологии и медицины. С одной стороны, применение метода эритроцитометрии позволяет не только точно измерить диаметр эритроцитарной клетки, но и получить надежную информацию о форме и размерах эритроцитов, которые связаны с текущим функциональным состоянием организма и

его физической работоспособностью [7, 20, 29]. С другой стороны, более высокая точность и быстрота получения результата с помощью автоматических гематологических анализаторов делает их незаменимыми для исследования эритроцитарных характеристик во время этапного контроля спортсменов, углубленного медико-биологического обследования или при проведении научных исследований.

Цель исследования – формирование на основе эритроцитарных характеристик объективных, адекватных и информативных критериев, пригодных для оценки функционального состояния организма и физической работоспособности спортсменов в динамике тренировочного процесса.

Методы и организация исследования. Было обследовано 12 квалифицированных пловцов-мужчин (I спортивный разряд, КМС и МС) в состоянии относительного мышечного покоя и после соревновательной нагрузки. Возраст спортсменов колебался от 15 до 17 лет, а стаж занятий спортом – 5–7 лет. Капиллярную кровь для исследования брали дважды: до старта и сразу после финиша контрольного заплыва на соревновательной дистанции 1500 м вольным стилем. Спортивный результат оценивали по очковой таблице Международной федерации плавания (FINA). В контрольную группу ($n = 10$) вошли практически здоровые лица такого же возраста и пола, не занимающиеся спортом.

Эритроцитометрию проводили с использованием окуляромикрометра. В тонком окрашенном мазке крови измеряли диаметры 100 красных клеток. Для каждого спортсмена рассчитывали средний диаметр эритроцитов в микрометрах (мкм) и с помощью персонального компьютера строили кривую распределения эритроцитов с учетом ширины их распределения (RDW) по диаметру.

Статистическая обработка полученных результатов после оценки соответствия выборок закону нормального распределения по критерию Шапиро-Уилка выполнена на персональном компьютере с применением лицензионной программы «Статистика 6.1». В данной случайной выборке были рассчитаны выборочная средняя (M), стандартное отклонение (SD), нижний и верхний квартили ($\pm 25\%$; $LQ-UQ$). Взаимосвязь между переменными величинами определяли с помощью расчета линейной и ранговой корреляции.

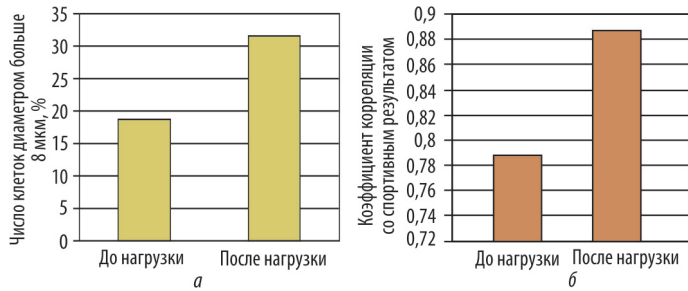


РИСУНОК 1 – Изменения числа эритроцитов увеличенного объема (а) и коэффициента корреляции этого показателя (б) со временем прохождения соревновательной дистанции 1500 м вольным стилем

Результаты исследования и их суждение. В группе обследованных спортсменов средний результат на дистанции 1500 м составлял 18 мин 59 с. У пловцов в покое диаметр эритроцитов был равен $7,67 \pm 0,29$ мкм (LQ–UQ = 7,40–7,90 мкм), в то время как у лиц контрольной группы величина среднего диаметра эритроцитов составляла $7,38 \pm 0,08$ мкм, что статистически достоверно меньше, чем у обследованных пловцов ($p < 0,05$). Известно, что у практически здоровых лиц, не занимающихся спортом, эта величина составляет от 7,20 до 7,50 мкм, т. е. полученные результаты соответствуют данным специальной литературы [1, 2, 12, 13, 15, 20].

Клеток диаметром 6,9 мкм и меньше (микроцитов) у спортсменов (в основной группе) оказалось только 4 %. Микроцитов и клеток с большим, чем 8,0 мкм, объемом (макроцитов) в крови лиц контрольной группы (нетренированные) оказалось 11 и 3 % соответственно ($p < 0,01$). В целом в наблюдаемой выборке из 12 спортсменов 18,7 % эритроцитов имели диаметр 8 мкм и больше (макроциты), тогда как у здоровых лиц, не занимающихся спортом, количество макроцитов обычно составляет всего 1–2 % [2, 13]. Если же взять результаты индивидуальной эритроцитометрии трех самых сильных в основной группе пловцов – мастеров спорта, то средний диаметр эритроцитов у них оказался равным $7,82 \pm 0,37$ мкм (LQ–UQ = 7,60–8,10 мкм). Клеток диаметром 8 мкм и больше у этих спортсменов было 30,0 % среди всей эритроцитарной популяции, что на 60,4 % больше, чем в обследованной группе спортсменов в целом.

В специальной отечественной и иностранной литературе имеются лишь единичные сведения по эритроцитометрии; причем в основном используются гемоцитометры, определяющие расчетным способом размер эритроцитов и ширину их распределения. У пловцов, участвующих в исследовании, между величиной среднего диаметра эри-

троцитов в покое (до заплыва) и спортивным результатом на дистанции 1500 м величина линейного коэффициента корреляции была равна $r = 0,78$ ($p < 0,01$). Это позволяет считать величину среднего диаметра эритроцитов надежным маркером общей физической работоспособности и функционального состояния организма спортсменов. После соревновательной нагрузки при прохождении вольным стилем дистанции 1500 м средний диаметр эритроцитов в целом по группе увеличился и составил $7,81 \pm 0,36$ мкм (LQ–UQ = 7,6–8,1 мкм) ($p < 0,01$). Клеток диаметром 8,00 мкм и больше в крови спортсменов оказалось 31,6 % ($p < 0,01$), что существенно выше по сравнению с данными до начала соревновательной нагрузки (18,7 %) (рис. 1, а), микроцитов (диаметр 6,9 мкм и меньше) – всего 1 % (до нагрузки – 4 %), а у 70 % спортсменов клетки такого размера вообще отсутствовали.

В то же время коэффициент линейной корреляции между диаметром эритроцитов после прохождения дистанции 1500 м и результатом на дистанции был высок ($r = 0,90$) и достоверен ($p < 0,01$) (рис. 1, б). Таким образом, хотя в целом по сравнению с состоянием мышечного покоя наблюдалась только тенденция к увеличению размера эритроцитов после нагрузки (от $7,67 \pm 0,08$ до $7,81 \pm 0,36$ мкм), число клеток диаметром больше 8,00 мкм в выборке обследованных спортсменов достоверно увеличилось.

В верхнем квартиле до прохождения дистанции 1500 м средняя величина диаметра красных клеток равнялась $8,09 \pm 0,07$ мкм, после заплыва – $8,24 \pm 0,04$ мкм ($p < 0,001$). Коэффициенты линейных корреляций до и после прохождения также были значимы и составляли $r_1 = 0,63$ и $r_2 = 0,86$ соответственно ($p < 0,01$ в обоих случаях). Количество таких клеток (макроцитов) под влиянием соревновательной нагрузки достоверно возросло на 68,7 %.

Мы полагаем, что этот феномен связан с появлением в кровеносном русле клеток-предшественников эритроцитов – ретикулоцитов. В нашем исследовании у пловцов концентрация ретикулоцитов составляла $1,39 \pm 0,12$ % (в норме у здоровых нетренированных лиц их содержание колеблется в очень небольших пределах – от 1,0 до 1,2 %). После прохождения дистанции 1500 м вольным стилем количество ретикулоцитов возросло по сравнению с данными в условиях мышечного покоя на 9,8 % ($p < 0,02$).

До прохождения дистанции и после нее в крови спортсменов выявлены также незрелые формы самих ретикулоцитов (табл. 1). В условиях нормального эритропоэза из костного мозга в кровь поступают ретикулоциты обычно 3 и 4-й степени зрелости. Ретикулоциты же 0, 1 и 2-й степени зрелости в нормальных условиях продолжают процесс созревания в костном мозге [2].

В циркуляцию поступают функционально зрелые клетки, в которых завершены процессы синтеза гемоглобина и сформирована стабильная структура белкового цитоскелета. В ответ на гипоксию в костном мозге интенсифицируются процессы пролиферации и дифференцирования эритроидных клеток [2–4]. В стратегическом арсенале возможных вариантов адаптации организма к стрессовым воздействиям наряду с компенсаторными механизмами, включение которых требует довольно длительного интервала времени, значительных затрат энергии и пластических материалов, имеются и быстрореализуемые компенсаторные механизмы. К последним следует

ТАБЛИЦА 1 – Относительное распределение ретикулоцитов по степени зрелости у пловцов до и после прохождения дистанции 1500 м

Степень зрелости ретикулоцитов	Количество ретикулоцитов в общей популяции, %	
	до нагрузки	после нагрузки
0-я	0	$9,4 \pm 4,0^*$
1-я	0	$9,2 \pm 0,8^{**}$
2-я	$11,8 \pm 2,6^*$	$17,0 \pm 1,5^{***}$
3-я	$33,6 \pm 2,1^*$	$28,8 \pm 3,6^{***}$
4-я	$54,6 \pm 1,7^*$	$35,6 \pm 4,8^{***}$

* $p < 0,05$ по сравнению с данными при нулевой зрелости ретикулоцитов.

** $p < 0,05$ по сравнению с данными до нагрузки при соответствующей степени зрелости ретикулоцитов.

отнести и выброс в кровь костномозгового резерва ретикулоцитов 0, 1 и 2-й степеней зрелости в первые часы острой гипоксии [25]. Незрелые формы клеток с большим объемом, по-видимому, участвуют в экстренном восполнении дефицита кислорода [44]. Такие клетки имеют более длительный период созревания на стадии ретикулоцитов, содержат РНК, большее количество воды и гемоглобина, однако это не влияет на продолжительность жизни клеток. Для макроцитов характерны увеличение объемной плотности митохондрий и числа рибосом, большая скорость утилизации глюкозы и высокая активность гликолитических ферментов. Этим клеткам присуща низкая способность к деформации [47]. Надо полагать, что их превращение в зрелые эритроциты происходит быстрее, в течение нескольких часов. Однако показано, что у спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в видах спорта, направленных на преимущественное развитие выносливости, имеет место и статистически значимое снижение количества незрелых ретикулоцитов [3].

С учетом полученных данных можно заключить, что как в ходе тренировочного процесса в динамике годичного макроцикла [35, 37], так и в динамике многолетней подготовки, у спортсменов в покое регистрируется «омоложение» возрастного состава эритроцитов, что совпадает с точкой зрения других исследователей [33, 34]. Показано, что у спортсменов почти в два раза укорачивается продолжительность циркуляции

эритроцитов по сравнению со здоровыми нетренированными лицами. Так, меченые ^{51}Cr эритроциты у спортсменов циркулируют в среднем 67 дней, а в группе контроля – вдвое больше (113 дней) [52]. Молодые эритроциты также менее чувствительны к росту концентрации кальция внутри клетки [36, 46], что частично определяет их объем и способность к изменению формы. Молодые эритроциты обладают повышенной, по сравнению со зрелыми клетками, скоростью гликолиза, имеют более высокое содержание 2,3-дифосфоглицерата и креатина, а также более высокую активность пируваткиназы [40, 44]; у них повышена активность антиоксидантной системы [10, 16, 32]. Установлено, что 2,3-дифосфоглицерат является важным регулятором сродства гемоглобина к кислороду, стабилизатором конформации четвертичной структуры молекулы гемоглобина, а также модулятором энергетического обмена в клетке. В то же время доказано, что повышение концентрации этого субстрата (2,3-дифосфоглицерата) изменяет сродство гемоглобина к кислороду [31]. В условиях мышечных нагрузок и возникающей тканевой гипоксии повышение концентрации 2,3-дифосфоглицерата является одним из физиологических механизмов, улучшающих доставку кислорода к тканям [28, 29].

В течение многих лет не оспаривается точка зрения, что молодые эритроциты имеют повышенную способность к деформации [4, 21, 22, 34, 47]. Увеличение де-

формируемости эритроцитов у спортсменов связано главным образом с изменением мембранных свойств красных клеток (преобладание в фосфолипидах мембран ненасыщенных жирных кислот делает мембрану более текучей), повышением активности Na^+ , K^+ -АТФазы и изменением геометрии клеток [52], что сопровождается улучшением переноса кислорода [49]. Нами в этом аспекте выявлено увеличение отношения площади поверхности эритроцитов к их объему. Все это обеспечивает повышенную перфузионную и кислородтранспортную способность мембранной поверхности эритроцитов, а, следовательно, крови, что приводит к росту аэробной работоспособности [30].

Выводы. Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что в процессе долговременной адаптации пловцов к мышечным нагрузкам в значительной степени увеличиваются размеры эритроцитов. Одна из главных причин таких изменений – ретикулоцитоз. Высокий уровень специальной работоспособности спортсменов связан с преобладанием в крови красных клеток увеличенного размера (более молодых эритроцитов). В связи с этим такой легко измеряемый параметр, как диаметр эритроцитов, можно рекомендовать в качестве маркера функционального состояния организма пловцов на этапах подготовки спортсменов с преимущественным аэробным механизмом энергообеспечения мышечной деятельности.

■ Литература

1. Алачева Л. В. Оценка реактивности периферического отдела эритрона у детей с воспалительными заболеваниями органов дыхания: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Л. В. Алачева. – Челябинск, 2013. – 23 с.
2. Андерсон Ш. Описание гемопоэтических клеток и форменных элементов крови / Ш. Андерсон, К. Поулсен // Атлас гематологии: в 2 ч. / под ред. В. П. Сапрыкина. – М.: Логосфера, 2007. – Ч. 1. – С. 9–10.
3. Барановская И. Б. Ретикулоцитарные и эритроцитарные показатели периферической крови в системе оценки функционального состояния эритропоэза у лиц, занимающихся и не занимающихся спортом: автореф. дис. ... канд. биол. наук / И. Б. Барановская. – Краснодар, 2011. – 20 с.
4. Березнякова А. И. Деформабельность эритроцитарной мембраны крыс различного возраста при гипоксии / А. И. Березнякова, О. Д. Жемела // Физиол. журн. – 2013. – Т. 59, № 3. – С. 72–77.
5. Гуніна Л. М. Вплив ритмокорону на показники витривалості та структурно-функціонального стану мембран еритроцитів при інтенсивному фізичному навантаженні / Л. М. Гуніна, С. А. Олійник, І. М. Башкін [та ін.] // Физиол. журн. – 2006. – Т. 52, № 5. – С. 69–73.
6. Гуніна Л. М. Взаємозв'язок агрегаційних властивостей еритроцитів, структурно-функціонального стану їх мембран і фізичної працездатності спортсменів за окисного стресу / Л. М. Гуніна // Кровообіг та гемостаз. – 2010. – № 3. – С. 15–18.

■ References

1. Alacheva L. V. Estimation of reactivity of erythron peripheral section in children with inflammatory diseases of respiratory system: author's abstract for Ph.D. in Medicine / L. V. Alacheva. – Chelyabinsk, 2013. – 23 p.
2. Anderson S. Description of hemopoietic cells and blood corpuscles / S. Anderson, K. Paulsen // Atlas gematologii: in 2 p. / ed. by V. P. Saprykin. – Moscow: Logosfera, 2007. – P. 1. – P. 9–10.
3. Baranovskaya I. B. Reticulocytic and erythrocytic indices of peripheral blood in the system of assessment of erythropoiesis functional state in athletes and nonathletes: author's abstract for Ph.D. in Biology / I. B. Baranovskaya. – Krasnodar, 2011. – 20 p.
4. Berezniakova A. I. Deformability of erythrocytic membrane of rats of different ages during hypoxia / A. I. Berezniakova, O. D. Zhemela // Fiziolog. zhurnal. – 2013. – Vol. 59, N 3. – P. 72–77.
5. Gunina L. M. Rhythmkor influence on indices of endurance and structural-functional state of erythrocyte membrane under intensive loads / L. M. Gunina, S. A. Oliynyk, I. M. Bashkin [et al.] // Fiziolog. zhurnal. – 2006. – Vol. 52, N 5. – P. 69–73.
6. Gunina L. M. Association between aggregative capacities of erythrocytes, structural-functional state of their membranes and physical work capacity of athletes under oxide stress / L. M. Gunina // Krovoobih ta hemostaz. – 2010. – N 3. – P. 15–18.
7. Gunina L.M. Erythrocytes under oxide stress during physical loads (review of literature) / L. M. Gunina // Perspektivy medytsyby ta biolohii. – 2013. – Vol. 5, N 1. – P. 7–13.

7. Гуніна Л. М. Еритроцити за окисного стресу при фізичних навантаженнях (огляд літератури) / Л. М. Гуніна // Перспективи медицини та біології. — 2013. — Т. 5, № 1. — С. 7–13.
8. Гунина Л. М. Сравнительный анализ показателей гематологического гомеостаза венозной и капиллярной крови у спортсменов высокого класса / Л. М. Гунина, С. В. Олишевский, С. С. Коваленко, В. О. Петришина // Наука в олимп. спорте. — 2010. — № 1–2. — С. 59–62.
9. Гуніна Л. М. Сучасні лабораторні критерії в системі медико-біологічного контролю спортсмена: необхідний та достатній перелік / Л. М. Гуніна, Д. Л. Ткачова // Спорт. медицина. — 2012. — № 1. — С. 110–117.
10. Гуніна Л. М. Уніфікована програма поглибленого медико-біологічного обстеження спортсменів збірних команд України та їх найближчого резерву (проект) / Л. М. Гуніна // Спорт. медицина. — 2009. — № 1–2. — С. 151–154.
11. Дичко О. А. Зміни кислотної резистентності еритроцитів периферійної крові спортсменів, які займаються боротьбою дзюдо / О. А. Дичко, Н. К. Казімірко, Д. В. Дічко [та ін.] // Вісн. Запорізьк. нац. ун-ту. — 2012. — № 1(7). — С. 225–230.
12. Журило О. В. Функциональное состояние периферического отдела эритрона и иммунной системы у спортсменов различных специализаций и квалификации: автореф. дис. . . . канд. биол. наук. — Челябинск, 2012. — 20 с.
13. Зенина М. Н. Морфометрический анализ в диагностике врожденных микросфероцитов / М. Н. Зенина, А. В. Козлов, С. С. Бессмельцев, Т. Н. Котова // Гематология. — 2011. — Т. 12, № 5. — С. 448–456.
14. Казімірко Н. К. Вплив фізичних навантажень на кількісний та віковий склад червонокровців периферійної крові спортсменів-дзюдоїстів / Н. К. Казімірко, О. А. Дичко, Д. В. Дічко [та ін.] // Фіз. виховання, спорт і культура здоров'я у сучасному суспільстві: зб. наук. пр. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. — 2012. — № 4 (20). — С. 428–433.
15. Карчинская Т. В. Изменчивость эритроцитов как адаптация у лиц молодого возраста на фоне соединительнотканной дисплазии: автореф. дис. . . . канд. мед. наук / Т. В. Карчинская. — Саратов, 2008. — 30 с.
16. Кудряшов А. М. Содержание аскорбиновой кислоты и ее окисленных форм при старении эритроцитов, продуцированных в условиях нормального и напряженного эритропоэза / А. М. Кудряшов, Н. М. Титова, А. А. Савченко // Биомед. химия. — 2004. — Т. 51, вып. 1. — С. 20–25.
17. Липунова Е. А. Система красной крови: сравнительная физиология: Монография / Е. А. Липунова, М. Ю. Скоркина. — Белгород, 2004. — 216 с.
18. Луцик Е. Г. Состояние внутритроцитарного метаболизма и средство гемоглобина к кислороду у баскетболистов / Е. Г. Луцик, М. И. Попичев // Олимп. спорт і спорт для всіх: матеріали ІХ Міжнар. наук. конгр. — К., 2005. — С. 689.
19. Макарова Г. А. Лабораторные показатели в практике спортивного врача. Справочное руководство / Г. А. Макарова, Ю. А. Холякко. — М.: Сов. спорт, 2006. — С. 57–62, 148–157.
20. Мельников А. А. Возрастной состав эритроцитов и реологические свойства крови у спортсменов / А. А. Мельников, А. Д. Викулов // Физиология человека. — 2002. — Т. 28, № 2. — С. 83–88.
21. Мельников А. А. Реологические свойства крови у спортсменов / А. А. Мельников, А. Д. Викулов. — Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2008. — 491 с.
22. Никулин Б. А. Биохимический контроль в спорте / Б. А. Никулин, И. И. Родионова. — М.: Сов. спорт, 2011. — 228 с.
23. Платонов В. Н. Перетренированность в спорте / В. Н. Платонов // Наука в олимп. спорте. — 2015. — № 1. — С. 19–34.
24. Сторожок С. А. Молекулярная структура мембран эритроцитов и их механические свойства / С. А. Сторожок, А. Г. Санников, Ю. М. Захаров. — Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 1997. — 140 с.
25. Суслов Ф. П. Подготовка спортсменов в горных условиях / Ф. П. Суслов, Е. Б. Гипперейтер. — М.: Олимпия PRESS, 2000. — С. 85–92.
26. Banfi G. Metabolic markers in sports medicine / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi, A. Lubkowska // Adv. Clin. Chem. — 2012. — Vol. 56. — P. 1–54.
27. Bersin R. M. Importance of oxygen-haemoglobin binding to oxygen transport in congestive heart failure / R. M. Bersin, M. Kwasman, D. Lau [et al.] // Br. Heart J. — 1993. — Vol. 70, N 5. — P. 443–447.
28. Bhatti G. K. Biochemical and morphological perturbations in rat erythrocytes exposed to ethion: protective effect of vitamin E / G. K. Bhatti, J. S. Bhatti, R. Kiran, R. Sandhir // Cell Mol. Biol. (Noisy-le-grand). — 2011. — Vol. 57, N 1. — P. 70–79.
29. Calbet J. A. On the mechanisms that limit oxygen uptake during exercise in acute and chronic hypoxia: role of muscle mass / J. A. Calbet, G. Rådegran, R. Boushel, B. Saltin // J. Physiol. — 2009. — Vol. 587, Pt 2. — P. 477–490. doi: 10.1113/jphysiol.2008.162271.
30. Circu M. L. Reactive oxygen species, cellular redox systems, and apoptosis / M. L. Circu, T. Y. Aw // Free Radic. Biol. Med. — 2010. — Vol. 48, N 6. — P. 749–762.
31. Di Caprio G. Single-cell measurement of red blood cell oxygen affinity / G. Di Caprio, C. Stokes, J. M. Higgins, E. Schonbrun // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2015. — Vol. 112, N 32. — P. 9984–9989. doi: 10.1073/pnas.1509252112
32. Djordjevic B. Effect of astaxanthin supplementation on muscle damage and oxidative stress markers in elite young soccer players / B. Djordjevic, I. Baralic, J. Kotur-Stevuljevic [et al.] // J. Sports Med. Phys. Fitness. — 2012. — Vol. 52, N 4. — P. 382–392.
8. Gunina L. M. Comparative analysis of indices of venous and capillary blood hematologic homeostasis in top level athletes / L. M. Gunina, S. V. Olishesky, S. S. Kovalenko, V. O. Petrishina // Nauka v olimpijskom sporte. — 2010. — N 1–2. — P. 59–62.
9. Gunina L. M. Modern laboratory criteria in the system of medico-biological control of athlete: necessary and adequate list / L. M. Gunina, D. L. Tkachova // Sportyvnna medytsyna. — 2012. — N 1. — P. 110–117.
10. Gunina L. M. Unified program of deepen medico-biological examination of athletes of the national teams of Ukraine and their reserve (project) / L. M. Gunina // Sportyvnna medytsyna. — 2009. — N 1–2. — P. 151–154.
11. Dychko O. A. Changes of acid resistance of erythrocytes of judokas peripheral blood / O. A. Dychko, N. K. Kazimirko, D. V. Dichko et al. // Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. — 2012. — N 1(7). — P. 225–230.
12. Zhurylo O. V. Functional state of peripheral section of erythron and immune system of athletes of different specializations and qualifications: author's abstract for Ph.D. in Biology. — Chelyabinsk, 2012. — 20 p.
13. Zhenina M. N. Morphometric analysis in diagnosis of inherited microspherocytes / M. N. Zhenina, A. V. Kozlov, S. S. Bessmeltsev, T. N. Kotova // Gematologiya. — 2011. — Vol. 12, N 5. — P. 448–456.
14. Kazimirko N. K. Physical load impact on quantitative and age composition of red blood cells in judokas / N. K. Kazimirko, O. A. Dychko, D. V. Dychko [et al.] // Fiz. Vychovannia, sport i kultura zdorovia u suchasnomy suspilstvi: proceedings Volynsky natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. — 2012. — N 4(20). — P. 428–433.
15. Karchinskaya T. V. Erythrocyte variability as an adaptation in young persons on the background of connective dysplasia: author's abstract for Ph.D. in Medicine / T. V. Karchinskaya. — Saratov, 2008. — 30 p.
16. Kudryashov A. M. Ascorbic acid content and its oxidized forms during aging of erythrocytes produced under conditions of normal and tensed erythropoiesis / A. M. Kudryashov, N. M. Titova, A. A. Savchenko // Biomeditsinskaya khimiya. — 2004. — Vol. 51, Iss. 1. — P. 20–25.
17. Lipunova E. A. System of red blood: comparative physiology: monograph / E. A. Lipunova, M. Y. Skorkina. — Belgorod, 2004. — 216 p.
18. Lutsyk E. G. State of intra-erythropoietic metabolism and hemoglobin affinity to oxygen in basketball players / E. G. Lutsyk, M. I. Popichev // Olympic Sport and Sport for All: materials of the IX International Congress. — Kiev, 2005. — P. 689.
19. Makarova G. A. Laboratory indices in practice of sports physician. Instruction manual / G. A. Makarova, Y. A. Kholjavko. — Moscow: Sov. sport, 2006. — P. 57–62, 148–157.
20. Melnikov A. A. Age content of erythrocytes and rheological features of blood in athletes / A. A. Melnikov, A. D. Vikulov // Fiziologiya cheloveka. — 2002. — Vol. 28, N 2. — P. 83–88.
21. Melnikov A. A. Rheological blood features in athletes / A. A. Melnikov, A. D. Vikulov. — Yaroslavl: Publishing House of YSPU, 2008. — 491 p.
22. Nikulin B. A. Biochemical control in sport / B. A. Nikulin, I. I. Rodionova. — Moscow: Sov. sport, 2011. — 228 p.
23. Platonov V. N. Overtraining in sport / V. N. Platonov // Nauka v olimpijskom sporte — 2015. — N 1. — P. 19–34.
24. Storozhok S. A. Molecular structure of erythrocyte membranes and their mechanical capacities / S. A. Storozhok, A. G. Sannikov, Y. M. Zakharov. — Tyumen: Publishing House of TSU, 1997. — 140 p.
25. Suslov F. P. Preparation of athletes under altitude conditions / F. P. Suslov, E. B. Gipperreiter. — Moscow: Olimpia PRESS, 2000. — P. 85–92.
26. Banfi G. Metabolic markers in sports medicine / G. Banfi, A. Colombini, G. Lombardi, A. Lubkowska // Adv. Clin. Chem. — 2012. — Vol. 56. — P. 1–54.
27. Bersin R. M. Importance of oxygen-haemoglobin binding to oxygen transport in congestive heart failure / R. M. Bersin, M. Kwasman, D. Lau [et al.] // Br. Heart J. — 1993. — Vol. 70, N 5. — P. 443–447.
28. Bhatti G. K. Biochemical and morphological perturbations in rat erythrocytes exposed to ethion: protective effect of vitamin E / G. K. Bhatti, J. S. Bhatti, R. Kiran, R. Sandhir // Cell Mol. Biol. (Noisy-le-grand). — 2011. — Vol. 57, N 1. — P. 70–79.
29. Calbet J. A. On the mechanisms that limit oxygen uptake during exercise in acute and chronic hypoxia: role of muscle mass / J. A. Calbet, G. Rådegran, R. Boushel, B. Saltin // J. Physiol. — 2009. — Vol. 587, Pt 2. — P. 477–490. doi: 10.1113/jphysiol.2008.162271.
30. Circu M. L. Reactive oxygen species, cellular redox systems, and apoptosis / M. L. Circu, T. Y. Aw // Free Radic. Biol. Med. — 2010. — Vol. 48, N 6. — P. 749–762.
31. Di Caprio G. Single-cell measurement of red blood cell oxygen affinity / G. Di Caprio, C. Stokes, J. M. Higgins, E. Schonbrun // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2015. — Vol. 112, N 32. — P. 9984–9989. doi: 10.1073/pnas.1509252112
32. Djordjevic B. Effect of astaxanthin supplementation on muscle damage and oxidative stress markers in elite young soccer players / B. Djordjevic, I. Baralic, J. Kotur-Stevuljevic [et al.] // J. Sports Med. Phys. Fitness. — 2012. — Vol. 52, N 4. — P. 382–392.

32. Djordjevic B. Effect of astaxanthin supplementation on muscle damage and oxidative stress markers in elite young soccer players / B. Djordjevic, I. Baralic, J. Kotur-Stevuljevic [et al.] // *J. Sports Med. Phys. Fitness*. – 2012. – Vol. 52, N 4. – P. 382–392.
33. Findikoglu G. Acute effects of continuous and intermittent aerobic exercises on hemorheological parameters: a pilot study / G. Findikoglu, E. Kilic-Toprak, O. Kilic-Erkek [et al.] // *Biorheology*. – 2014. – Vol. 51, N 4–5. – P. 293–303. doi: 10.3233/BIR-14012.
34. Heinicke K. A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes / K. Heinicke, I. Heinicke, W. Schmidt, B. Wolfarth // *Int. J. Sports Med.* – 2005. – Vol. 26, N 5. – P. 350–355.
35. Hill R. A. Regional Blood Flow in the Normal and Ischemic Brain Is Controlled by Arteriolar Smooth Muscle Cell Contractility and Not by Capillary Pericytes / R. A. Hill, L. Tong, P. Yuan [et al.] // *Neuron*. – 2015. – Vol. 87, N 1. – P. 95–110. doi: 10.1016/j.neuron.2015.06.001.
36. Kaestner L. Prostaglandin E2 activates channel-mediated calcium entry in human erythrocytes: an indication for a blood clot formation supporting process / L. Kaestner, W. Tabellion, P. Lipp, I. Bernhardt // *Thromb. Haemost.* – 2004. – Vol. 92, N 6. – P. 1269–1272.
37. Kilic-Toprak E. Hemorheological responses to progressive resistance exercise training in healthy young males / E. Kilic-Toprak, F. Ardic, G. Erken [et al.] // *Med. Sci. Monit.* – 2012. – Vol. 18, N 6. – P. CR351–CR3560.
38. Lippi G. Mean platelet volume (MPV) predicts middle distance running performance / G. Lippi, G. L. Salvagno, E. Danese [et al.] // *PLoS One*. *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9, N 11. – e112892. doi: 10.1371/journal.pone.0112892.
39. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells / H. Mairbäurl // *Front Physiol.* – 2013. – Vol. 4. – P. 332. doi: 10.3389/fphys.2013.00332.
40. Mairbäurl H. Training-dependent changes of red cell density and erythrocytic oxygen transport / H. Mairbäurl, E. Humpeler, G. Schwabberger, H. Pessenhofer // *J. Appl. Physiol.* – 1983. – Vol. 55. – P. 1403–1407.
41. O'Reilly M. Quantification of red blood cells using atomic force microscopy / M. O'Reilly, L. McDonnell, J. O'Mullane // *Ultramicroscopy*. – 2001. – Vol. 86, N 1–2. – P. 107–112.
42. Pries A. R. Rheology of microcirculation / A. R. Pries, T. Secomb // *Clin. Hemorheol & Microcirc.* – 2003. – Vol. 29. – P. 143–148.
43. Reinhart W.H. Impaired red cell filterability with elimination of old cell blood cells during a 100-km race / W. H. Reinhart, M. Staubli, P.W. Straub // *J. Appl. Physiol.* – 1983. – Vol. 54. – P. 827–830.
44. Sanchis-Gomar F. Effect of intermittent hypoxia on hematological parameters after recombinant human erythropoietin administration / F. Sanchis-Gomar, V. E. Martinez-Bello, E. Domentch [et al.] // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2009. – Vol. 107, N 4. – P. 429–436. doi: 10.1007/s00421-009-1141-3.
45. Schlenker T. L. Screening for pediatric lead poisoning. Comparability of simultaneously drawn capillary and venous blood samples / T. L. Schlenker, C. J. Fritz, D. Mark [et al.] // *Clin. Lab. Haematol.* – 2001. – Vol. 271, N 17. – P. 1346–1348.
46. Shiga T. Cell age dependent changes in deformability and calcium accumulation of human erythrocyte / T. Shiga, M. Sekiya, N. Maeda [et al.] // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1985. – Vol. 814, N 2. – P. 289–299.
47. Smith J. A. Greater erythrocyte deformability in world-class endurance athletes / J. A. Smith, D. T. Martin, R. D. Telford, S. K. Balass // *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* – 1999. – Vol. 276. – P. 2188–2193.
48. Suda T. Alterations in erythrocyte membrane lipid and its fragility in a patient with familial lecithin:cholesterol acyltransferase (LCAT) deficiency / T. Suda, A. Akamatsu, Y. Nakaya // *J. Med. Invest.* – 2002. – Vol. 49, N 3–4. – C. 147–155.
49. Tsai A. G. Perfusion vs. oxygen delivery in transfusion with «fresh» and «old» red blood cells: the experimental evidence / A. G. Tsai, A. Hofmann, P. Cabrales, M. Intaglietta // *Transfus. Apher. Sci.* – 2010. – Vol. 43, N 1. – P. 69–78. doi: 10.1016/j.transci.2010.05.011.
50. Van den Besselaar A. M. A comparison between capillary and venous blood international normalized ratio determinations in a portable prothrombin time device / A. M. van den Besselaar, J. Meeuwisse-Braun, H. Schaefer-van Mansfeld [et al.] // *Blood Coagul. Fibrinolysis*. – 2000. – Vol. 11, N 6. – P. 559–562.
51. Weight L.M. Haemolytic effects of exercise / L. M. Weight, M. J. Byrne, P. Jacobs // *Clin. Sci. (Lond.)*. – 1991. – Vol. 81. – P. 147–152.
52. Xiong Y. Cluster of erythrocyte band 3: a potential molecular target of exhaustive exercise-induced dysfunction of erythrocyte deformability / Y. Xiong, Y. Li, Y. Xiong2 [et al.] // *Canad. J. Physiol. Pharmacol.* – 2013. – Vol. 91, N 12. – P. 1127–34. doi: 10.1139/cjpp-2013-0145.
53. Yang Z. W. Comparison of blood counts in venous, fingertip and arterial blood and their measurement variation / Z. W. Yang, S. H. Yang, L. Chen [et al.] // *Clin. Lab. Haematol.* – 2001. – Vol. 23, N 3. – P. 155–159.
33. Findikoglu G. Acute effects of continuous and intermittent aerobic exercises on hemorheological parameters: a pilot study / G. Findikoglu, E. Kilic-Toprak, O. Kilic-Erkek [et al.] // *Biorheology*. – 2014. – Vol. 51, N 4–5. – P. 293–303. doi: 10.3233/BIR-14012.
34. Heinicke K. A three-week traditional altitude training increases hemoglobin mass and red cell volume in elite biathlon athletes / K. Heinicke, I. Heinicke, W. Schmidt, B. Wolfarth // *Int. J. Sports Med.* – 2005. – Vol. 26, N 5. – P. 350–355.
35. Hill R. A. Regional Blood Flow in the Normal and Ischemic Brain Is Controlled by Arteriolar Smooth Muscle Cell Contractility and Not by Capillary Pericytes / R. A. Hill, L. Tong, P. Yuan [et al.] // *Neuron*. – 2015. – Vol. 87, N 1. – P. 95–110. doi: 10.1016/j.neuron.2015.06.001.
36. Kaestner L. Prostaglandin E2 activates channel-mediated calcium entry in human erythrocytes: an indication for a blood clot formation supporting process / L. Kaestner, W. Tabellion, P. Lipp, I. Bernhardt // *Thromb. Haemost.* – 2004. – Vol. 92, N 6. – P. 1269–1272.
37. Kilic-Toprak E. Hemorheological responses to progressive resistance exercise training in healthy young males / E. Kilic-Toprak, F. Ardic, G. Erken [et al.] // *Med. Sci. Monit.* – 2012. – Vol. 18, N 6. – P. CR351–CR3560.
38. Lippi G. Mean platelet volume (MPV) predicts middle distance running performance / G. Lippi, G. L. Salvagno, E. Danese [et al.] // *PLoS One*. *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9, N 11. – e112892. doi: 10.1371/journal.pone.0112892.
39. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells / H. Mairbäurl // *Front Physiol.* – 2013. – Vol. 4. – P. 332. doi: 10.3389/fphys.2013.00332.
40. Mairbäurl H. Training-dependent changes of red cell density and erythrocytic oxygen transport / H. Mairbäurl, E. Humpeler, G. Schwabberger, H. Pessenhofer // *J. Appl. Physiol.* – 1983. – Vol. 55. – P. 1403–1407.
41. O'Reilly M. Quantification of red blood cells using atomic force microscopy / M. O'Reilly, L. McDonnell, J. O'Mullane // *Ultramicroscopy*. – 2001. – Vol. 86, N 1–2. – P. 107–112.
42. Pries A. R. Rheology of microcirculation / A. R. Pries, T. Secomb // *Clin. Hemorheol. & Microcirc.* – 2003. – Vol. 29. – P. 143–148.
43. Reinhart W.H. Impaired red cell filterability with elimination of old cell blood cells during a 100-km race / W. H. Reinhart, M. Staubli, P.W. Straub // *J. Appl. Physiol.* – 1983. – Vol. 54. – P. 827–830.
44. Sanchis-Gomar F. Effect of intermittent hypoxia on hematological parameters after recombinant human erythropoietin administration / F. Sanchis-Gomar, V. E. Martinez-Bello, E. Domentch [et al.] // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2009. – Vol. 107, N 4. – P. 429–436. doi: 10.1007/s00421-009-1141-3.
45. Schlenker T. L. Screening for pediatric lead poisoning. Comparability of simultaneously drawn capillary and venous blood samples / T. L. Schlenker, C. J. Fritz, D. Mark [et al.] // *Clin. Lab. Haematol.* – 2001. – Vol. 271, N 17. – P. 1346–1348.
46. Shiga T. Cell age dependent changes in deformability and calcium accumulation of human erythrocyte / T. Shiga, M. Sekiya, N. Maeda [et al.] // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1985. – Vol. 814, N 2. – P. 289–299.
47. Smith J. A. Greater erythrocyte deformability in world-class endurance athletes / J. A. Smith, D. T. Martin, R. D. Telford, S. K. Balass // *Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.* – 1999. – Vol. 276. – P. 2188–2193.
48. Suda T. Alterations in erythrocyte membrane lipid and its fragility in a patient with familial lecithin:cholesterol acyltransferase (LCAT) deficiency / T. Suda, A. Akamatsu, Y. Nakaya // *J. Med. Invest.* – 2002. – Vol. 49, N 3–4. – C. 147–155.
49. Tsai A. G. Perfusion vs. oxygen delivery in transfusion with «fresh» and «old» red blood cells: the experimental evidence / A. G. Tsai, A. Hofmann, P. Cabrales, M. Intaglietta // *Transfus. Apher. Sci.* – 2010. – Vol. 43, N 1. – P. 69–78. doi: 10.1016/j.transci.2010.05.011.
50. Van den Besselaar A. M. A comparison between capillary and venous blood international normalized ratio determinations in a portable prothrombin time device / A. M. van den Besselaar, J. Meeuwisse-Braun, H. Schaefer-van Mansfeld [et al.] // *Blood Coagul. Fibrinolysis*. – 2000. – Vol. 11, N 6. – P. 559–562.
51. Weight L. M. Haemolytic effects of exercise / L. M. Weight, M. J. Byrne, P. Jacobs // *Clin. Sci. (Lond.)*. – 1991. – Vol. 81. – P. 147–152.
52. Xiong Y. Cluster of erythrocyte band 3: a potential molecular target of exhaustive exercise-induced dysfunction of erythrocyte deformability / Y. Xiong, Y. Li, Y. Xiong2 [et al.] // *Canad. J. Physiol. Pharmacol.* – 2013. – Vol. 91, N 12. – P. 1127–34. doi: 10.1139/cjpp-2013-0145.
53. Yang Z. W. Comparison of blood counts in venous, fingertip and arterial blood and their measurement variation / Z. W. Yang, S. H. Yang, L. Chen [et al.] // *Clin. Lab. Haematol.* – 2001. – V. 23, N 3. – P. 155–159.

¹Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского, Ярославль, Россия²Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

Поступила 06.10.2015