

DOI: 10.12731/2658-6649-2019-11-2-24-45

УДК 612.111-022:796. 92.071-055.1/2

ЭРИТРОЦИТЫ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ МУЖЧИН И ЖЕНЩИН В ГОДОВОМ ЦИКЛЕ

Монгалёв Н.П., Рубцова Л.Ю., Потолицына Н.Н.

Цель. *Определение гендерных особенностей морфофункционального состояния красной крови у спортсменов в течение 10 месяцев годового мониторинга.*

Материалы и методы исследования. *Морфофункциональный состав красной крови изучали у спортсменов высокой квалификации от первого разряда до мастеров спорта по лыжным гонкам, участников сборных команд Республики Коми – мужчин ($n=87$) в возрасте $23,1\pm 0,57$ и женщин ($n=62$) $20,9\pm 0,61$ лет в течение 10 месяцев годового цикла. Исследование проведено согласно протоколу, утвержденному локальным комитетом по биоэтике Федерального исследовательского центра «Коми научного центра УрО РАН». У спортсменов утром натощак производили фоновый забор крови из локтевой вены в вакутайнеры (Англия). На мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимза (Vital-Development), бриллиантовым крезоловым синим (Россия) измеряли диаметр по 50 эритроцитов и ретикулоцитов с помощью микроскопа МБ с масляной иммерсией, увеличение об. $100\times$ ок. с градуированной шкалой $12\times$. Определение гематокрита проводили с помощью центрифуги МРВ-310 (Poland), гемоглобина унифицированным гемиглобинцианидным методом (REF) (Россия), количество эритроцитов подсчитывали с помощью камеры Горяева в соответствии с требованиями клинико-гематологического обследования. Обработку результатов осуществляли методами параметрической статистики с использованием прикладных лицензионных программ Excel и Statistica for Windows 6.0., которые представлены в виде среднего арифметического (M), ошибки средней (m). Для сравнения различий применяли t -критерий Стьюдента с уровнем значимости от 0,05 до 0,001.*

Результаты. *Показано наличие статистически значимых различий у спортсменов высокой квалификации между показателями мужчин и женщин в годовом цикле по уровню гематокрита, гемоглобина, количеству эритроцитов, объёму, диаметру эритроцитов и их поверхности, в том числе в литре крови ($p<0,001$). Выявлены гендерные особенности в характере из-*

менения клеточного состава красной крови по величине эритроцитов окрашенных *in vitro* витальными красителями ($p < 0,05$), диаметру и количеству ретикулоцитов, концентрации гемоглобина в эритроците ($p < 0,001$).

Заключение. Мониторинг обследования лыжников-гонщиков по половым признакам показал сохранение существующих различий в морфофункциональном состоянии красной крови у мужчин и женщин в годовом цикле, что может свидетельствовать об адекватном процессе подготовки спортсменов до уровня высокой квалификации.

Ключевые слова: красная кровь; концентрация гемоглобина в эритроците; спортсмены; мужчины; женщины; годовой цикл.

ERYTHROCYTES OF SKIERS-RACERS OF MEN AND WOMEN IN THE ANNUAL CYCLE

Mongalev N.P., Rubtsova L. Yu., Potolitsyna N.N.

Purpose. Determining the gender characteristics of the morphofunctional state of red blood in athletes within 10 months of annual monitoring

Materials and methods. The morphofunctional composition of red blood was studied from highly qualified athletes from the first category to the masters of sports in ski racing, members of the Komi Republic national teams – men ($n = 87$) aged 23.1 ± 0.57 and women ($n = 62$) 20.9 ± 0.61 years for 10 months of the annual cycle. The study was conducted according to the protocol approved by the local bioethics committee of the Federal Research Center “Komi Scientific Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences”. Athletes in the morning on an empty stomach produced background blood sampling from the cubital vein to vacutainers (England). On blood smears stained by Romanovsky-Giemsa (Vital-Development), diamond cresyl blue (Russia) measured the diameter of 50 red blood cells and reticulocytes using an MB microscope with oil immersion, an increase of about. $100\times$ approx. with a graduated scale of $12\times$. The hematocrit was determined using a MPW-310 centrifuge (Poland), hemoglobin by the unified hemoglobin cyanide method (REF) (Russia), the red blood cell count was calculated using a Goryaev camera in accordance with the requirements of a clinical and hematological examination. The results were processed by parametric statistics using the Excel and Statistica for Windows 6.0. Application licensed programs, which are presented as arithmetic mean (M), mean error (m). To compare the differences, Student's t -test was used with a significance level from 0.05 to 0.001.

Results. *The presence of statistically significant differences in highly qualified athletes between the indicators of men and women in the annual cycle in hematocrit, hemoglobin, red blood cell count, volume, red blood cell diameter and surface, including in a liter of blood ($p < 0.001$). Gender features were revealed in the nature of changes in the cellular composition of red blood by the size of erythrocytes stained in vitro with vital dyes ($p < 0.05$), diameter and number of reticulocytes, hemoglobin concentration in erythrocytes ($p < 0.001$).*

Conclusion. *Monitoring of gender-based racers showed that the existing differences in the morphofunctional state of red blood in men and women in the annual cycle persisted, which may indicate an adequate process of training athletes to the level of high qualification.*

Keywords: *red blood; erythrocyte concentration of hemoglobin; athletes; men; women; annual cycle.*

Введение

Количественные изменения красной крови отражают характер адаптационных перестроек организма вследствие физических нагрузок [1], однако у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом из-за влияния многочисленных внешних и внутренних факторов среды, результаты гематологических исследований являются противоречивыми [2]. К одному из таких факторов обуславливающих разнонаправленные изменения в системе красной крови людей, особенно в условиях физических нагрузок, можно отнести половую принадлежность [3, 4, 5, 6].

Повышенное содержание эритроцитов в крови мужчин по сравнению с женщинами в значительной мере обуславливает высокий уровень гемоглобина и гематокрита, несмотря на одинаковый уровень эритропоэтина [7]. По объёму эритроциты у людей отличаются незначительно [8], в то время как диаметр эритроцитов в численных значениях у мужчин меньше, чем у женщин [9].

Отмечены гендерные различия эритроцитов по осмотической устойчивости к действию адреналина [10], концентрации гемоглобина в магистральных сосудах и капиллярной крови [11, 12], величине относительного показателя преломления эритроцитов, содержания и концентрации сухого вещества [13]. Не обнаружено статистически значимых половых различий по среднему содержанию гемоглобина в эритроците и его объёму [14], удельной плотности эритроцитов [15, 16, 17], несмотря на то, что плотность эритроцитов меняется по мере их функционирования в кровотоке [18, 19].

Целью данного исследования было определение особенностей изменчивости морфофункционального состояния красной крови у мужчин и женщин в условиях спортивной деятельности сопровождающейся повышенным запросом организма к кислороду в течение 10 месяцев годового цикла.

Материалы и методы исследования

С 2016 по 2018 гг проводилось обследование практически здоровых мужчин ($n=87$, количество анализов 188) в возрасте $23,1 \pm 3,7$ лет и женщин ($n=62$, количество анализов 128) $22,6 \pm 2,6$ года – спортсменов с квалификацией от первого разряда до мастера спорта по лыжным гонкам, участников сборных команд Республики Коми (г. Сыктывкар, 62°с.ш.). Большинство лыжников, принявших участие в обследовании, имели централизованное стандартизированное питание [20]. Они добровольно принимали участие в исследовании влияния физической нагрузки на морфофункциональное и биохимическое состояние крови, согласно протоколу исследования, утвержденному локальным комитетом по биоэтике Института физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН».

У спортсменов утром натощак производили фоновый забор крови из локтевой вены в вакутайнеры (Англия). На мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимза (Vital-Development), бриллиантовым крезиловым синим (Россия) измеряли диаметр по 50 эритроцитов и ретикулоцитов с помощью микроскопа МБ с масляной иммерсией, увеличение об. $100\times$ ок. с градуированной шкалой $12\times$. Определение гематокрита проводили с помощью центрифуги MPW-310 (Poland), гемоглобина унифицированным гемиглобинцианидным методом (REF) (Россия), количество эритроцитов подсчитывали с помощью камеры Горяева в соответствии с требованиями клинико-гематологического обследования [21].

Обработку результатов осуществляли методами параметрической статистики с использованием прикладных лицензионных программ Excel и Statistica for Windows 6.0., которые представлены в виде среднего арифметического (M), ошибки средней (m). Для сравнения различий применяли t -критерий Стьюдента с уровнем значимости от 0,05 до 0,001.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование морфофункционального состояния красной крови у лыжников-гонщиков показало наличие статистически значимых различий ($p < 0,05-0,001$) между мужчинами и женщинами по уровню гематокрита,

гемоглобина, концентрации гемоглобина в эритроците, количеству эритроцитов, поверхности эритроцита и поверхности эритроцитов в литре крови, объёму и диаметру эритроцитов и ретикулоцитов (табл. 1). Величина диаметра ретикулоцитов представленная в табличном материале занижена, поскольку реакция эритроцитарных клеток во время окрашивания бриллиантовым крезильовым синим не однозначна и связана в основном с уменьшением их размера ($p < 0,001$).

Таблица 1.

**Морфофункциональные показатели красной крови
спортсменов-лыжников за весь период наблюдений, $M \pm m$**

Показатели	Мужчины	Женщины
Гематокрит, %	46,91±0,21 (181)	41,54±0,29 *** (121)
Гемоглобин, г/л	151,7±0,52 (188)	140,9±0,73 *** (128)
Концентрация гемоглобина в эритроците, %	32,48±0,13 (182)	34,02±0,18 *** (121)
Содержание гемоглобина в эритроците	32,49±0,13 (188)	32,74±0,16 (128)
Эритроциты, $10^{12}/л$	4,68±0,02 (188)	4,31±0,02 *** (128)
Объём эритроцита, $мкм^3$	99,78±0,61 (180)	96,43±0,56 *** (121)
Диаметр эритроцитов окрашенных по Романовскому, $мкм$	7,39±0,01 (174)	7,48±0,02 *** (114)
Диаметр эритроцитов окрашенных бриллиантовым синим, $мкм$	7,27±0,02 (126)	7,33±0,02* (86)
Диаметр ретикулоцита, $мкм$	8,04±0,02 (132)	8,12±0,02** (84)
Ретикулоциты, ‰	8,11±0,23 (156)	8,59±0,67 (96)
Поверхность эритроцита, $мкм^2$	106,01±0,34 (173)	08,55±0,45 *** (114)
Поверхность эритроцитов в 1 л крови, $мкм^2$	498,9±2,86 (173)	469,91±3,09 *** (112)

Примечания: статистически значимо между мужчинами и женщинами: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$; в скобках – количество анализов.

Количество ретикулоцитов у мужчин статистически не отличается от такового у женщин, что, возможно, обусловлено ускоренным обновлением красной крови в связи с более высоким уровнем физических нагрузок. Общий объём циклической нагрузки у мужчин по сравнению с женщинами повышен на 26%. Показано, что изменчивость количества ретикулоцитов зависит от сезонных факторов и с графиками соревнований [22], и не обязательно связана с уровнем гемоглобина, что свидетельствует об

особенностях физиологической стимуляции костного мозга у элитных спортсменов [23]. В то же время минимально повышенное количество ретикулоцитов в крови у женщин по сравнению с мужчинами соответствует меньшему числу эритроцитов в течение исследуемого периода и может в определенной мере свидетельствовать о специфичности эритропоэза в связи с биологическими особенностями организма, что согласуется с данными литературы [24]. Следовательно, в газотранспортную функцию циркулирующей крови у мужчин и женщин включаются ретикулоциты в относительно равном количестве с последующим разграничением зрелых эритроцитов по морфофункциональному составу, сопровождающихся изменением транспортных характеристик, механизм которых неясен [22].

Определяемые половые различия в исследуемых показателях красной крови спортсменов в зависимости от сезона года не всегда являются статистически значимыми, что, возможно, является следствием адаптации к физическим нагрузкам. Например, у животных адаптированных к физическим нагрузкам морфофункциональные или структурные изменения в эритроцитах проявляются также незначительно [25].

Реактивность эритроцитарной клетки у спортсменов проявилась преимущественно в зимний период годового цикла, причем у мужчин статистически значимые изменения показателей красной крови отмечали более часто, чем у женщин (табл. 2). На этих же спортсменах показано, что зимний сезон характеризуется наиболее высокой активностью супероксиддисмутазы, свидетельствующей об увеличении дыхательных процессов и обеспечивающей функциональное состояние эритроцита [26].

Таблица 2.

Изменение морфофункциональных показателей красной крови у спортсменов по сезонам года, М±m

Показатели		Период наблюдения, месяц (сезон)			
		Март, апрель, май (весна) n _м =40 n _ж =21	Июнь, июль (лето) n _м =62 n _ж =50	Сентябрь, октябрь, ноябрь (осень) n _м =50 n _ж =32	декабрь, январь (зима) n _м =29 n _ж =18
Гематокрит, %	мужчины	46,89±0,41	46,44±0,30	47,44±0,44	47,09±0,47
	женщины	39,27±1,09	40,73±0,36	42,03±0,31	42,02±0,38
	P м-ж	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Гемоглобин, г/л	мужчины	152,47±1,35	152,93±1,00	153,84±0,82	147,46±0,85
	женщины	142,09±1,83	137,92±1,28	141,03±0,95	142,59±1,59
	P м-ж	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01

Окончание табл. 2.

Концентрация гемоглобина в эритроците, %	мужчины	32,55±0,37	32,93±0,18	32,61±0,25	32,06±0,31
	женщины	34,19±0,35	33,77±0,29	33,89±0,35	33,81±0,38
	Р м-ж	<0,001	<0,05	<0,01	<0,01
Эритроциты, 10 ¹² /л	мужчины	4,61±0,07	4,72±0,04	4,71±0,04	4,69±0,03
	женщины	4,34±0,08	4,23±0,04	4,31±0,03	4,41±0,04●▲
	Р м-ж	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001
Объем эритроцита, мкм ³	мужчины	103,49±1,54	98,74±0,78	99,53±0,93	99,78±1,01*
	женщины	94,05±1,38	96,95±0,89	96,49±1,13	95,92±1,25
	Р м-ж	<0,001	>0,05	<0,05	<0,001
Диаметр эритроцита, мкм	мужчины	7,27±0,04	7,39±0,02**	7,44±0,02***	7,34±0,02▲▲▲
	женщины	7,41±0,02	7,49±0,03*	7,55±0,03***	7,45±0,03▲
	Р м-ж	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Диаметр витально окрашенного эритроцита, мкм	мужчины	7,19±0,04	7,29±0,02	7,37±0,05	7,17±0,05●▲
	женщины	7,28±0,04	7,34±0,03	7,37±0,04	7,28±0,04
	Р м-ж	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Количество ретикулоцитов, %	мужчины	7,01±0,73	8,74±0,35	8,28±0,42	8,34±0,58
	женщины	8,56±1,19	8,61±0,56	7,91±0,57	8,74±1,06
	Р м-ж	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Диаметр ретикулоцита, мкм	мужчины	8,08±0,06	8,10±0,03	8,15±0,05	7,86±0,06**
	женщины	8,12±0,03	8,19±0,04	8,16±0,04	7,96±0,06*
	Р м-ж	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

Достоверно по отношению к весеннему периоду года: * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$, *** – $p < 0.001$; летнему: ● – $p < 0.05$; осеннему: ▲ – $p < 0.05$, ▲▲▲ – $p < 0.001$. n – количество анализов

Определяемые половые различия в исследуемых показателях красной крови спортсменов-лыжников в зависимости от сезона года не всегда статистически значимы и, возможно, являются следствием адаптации к тренировочным и соревновательным физическим нагрузкам (табл. 1, 2), что согласуется с данными литературы [27, 28]. Предполагается, что «активность» эритрона обусловлена способностью эритроцитов как кислород-чувствительных и вазоактивных клеток, к саморегуляции [29, 30].

Исследование гематологических показателей показало некоторое несовпадение гендерных изменений у спортсменов не только в отдельные сезоны года, но и по отдельным месяцам годового цикла. У мужчин отсутствуют значимые различия по уровню гематокрита и диаметру прижизненно окрашенных эритроцитов, при этом следует отметить наличие тренда к повышению показателя гематокрита в апреле и снижению в ноябре (рис.), несмотря на возможность изменений этого показателя у спортсменов [31]. Максимальное количество отклонений от мезора исследуемых параметров красной крови проявилось по диаметру эритроцитов и ретикулоцитов, суммарной поверхности эритроцитов в одном литре крови, содержанию и кон-

центрации гемоглобина в эритроците (от 4–5 из 10 месяцев). У женщин отсутствие различий определили по количеству эритроцитов и их диаметру, поверхности эритроцита, наряду с максимальным количеством отклонений по гематокриту, суммарной поверхности эритроцита, объему эритроцита и концентрации гемоглобина в эритроците (от 3–4 из 10 месяцев). Обращает внимание количество статистически значимых гематологических различий между мужчинами и женщинами по гематокриту, гемоглобину, количеству эритроцитов и концентрации гемоглобина в эритроците.

Из исследуемых нами параметров диаметр эритроцита наиболее часто рассматривается как показатель размера клеток, их физико-химических и функциональных свойств [32]. Минимальные и максимальные отклонения от среднегодового среднего диаметра эритроцитов у лыжников-гонщиков по месяцам совпадают. Однако статистически значимые отклонения проявились только у мужчин – май, сентябрь, октябрь, ноябрь (рис.), что может свидетельствовать о повышенной способности к гомеостазу красной крови у женщин, как целостной системы [33].

Количество эритроцитов у мужчин в годовом цикле значимо больше, чем у женщин с мая месяца по декабрь ($p < 0,05-0,001$), в то время как у женщин в течение каждого месяца этот показатель не выходит за пределы среднегодовой величины. Примечательно, что у мужчин распределение количества эритроцитов на гистограмме превалирует в области соответствующей летнему периоду, который является наиболее комфортными для функции внешнего дыхания – июль, сентябрь [34], тогда как у женщин максимальная область на гистограмме соответствует зимне-весенним месяцам, то есть соревновательному периоду (рис.). Отмеченная разнонаправленная реакция эритроцитов в зависимости от сезона года и уровня физической нагрузки является подтверждением их функциональной неравнозначности, что предполагает возможность наличия корректировки тренировочного графика физической подготовки для мужчин и женщин. Гендерные особенности спортсменов, проявляющиеся на уровне изменения морфофункционального состава красной крови, эволюционно обусловленные по признаку обратного соотношения величины и количества эритроцитов в крови, связаны с созреванием эритроцитарной клетки.

Не отмечено значимых отличий в годовом цикле по количеству ретикулоцитов у мужчин по сравнению с женщинами (табл. 1, рис.). Наименьшие величины изменений количества ретикулоцитов были характерны у лыжников в марте-апреле $4,97 \pm 0,78$ - $5,23 \pm 0,74$ ($p < 0,01-0,001$), тогда как максимальные – в мае $10,85 \pm 1,18$ - $12,08 \pm 2,26$ ($p < 0,05$), что свидетельствует

об синхронности проявления физиологического ретикулоцитоза у мужчин и женщин в весенние месяцы. В отличие от мужчин, тенденцию к увеличению количества ретикулоцитов у женщин отмечали в декабре-январе месяцах, что, вероятно, показывает повышенную вариабельностью содержания ретикулоцитов в крови у женщин и зависимость этого показателя от графика соревнований, как это показано в работах [22, 35].

Минимальные значения концентрации гемоглобина в эритроците у мужчин наблюдали в декабре, январе и марте, а максимальные в июне месяце ($p < 0,05-0,01$). Соответственно у женщин минимальные значения отмечали в марте и апреле месяцах и максимальные в мае месяце ($p < 0,01-0,001$) (рис.). В целом повышенное количество отклонений от мезора исследуемых показателей красной крови в течение года является более характерным для мужчин, нежели женщин, в частности, это относится к концентрации гемоглобина в эритроците, отражающего не только обеспеченность организма гемоглобином, но и его функциональную эффективность.

Встречающиеся сниженные значения концентрации гемоглобина в эритроците у лиц занимающихся спортом в течение длительных и интенсивных физических нагрузок, вероятно, могут рассматриваться как следствие крытого дефицита железа [36].

Проявление устойчивой динамики концентрации гемоглобина в эритроците в сезонно-годовых периодах, характеризуется более низкой величиной этого показателя у мужчин по сравнению с женщинами, что, возможно, не подтверждает отмеченную ниже закономерность. Уменьшенная концентрация гемоглобина в эритроците у мужчин по сравнению с женщинами соответствует повышенному уровню гемоглобина, количеству эритроцитов и увеличенному их объёму в циркулирующей крови (табл. 1). В этой связи у женщин, вероятно, адаптационные возможности эритроидной клетки могут быть иные, поскольку более уплощенная форма эритроцита (повышенный диаметр, то есть поверхность при сниженном объёме) способствует поддержанию оптимального состояния реологии крови.

Ранее предполагалось, что одним из факторов влияющих на образование относительной величины поверхности эритроцита является способ потери ядра или стадия его энуклеации [37]. Однако, согласно современным представлениям, характер формирования уплощенной формы и величины поверхности эритроцита ассоциируется с созреванием безъядерных ретикулоцитов [38, 39]. Функциональная значимость этого процесса в осуществлении оптимального снабжения тканей организма кислородом активно изучается [40, 41, 42].

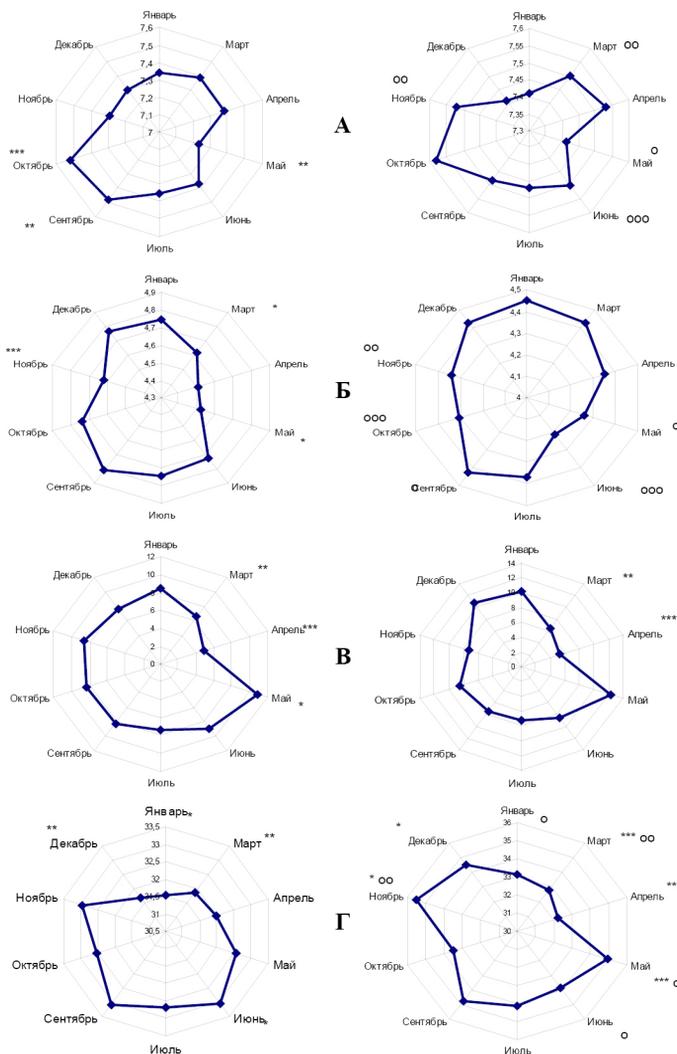


Рис. Изменение показателей красной крови у лыжников-гонщиков в годовом цикле: статистически значимо у мужчин (левая колонка) и женщин (правая колонка) при * – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$, *** – $p < 0.001$, между мужчинами и женщинами: при ○ – $p < 0.05$, ○○ – $p < 0.01$, ○○○ – $p < 0.001$. А – средний диаметр эритроцита, мкм; Б – количество эритроцитов, $10^{12}/л$; В – количество ретикулоцитов, %; Г – концентрация гемоглобина в эритроците, %

Попытку объяснить функциональную зависимость между концентрацией гемоглобина в эритроците и его свойствами была предпринята Н. Sommerkamp и соавт. (1961) [43], которые нашли, что при изменении объема эритроцита и соответственно концентрации в нем гемоглобина в значительной степени изменяется концентрация ионов Na^+ и K^+ , что служит непосредственной причиной сдвига кривой диссоциации и сродства гемоглобина к кислороду. Наиболее изученный эффект повышения сродства гемоглобина к кислороду соответствовал искусственным условиям при разбавлении раствора гемоглобина [44, 45].

Следовательно, концентрация гемоглобина в эритроците является адаптивным признаком и отражает функциональное состояние газотранспортного звена крови. Предполагается, что пониженное сродство гемоглобина к кислороду у женщин, обусловленное более высокой концентрацией гемоглобина в эритроците с большей поверхностью, чем у мужчин и, по-видимому, является одним из необходимых факторов внутренней среды, способствующих оксигенации крови плода. В условиях нормально протекающей беременности у женщин концентрация гемоглобина в эритроците увеличивается на 3% ($p < 0,05$) [46]. Даже, несмотря на относительно низкую концентрацию плодного гемоглобина в макроцитах, по сравнению с дефинитивными эритроцитами [47], плод в условиях гипероксии материнского организма может находиться в состоянии гипоксии [48]. У мужчин по сравнению с женщинами, вероятно, доминирует потенциальная способность гемоглобина к оксигенации в легких, что важно для насыщения крови кислородом при ускоренном кровотоке [49]. Однако в условиях острых физических нагрузок у спортсменов, аналогично и у животных, определяется снижение средней концентрации корпускулярного гемоглобина [50, 51, 52].

Заключение

Таким образом, рассматриваемые реакции гемоглобинсодержащей клетки, несмотря на сходный характер, отражают некоторые особенности изменения в системе транспорта кислорода у спортсменов под влиянием физических нагрузок в климатических условиях Севера. Картина периферической красной крови у спортсменов раскрывается вследствие динамического исследования, при этом физические нагрузки, особенно в периоды соревнований, вероятно, могут «усиливать» или «сглаживать» естественные межсезонные отличия гематологических показателей.

Мониторинг обследования лыжников-гонщиков по половым признакам показал сохранение существующих различий в морфофункциональном

состоянии красной крови у мужчин и женщин в годовом цикле, что может свидетельствовать об адекватном процессе подготовки спортсменов до уровня высокой квалификации.

На основании полученных данных сделано заключение, что динамика различий клеточного состава красной крови у мужчин и женщин может быть информативной, поскольку отражает особенности адаптационных возможностей мужского и женского организма в результате тренировочных и соревновательных нагрузок в связи с занятием спортом.

Список литературы

1. Викулов А.Д., Маргазин В.А., Бойков В.Л. Диаметр эритроцитов как надежный маркер текущего функционального состояния организма и физической работоспособности спортсменов // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2015. № 1. С. 10–14.
2. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells // *Frontiers in Physiology*. 2013. № 4. P. 332.
3. Рябов С.И. Половые железы и кровь. Л.: Медицина, Ленинградское отделение. 1971. 159 с.
4. Feldschuh J., Enson Y. Prediction of the Normal Blood Volume // *Circulation*, 1977. Vol. 56, № 4. P. 605–612.
5. Абрашова Т.В., Соколова А.П., Селезнева А.И., Хуттунен О.Э., Макарова М.Н., Макаров В.Г. Вариабельность биохимических и гематологических показателей у лабораторных крыс в зависимости от линии и возраста (сообщение 1) // *Международный вестник ветеринарии*. 2010. № 2. С. 55–60.
6. Сизова Е.Н., Кузнецова Д.А., Циркин В.И. Влияние техногенного загрязнения на эритроциты подростков, проживающих в условиях Европейского Севера и средних широт // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета*. 2015. № 1. С. 84–95.
7. Murhy W.G. The sex difference in hemoglobin levels in adults – Mechanisms, causes and consequences // *Blood Rev* 2014. Vol. 28 (2). P. 41–47.
8. Mairbäurl H., Schulz S., Hoffman J. F. Cation transport and cell volume changes in maturing rat reticulocytes // *Am J Physiol Cell Physiol*. 2000. Vol. 279. № 5. P. 1621–1630.
9. Тукин В.Н., Федорова М.З. Геометрический профиль и агрегационная способность эритроцитов здоровых мужчин и женщин // *Успехи современного естествознания*. 2011. № 6. С. 29–30.
10. Каменева А.А., Даутова А.З., Шамратова В.Г. Половые особенности осмотической резистентности и адренореактивности эритроцитов у спортсме-

- нов-лаптистов // Матер. Докл. XIII Всерос. молодежн. научн. конф. Института физиологии Коми НЦ УрО РАН «Физиология человека и животных: от эксперимента к клинической практике». Сыктывкар. 2014. С. 59–61.
11. Tong E., Murphy W.G., Darragh E., Woods J., Murphy C., McSweeney E. Capillary and venous haemoglobin levels in blood donors: a 42-month study of 36,258 paired samples // *Vox Sang.* 2010. Vol. 98 (4). P. 547–553.
 12. Зенина М.Н., Бессмельцев С.С., Козлов А.В., Черныш Н.Ю. Морфометрические показатели эритроцитов. // *Mediline.ru. Российский биомедицинский журнал.* 2015. Т. 16, № 3. С. 639–648.
 13. Методические указания по изучению физико-химических свойств эритроцитов периферической крови с помощью метода спектра мутности / Под ред. проф. Воронцова. Оренбург, 1985. 52 с.
 14. Матюшичев И.Б., Шамратова И.Г., Музафарова Д.А., Гуцаевы Д.Р. Качественные различия эритроцитов крови мужчин и женщин // *Бюл. эксп. биол. и мед.* 1999. Том 128, № 10. С. 372–374.
 15. Danon D. Diophysical aspects of red cell aging // *I. Kongr. Internal. Soc. Yematol. Sidney.* 1966. P. 394–405.
 16. Nakachima K., Susuma O., Miwa S. Red cell density in various blood disorders // *J. Lab. Clin. Med.* 1973. № 82. P. 297–302.
 17. Rennie C.M., Thompson S., Parker C., Maddy A. Human erythrocyte fractionation in “Percoll” density gradients // *Clinica Chimica Acta.* 1979. Vol. 98 (1-2). P. 119–125.
 18. Стародуб Н.Ф. Онтогенез красной кровяной клетки и гетерогенная система гемоглобина // *Успехи современной биологии.* 1976. Т. 81, вып. 2. С. 244–257.
 19. Kogawa H., Sudo K. Alterations in osmotic fragility and density distribution of rabbit erythrocytes during aging in vitro // *Memoirs of Osaka Kyoiku University Series III Natural Science and Applied Science.* 1977. Vol. 26 (1). P. 23–28.
 20. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения Российской Федерации. Утв. Роспотребнадзором 18. 12. 2008 г.
 21. Тодоров Й. Клинические лабораторные исследования в педиатрии. София: Медицина. 1968. 1065 с.
 22. Lombardi G., Colombini A., Lanteri P., Banfi G. Reticulocytes in sports medicine: an update // *Adv. Clin. Chem.* 2013. № 59. P. 125–153.
 23. Banfi G., Graziani R., Dolci A., Melegati G. The IRF (immature reticulocyte fraction) parameter in elite athletes // *Rivista di Medicina di Laboratorio.* 2004. Vol. 5 (4). P. 289–292.

24. Рыбина И.Л., Жлобович И.Н., Кручинский Н.Г. Ретикулоциты периферической крови как маркер оценки адаптации системы транспорта кислорода к физическим нагрузкам у спортсменов циклических видов спорта // Здоровье для всех. 2018. № 3. С. 11–16.
25. Sentürk Ü.K., Gündüz F., Kuru O., Aktekin M.R., Kipmen D., Yalcin O., Bor-Küçükataş M., Yesilkaya A., Baskurt OK. Exercise-induced oxidative stress affects erythrocytes in sedentary rats but not exercise-trained rats // J.Applied Physiology. 2001.V. 91, № 5. P. 1999–2004.
26. Шадрина В.Д. Активность супероксиддисмутазы в эритроцитах лыжников-гонщиков во время подготовительного и соревновательного этапа // Медико-физиол. основы спортив. деятельн. на Севере: Материалы II Всерос. науч.-практ. конф. 24 ноября 2017 г., Сыктывкар. Сыктывкар: ИФ Коми НЦ УрО РАН, 2017. С. 71–74.
27. Колупаев В.А., Сашенков С.Л., Долгушин И.И. Динамика параметров состояния систем транспорта кислорода у спортсменов по сезонам года под влиянием физических нагрузок анаэробной или аэробной направленности // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 2. С. 139–142.
28. Эрлих В.В. Спортсмен и его сезонные биоритмы в местах постоянного проживания в условиях мегаполиса Южного Урала // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». 2013. Т. 13, № 1. С. 52–57.
29. Lang F., Dusch G.L., Ritter M, Vökl H, Waldegger S, Gulbins E, Häussinger D. Functional significance of cell volume regulatory mechanisms // *Physiol Rev.* 1998. Vol. 78 (1). P. 247–306.
30. Jensen F.B. The dual roles of red blood cells in tissue oxygen delivery: oxygen carriers and regulators of local blood flow // *J. Exp. Biol.* . 2009. Vol. 212 (Pt 21). P. 3387–3393.
31. Бахарева А.С., Заляпин В.И., Харитоновна Е.В., Буданов Г.В. Значимость биохимических и гематологических показателей лыжников-гонщиков в процессе адаптации к тренировочным нагрузкам // Человек. Спорт. Медицина. 2018. Т. 18, № 3. С. 30–36.
32. Гольдберг Д.И., Левина Г.Д. Диаметр эритроцитов в норме и патологии. Томск, 1969. С. 1–15.
33. Атауллаханов Ф.И., Корунова Н.О., Спиридонов И.С., Пивоваров И.О., Колягина Н.В., Мартынов М.В. Как регулируется объем эритроцита, или что могут и чего не могут математические модели в биологии // Биологические мембраны. 2009. Т. 26, № 3. С. 153–179.
34. Варламова Н.Г., Бойко Е.Р. Особенности функция внешнего дыхания у северян в годовом цикле // Морская медицина. 2017. Том 3, № 3. С. 43–49.

35. Diaz V., Lombardi G., Ricci C., Jacobs R.A., Vontalvo Z., Lundby C., Banfi G. Reticulocyte and haemoglobin profiles in elite triathletes over four consecutive seasons // *Int. J. Lab. Hematol.* 2011. Vol. 33, № 6. P. 638–644.
36. Malczewska J., Szczepanska B., Stupnicki R., Sendekci W. The assessment of frequency of iron deficiency in athletes from the transferrin receptor-ferritin index // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2001. Vol. 11(1). P. 42–52.
37. Монгалёв Н.П. Ядерно-цитоплазматическое отношение и форма эритроидных клеток у эмбрионов северного оленя // *Арх. анат., гистол. и эмбриол.* 1987. Т. 92, № 5. С. 45–48.
38. Gifford S.C., Derganc J., Shevkoplyas S.S., Yoshida T., Bitensky M.W. A detailed study of time dependent changes in human red blood cells: from reticulocyte maturation to erythrocyte senescence // *British Journal of Haematology (BJH)*. 2006. Vol. 135, № 3. P. 395–404.
39. Ovchinnikova E., Agliarolo F., Lindern M., Akker E. The Shape Shifting Story of Reticulocyte Maturation // *Front Physiol.* 2018. Vol. 11, № 9: 829.
40. Вашанов Г.А. Изучение кислородсвязывающих свойств гемоглобина в составе эритроцитарных клеток: дис. ... докт. биол. наук. Воронеж. 2004, 347 с.
41. Доценко О.И., Трощинская Я.А., Конюхова Н.Р. Изучение процесса образования мембраносвязанного гемоглобина в эритроцитах под действием низкочастотной вибрации // *Проблемы экології та охорони природи техногенного регіону.* 2012. № 1, (12). С. 274–279.
42. Malka R., Delgado F.F., Manalis S.R., Higgins J.M. In Vivo Volume and Hemoglobin Dynamics of Human Red Blood Cells // *Plos Computational Biology.* 2014. Vol. 10, № 10. P. 1–12.
43. Sommerkamp H., Riegel K., Hilpert P., Brecht K. Über den Einfluß der Kationenkonzentration im Erythrocyten auf die Lage der Sauerstoff-Dissoziationskurve des Blutes // *Pflügers Arch.* 1961. Vol. 272, № 6. P. 591–601.
44. Sullivan B. The effect of dilution on the oxygenation properties of cat and human hemoglobins // *Biochem. and Biophys. Res. Commun.* 1967. Vol. 28 (3). P. 407–414.
45. Иржак Л.И. Сродство гемоглобина к кислороду при окси- и дезоксигенации // *Доклады АН.* 1992. Т. 326, № 4. С. 746–748.
46. Никифорович И.И., Иванян А.Н., Литвинов А.В., Фарашук Н.Ф., Пугачева Е.С., Кокорева Е.В. Состояние гидратации плазмы крови и эритроцитов у беременных с неосложненным гестационным процессом и анемией // *Российский вестник акушера-гинеколога.* 2009. № 2. С. 4–7.
47. Монгалёв Н.П. Формирование клеток красной крови у северного оленя до рождения // *Современные проблемы анатомии, гистологии и эмбриологии*

- животных: Сб. тр. III Междунар. интернет-конф. Казань, 3-6 апреля 2012. Казань: Изд-во «Казанский университет», 2012. С. 82–84.
48. Гладилов В.В. Гипоксия и гипероксия в онтогенезе системы крови. Сыктывкар: СГУ, 1996. 206 с.
49. Laughlin M.N., Davis M.J., Secher N.H., van Lieshout J.J., Arce-Esquivel A.A., Simmons G.H., Bender S.B., Padilla J., Bache R.J., Merkus D., Duncker D.J. Peripheral circulation // *Compr. Physiol.* 2012. № 2. P. 321–447.
50. Монгалёв Н.П., Рубцова Л.Ю., Шадрин В.Д., Черных А.А., Вахнина Н.А., Макарова И.А., Романова А.М., Алисултанова Н.Ж., Василенко Т.Ф., Бойко Е.Р. Реактивность эритроцитов крыс в условиях физической нагрузки разной интенсивности // *В мире научных открытий.* 2018. Т. 10, № 2. С. 74–92.
51. Broadbent S., Seasonal changes in haematology, lymphocyte transferrin receptors and intracellular iron in Ironman triathletes and untrained men // *Eur J Appl Physiol.* 2011. Vol. 111 (1). P. 93–100.
52. Paraiso L.F., Goncalves-e-Oliveira A.F.V., Cunha L.M., Neto O.P.A., Pacheco A.G., Araujo K.B.G., Garrote-Filho V.S., Neto M.B., Penha-Silva N. Effects of acute and chronic exercise on the osmotic stability of erythrocyte membrane of competitive swimmers // *PLoS One.* 2017. Vol. 12 (2) P. 1–13.

References

1. Vikulov A.D., Margazin V.A., Boikov V.L. Diametr eritrocitov kak nadezhnyj marker tekushhego funkcional'nogo sostojanija organizma i fizicheskoj rabotosposobnosti sportsmenov [Erythrocyte diameter as a reliable marker of current functional state of organism and physical performance of athletes]. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina.* 2015, no 1, pp. 10–14. (in Russian).
2. Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Frontiers in Physiology* 2013. no 4. P. 332.
3. Rjabov S.I. *Polovye zhelezy i krov'* [Gonads and blood]. L.: Medicina, Leningradskoe otdelenie, 1971. 160 s. (in Russian).
4. Feldschuh J., Enson Y. Prediction of the Normal Blood Volume. *Circulation,* 1977. Vol. 56, no 4. P. 605–612.
5. Abrashova T.V., Sokolova A.P., Selezneva A.I., O.Je. Huttunen, M.N. Makarova, Makarov V.G. Variabel'nost' biohimicheskikh i gematologicheskikh pokazatelej u laboratornyh krysv v zavisimosti ot linii i vozrasta (soobshhenie 1). [Variability biochemical and hematological parameters in laboratory rats depending on the line and age]. *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii* [International Bulletin of Veterinary Medicine]. 2010. №2. P. 55–60. (in Russian).

6. Sizova E.N., Kuznetsova D.A., Tsirkin V.I. Vlijanie tehnogenennogo zagriznenija na jeritrocity podrostkov, prozhivajushhijh v uslovijah Evropejskogo Severa i srednih shirot [The effect of anthropogenic pollution on red blood cells in adolescents living in the European North and midlatitudes]. *Zhurnal mediko-biologicheskijh issledovanij* [Journal of Medical Biological Research]. 2015. no 1, pp. 84–95. (in Russian).
7. Murhy W.G. The sex difference in hemoglobin levels in adults – Mecyanisms, causes and consequences. *Blood Rev.* 2014. 28 (2). P. 41–47.
8. Mairbäurl H., Schulz S., Hoffman J. F. Cation transport and cell volume changes in maturing rat reticulocytes. *Am. J. Physiol. Cell. Physiol.* 2000. Vol. 279. no 5. P. 1621–1630.
9. Tugin V.N., Fedorova M.Z. geometricheskij profil” I agregacnaja sposobnost” jeritroцитов zdorovyh muzhchin I zhenshchin [Geometric profiles and aggregation ability of erythrocytes to healthy men and women]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2011. № 6. P. 29–30. (in Russian).
10. Kameneva A.A., Dautova A.Z., Shamratova V.G. *Mater. dokl. XIII Vseros. molodezhn. nauchn. konf. Instituta fiziologii Komi nauchnogo centra UrO RAN «Fiziologija cheloveka i zhivotnyh: ot jeksperimenta k klnicheskoj praktike» (22-23 aprelja 2014 g, g. Syktyvkar)* [Mater. Doc. XIII All-Russian. youth scientific conference Institute of Physiology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences “Physiology of humans and animals: from experiment to clinical practice”]. Syktyvkar. 2014. P. 59–61. (in Russian).
11. Tong E., Murphy W.G., Darragh E., Woods J., Murphy C., McSweeney E. Capillary and venous haemoglobin levels in blood donors: a 42-month study of 36,258 paired samples. *Vox Sang.* 2010. Vol. 98 (4). P. 547–553.
12. Zenina M.N., Bessmeltsev S.S., Kozlov A.V. Chernysh Morfometricheskie pokazateli eritroцитов [Morphometric parameters of erythrocytes]. *Mediline.ru. Rossijskij biomedicinskij zhurnal*. 2015. V. 16, № 3. P. 639–648. (in Russian).
13. *Metodicheskie ukazaniya po izucheniju fiziko-himicheskijh svojstv jeritroцитов perifericheskij krovij s pomoshh’ju metoda spektra mutnosti* [Guidelines for the study of the physicochemical properties of peripheral blood erythrocytes using the turbidity spectrum method] / ed. Voroncov. Orenburg, 1985. 52 p. (in Russian).
14. Matjushichev I.B., Shamratova I.G., Muzafarova D.A., Gucaevy D.R. Kachestvennye razlichija jeritroцитов krovij muzhchin i zhenshchin [Qualitative differences in the red blood cells of men and women]. *Byulleten’ eksperimental’noj biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 1999. Vol. 128, № 10. P. 372–374. (in Russian).

15. Danon D. Diophysical aspects of red cell aging. *I. Kongr. Internal. Soc. Yematol. Sidney*. 1966. P. 394–405.
16. Nakachima K., Susuma O., Miwa S. Red cell density in various blood disorders. *J. Lab. Clin. Med.* 1973. no 82. P. 297–302.
17. Rennie C.M., Thompson S., Parker C., Maddy A. Human erythrocyte fractionation in “Percoll” density gradients. *Clinica Chimica Acta*. 1979. Vol. 98 (1-2). P. 119–125.
18. Starodub N.F. Ontogenez krasnoj krovjanoj kletki i geterogennaja sistema gemoglobina [Ontogenesis of the red blood cell and heterogeneous system of hemoglobin.]. *Uspehi sovremennoj biologii* [Biology Bulletin Reviews]. 1976. V. 81, vyp. 2. P. 244–257. (in Russian).
19. Kogawa H., Sudo K. Alterations in osmotic fragility and density distribution of rabbit erythrocytes during aging in vitro. *Memoirs of Osaka Kyoiku University Series III Natural Science and Applied Science*. 1977. 26 (1). P. 23–28.
20. *Normy fiziologicheskikh potrebnostej v pishhevyyh veshhestvah i jenergii dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii* [Norms of physiological needs for nutrients and energy for various groups of the population of the Russian Federation]. Utv. Rospotrebnadzorom 18.12.2008. (in Russian).
21. Todorov I. *Klinicheskie laboratornye issledovaniia v pediatrii* [Clinical laboratory studies in pediatric]. Sofiia, Meditsina, 1968. 1065 p (in Russian).
22. Lombardi G., Colombini A., Lanteri P., Banfi G. Reticulocytes in sports medicine: an update. *Adv. Clin. Chem.* 2013. no 59. P. 125–153.
23. Banfi G., Graziani R., Dolci A., Melegati G. The IRF (immature reticulocyte fraction) parameter in elite athletes. *Rivista di Medicina di Laboratorio*. 2004. 5 (4). P. 289–292.
24. Rybina I.L., Zhlobovich I.N., Kruchinsky N.G. [Peripheral blood hetikulocytes as a marker of evaluation adaptation of the oxygen transport system to physical loads at sportsmen of cyclic sports]. *Zdorov'e dlja vseh*. 2018. №1. P. 11–16. (in Russian).
25. Sentürk Ü.K., Gündüz F., Kuru O., Aktekin M.R., Kipmen D., Yalcin O., Bor-Küçükataç M., Yesilkaya A., Baskurt OK. Exercise-induced oxidative stress affects erythrocytes in sedentary rats but not exercise-trained rats. *J. Applied Physiology*. 2001. V. 91, no 5. P. 1999–2004.
26. Shadrina V.D. Aktivnost' superoksiddismutazy v jericitocitah lyzhnikov-gonshhikov vo vremja podgotovitel'nogo i sorevnovatel'nogo jetapa [Superoxide dismutase activity in erythrocytes of skiers during the preparatory and competitive stages]. *Mediko-fiziologicheskie osnovy sportivnoj dejatel'nosti na Severe: Materialy II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (24 nojabrja 2017 g.)*. Syktyvkar, 2017. P. 71–74. (in Russian).

27. Kolupaev V.A., Sashenkov S.L., Dolgushin I.I. *Fiziologija cheloveka* [Human Physiology], 2008, V.34, №2. P. 139–142. (in Russian).
28. Ehrlich V.V. Sportsmen i ego sezonnye bioritmy v mestah postojannogo prozhivaniya v usloviyah megapolisa Juzhnogo Urala [The athlete and his seasonal biorhythms in places of continuous accommodation in the conditions of the megalopolis of South Ural. *Vestnik JuUrGU. Serija «Obrazovanie, zdravoohranenie, fizicheskaja kul'tura»* 2013. V. 13. № 1. P. 52–57 (in Russian).
29. Lang F., Dusch G.L., Ritter M, Völkl H, Waldegger S, Gulbins E, Häussinger D. Functional significance of cell volume regulatory mechanisms. *Physiol Rev.* 1998. 78 (1). P. 247–306.
30. Jensen F.B. The dual roles of red blood cells in tissue oxygen delivery: oxygen carriers and regulators of local blood flow. *J. Exp. Biol.* 2009. Vol. 212 (Pt 21). P. 3387–3393.
31. Bakhareva A.S., Zalyapin V.I., Kharitonova E.V., Budanov G.V. Znachimost' biohimicheskikh i gematologicheskikh pokazatelej lyzhnikov-gonshhikov v processe adaptacii k trenirovochnym nagruzkam [Significance of biochemical and hematological indicators of racing skiers during adaptation to training loads]. *Chelovek. Sport. Medicina.* 2018. V.18. № 3. P. 30–36. (in Russian).
32. Gol'dberg D.I., Levina G.D. Diametr eritrotsitov v norme i patologii [The diameter of erythrocytes in norm and pathology]. Tomsk, 1969. 115 p. (in Russian).
33. Ataullakhanov F.I., Korunova N.O., Spiridonov I.S., Pivovarov I.O., Koliagina N.V., Martynov M.V. How Erythrocyte Volume Is Regulated, or What Mathematical Models Can and Cannot Do for Biology. *Biologicheskie membrany* [Membrane and Cell Biology]. 2009. Vol. 26, no 3. P. 153–179 (in Russian).
34. Varlamova N.G., Boyko E.R. Osobennosti funkciya vneshnego dyhaniya u severjan v godovom cikle [Features of external breathing function among the northerners in the annual cycle]. *Morskaya Meditsina.* 2017. V. 3. № 3. P. 43–49. (in Russian).
35. Diaz V., Lombardi G., Ricci C., Jacobs R.A., Vontalvo Z., Lundby C., Banfi G. Reticulocyte and haemoglobin profiles in elite triathletes over four consecutive seasons. *Int.J. Lab. Hematol.* 2011. Vol. 33, iss. 6. P. 638–644.
36. Malczewska J., Szczepanska B., Stupnicki R., Sendecki W. The assessment of frequency of iron deficiency in athletes from the transferrin receptor-ferritin index. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2001. Vol. 11(1). P. 42–52.
37. Mongal'jov N.P. Jaderno-citoplazmaticheskoe otnoshenie i forma jemitroidnyh kletok u jembrionov severnogo olenja [Nuclear cytoplasmic ratio and the shape of erythroid cells in reindeer embryos]. *Arhiv anatomii, gistologii i jembrinologii.* 1987. V. 92, № 5. P. 45–48. (in Russian).

38. Gifford S.C., Derganc J., Shevkoplyas S.S., Yoshida T., Bitensky M.W. A detailed study of time dependent changes in human red blood cells: from reticulocyte maturation to erythrocyte senescence. *British Journal of Haematology (BJH)*. 2006. Vol. 135, Iss. 3. P. 395–404.
39. Ovchynnikova E., Agliarolo F., Lindern M., Akker E. The Shape Shifting Story of Reticulocyte Maturation. *Front Physiol*. 2018. Vol. 11, no 9: 829.
40. Vashanov G.A. *Izuchenie kislorodsvjazyvajushhih svojstv gemoglobina v sostave jeritrocitarnyh kletok* [The study of the oxygen-binding properties of hemoglobin in the composition of red blood cells]. Voronezh, 2004, 347 p. (in Russian).
41. Dotsenko O.I., Troshchynskaya Ya.A., Konyukhova N.R. *Izuchenie processa obrazovaniya membranosvjazannogo gemoglobina v jeritrocitah pod dejstviem nizkochastotnoj vibracii* [Studying of membrane-bound hemoglobin formation processes in erythrocytes under the influence of low-frequency vibration]. *Problemi ekologii ta ohoroni prirodi tehnogennogo regionu* [Problems of ecology and nature protection of technogenic region] 2012. № 1, (12). P. 274–279. (in Russian).
42. Malka R., Delgado F.F., Manalis S.R., Higgins J.M. In Vivo Volume and Hemoglobin Dynamics of Human Red Blood Cells. *Plos Computational Biology*. 2014. Vol.10, no 10. P. 1–12.
43. Sommerkamp H., Riegel K., Hilpert P., Brecht K. Über den Einfluß der Kationenkonzentration im Erythrocyten auf die Lage der Sauerstoff-Dissoziationskurve des Blutes. *Pflügers Arch*. 1961. Vol. 272, iss. 6. P. 591–601.
44. Sullivan B. The effect of dilution on the oxygenation properties of cat and human hemoglobins. *Biochem. and Biophys. Res. Commun.* 1967. N 28. P. 407–414.
45. Irzhak L.I. *Srodstvo gemoglobina k kislorodu pri oksi- i dezoksigenacii* [The affinity of hemoglobin for oxygen during hydroxy- and deoxygenation]. *Doklady Akademii Nauk*. 1992. V. 326, № 4. P. 746–748. (in Russian).
46. Nikiforovich I.I., Ivanian A.N., Litvinov A.V., Farashchuk N.F., Pugacheva E.S., Kokoreva E.V. *Sostojanie gidratatsii plazmy krovi i jeritrocitov u beremennyh s neoslozhnennym gestacionnym processom i anemiej* [The plasma and red blood cell hydration state in pregnant women with uncomplicated gestation and anemia]. *Rossiyskiy vestnik akushera-ginekologa* [Russian Bulletin of Obstetrician-Gynecologist]. 2009. № 2. P. 4–7. (in Russian).
47. Mongalyov N.P. *Formirovanie kletok krasnoj krovi u severnogo olenya do rozhdeniya* [Formation of red blood cells in reindeer before birth]. *Sovremennye problemy anatomii, gistologii i embriologii zhivotnyh: Sb. tr. III Mezhdunar. internet-konf. Kazan', 3-6 aprelya 2012* [Modern problems of anatomy, histology and embryology of animals: Sat. tr III International internet conf Kazan,

- April 3-6, 2012]. Kazan': Izd-vo «Kazanskij universitet», 2012. P. 82–84. (in Russian).
48. Gladilov V.V. *Gipoksija i giperoksija v ontogeneze sistemy krovi* [Hypoxia and hyperoxia in the ontogeny of the blood system.] Syktyvkar: SGU, 1996. 206 p. (in Russian).
49. Laughlin M.N., Davis M.J., Secher N.H., van Lieshout J.J., Arce-Esquivel A.A., Simmons G.H., Bender S.B., Padilla J., Bache R.J., Merkus D., Duncker D.J. Peripheral circulation. *Compr. Physiol.* 2012. № 2. P. 321–447.
50. Mongalev N.P., Rubtsova L.Yu., Shadrina V.D., Chernykh A.A., Vahnina N.A., Makarova I.A., Romanova A.M., Alisultanova N.Zh., Vasilenko T.F., Bojko E.R. Reaktivnost' jерitrocitov kryс v uslovijah fizicheskoj nagruzki raznoj intensivnosti [Reactivity of rat erythrocytes under conditions of physical stress of different intensity]. *V mire nauchnyh otkrytij* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture]. 2018. V. 10, № 2. P. 74–92. (in Russian).
51. Broadbent S. Seasonal changes in haematology, lymphocyte transferrin receptors and intracellular iron in Ironman triathletes and untrained men. *Eur J Appl Physiol.* 2011. Vol. 111 (1). P. 93–100.
52. Paraiso L.F., Goncalves-e-Oliveira A.F.V., Cunha L.M., Neto O.P.A., Pacheco A.G., Araujo K.B.G., Garrote-Filho V.S., Neto M.B., Penha-Silva N. Effects of acute and chronic exercise on the osmotic stability of erythrocyte membrane of competitive swimmers. *PLoS One.* 2017. Vol. 12 (2). P. 1–13.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Монгалёв Николай Петрович, к.б.н., старший научный сотрудник Отдела экологической и медицинской физиологии
Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
ул. Первомайская, 50, г. Сыктывкар, ГСП-2, 167982, Республика Коми, Российская Федерация
tongalev@physiol.komisc.ru

Рубцова Лидия Юрьевна, младший научный сотрудник Отдела экологической и медицинской физиологии
Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
ул. Первомайская, 50, г. Сыктывкар, ГСП-2, 167982, Республика Коми, Российская Федерация
lidiyarubcova@mail.ru

Потолицына Наталья Николаевна, к.б.н., руководитель группы метаболизма человека Отдела экологической и медицинской физиологии *Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*
ул. Первомайская, 50, г. Сыктывкар, ГСП-2, 167982, Республика Коми, Российская Федерация
potol_nata@list.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Mongalev Nikolay Petrovich, Cand. of Biol. Sc., Senior Researcher, Department of Environmental and Medical Physiology
Institute of Physiology, Komi Science Centre, Urals Branch of Russian Academy of Science
50, Pervomayskaya Str., Syktyvkar, 167982, Russian Federation
mongalev@physiol.komisc.ru
SPIN-code: 3083-6642
ORCID: 0000-0003-3262-7337
ResearcherID: C-6803-2017

Rubtsova Lidiya Yurevna, Research Assistant, Department of Environmental and Medical Physiology
Institute of Physiology, Komi Science Centre, Urals Branch of Russian Academy of Science
50, Pervomayskaya Str., Syktyvkar, 167982, Russian Federation
lidiyarubcova@mail.ru

Potolitsyna Natalya Nikolaevna, Cand. of Biol. Sc., Senior Researcher, Department of Environmental and Medical Physiology
Institute of Physiology, Komi Science Centre, Urals Branch of Russian Academy of Science
50, Pervomayskaya Str., Syktyvkar, 167982, Russian Federation
potol_nata@list.ru