

© С.Л. САШЕНКОВ, Л.В. АЛАЧЕВА

Южно-Уральский государственный медицинский университет (г. Челябинск)
sachensl@yandex.ru; alacheva@mail.ru

ОЦЕНКА РЕАКТИВНОСТИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ОТДЕЛА ЭРИТРОНА У ДЕТЕЙ С ВОСПАЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

REACTIVITY OF PERIPHERAL ERYTHRON CHILDREN WITH INFLAMMATORY RESPIRATORY SYSTEM

АННОТАЦИЯ. Периферический отдел эритрона у больных детей с воспалительными заболеваниями органов дыхания реагирует на гипоксию и воспаление. Авторами исследования выявлено изменение функционального состояния эритроцитов: снижено потребление глюкозы эритроцитами, повышена сорбционная способность эритроцитов по отношению к метиленовому синему, снижена электрофоретическая подвижность эритроцитов, повышена кислотная устойчивость эритроцитов.

Гипоксия при хронических обструктивных болезнях легких — результат нарушения функции газообменных морфологических элементов легких. В результате исследования установлено, что вентиляционные, перфузионные, микро- и макроциркуляторные нарушения в легких сопровождаются ухудшением кислородтранспортной способности эритроцитов. Острый и хронический стресс при хронических обструктивных болезнях легких нарушает мембрану эритроцитов, их физиологические, морфологические и биофизические свойства ухудшаются.

SUMMARY. *Peripheral part erythron pediatric patients with inflammatory diseases of the respiratory system responds to hypoxia and inflammation.*

The authors of the study revealed a change in the functional state of erythrocytes: reduced glucose uptake by erythrocytes, increased sorption capacity of erythrocytes with respect to methylene blue, reduced electrophoretic mobility of erythrocytes, increased acid resistance of erythrocytes.

Hypoxia in chronic obstructive pulmonary disease is result of disturbance gas exchange function of the morphological elements of the lungs. Any ventilation, perfusion, micro- and macrocirculatory disorders in the lungs accompanied by a deterioration oxygen transport capacity of red blood cells. Acute and chronic stress in chronic obstructive pulmonary disease violates the erythrocyte membrane, their physiological, morphological and biophysical properties is deteriorat

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Кровь, эритроцит, мембрана, пневмония, бронхит.

KEY WORDS. Blood, red blood cell membrane, pneumonia, bronchitis.

Актуальность исследования. Заболевания органов дыхания стабильно занимают первое место в структуре общей заболеваемости у детей, составляя от 50 до 60%. Они могут обуславливать формирование стойких отклонений в состоянии здоровья [1].

Значительную долю среди заболеваний органов дыхания занимают острые воспалительные заболевания верхних дыхательных путей и пневмонии. В настоящее время вопросы этиологии и патогенеза этих клинических форм достаточно изучены, однако частота встречаемости острых воспалительных заболеваний органов дыхания у детей остается на высоком уровне, и проблема профилактики и лечения пневмоний, бронхитов, острых респираторных инфекций представляет значимое направление педиатрии [2].

Особое внимание на современном этапе уделяется часто болеющим респираторными заболеваниями детям, доля которых в детской популяции составляет от 5 до 50% в различных возрастных группах [3].

Важнейшим звеном патогенеза заболеваний органов дыхания является гипоксия, в развитии которой, помимо вентиляционных, перфузионных и циркуляторных нарушений, значимую роль играют нарушения кислородтранспортной функции эритроцитов. Состояние эритроцитов существенно влияет на микроциркуляцию. В частности, на реологические свойства крови оказывает влияние электрокинетический потенциал, интенсивность процессов перекисного окисления липидов в эритроцитарных мембранах, которые уменьшают текучесть и деформируемость мембран [4], [6].

Материалы и методы исследования. Объект исследования (основная группа): 120 детей в возрасте от 1 года до 6 лет, поступивших в отделение пульмонологии, которые имели следующие заболевания органов дыхания:

- Пневмония (1 подгруппа) — 23 человека (19,2%);
- Обструктивный бронхит в острой фазе течения заболевания — острый обструктивный бронхит или рецидивирующий обструктивный бронхит в период обострения (2 подгруппа) — 43 человека (35,8%);
- Острый простой бронхит или рецидивирующий бронхит в период обострения (3 подгруппа) — 24 человека (20%);
- Инфекционно-воспалительные заболевания верхних дыхательных путей в острой фазе течения заболевания (4 подгруппа) — 11 человек (9,2%);
- Часто болеющие дети, имеющие в анамнезе заболевания органов дыхания, протекавшие в острой форме, не менее 4 раз в год, но не имеющие клинических признаков заболевания органов дыхания на момент обследования (5 подгруппа) — 19 человек (15,8%).

Критерии исключения для всех подгрупп: тяжелые врожденные пороки развития.

Группа сравнения: 30 детей в возрасте от 1 года до 5 лет.

Подсчет количества эритроцитов, гемоглобина, уровня гематокрита, ретикулоцитов проводился с помощью стандартных методик. Определялись морфометрические показатели (средний диаметр, объем, толщина эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в отдельном эритроците).

Среди методик определения функционального состояния эритроцитов были использованы:

- Определение кислотной устойчивости по методу И.И. Гительсона и И.А. Терскова (1959). Оценивалось общее время гемолиза эритроцитов (ОВГ), максимум гемолиза (МГ) и уровень максимума гемолиза (УМГ);

— Определение сорбционной способности эритроцитов (ССЭ) по отношению к метиленовому синему по методу А.А. Тогайбаева, А.В. Кургузкина (1988);

— Определение уровня потребления глюкозы эритроцитами (ПГЭ) по методу А.А. Чиркина (2002);

— Определение электрофоретической подвижности (ЭФП) эритроцитов в постоянном электрическом поле по методу С.С. Харамоненко, А.А. Ракитянской (1974).

Статистическая обработка данных проведена с использованием лицензионного пакета прикладных программ Statistica for Windows 6.0 и SPSS 12.0 на персональном компьютере.

Результаты и их обсуждение. В табл. 1 приведены данные об изменении количества эритроцитов, ретикулоцитов, уровня гемоглобина и гематокрита.

Таблица 1

**Количество эритроцитов, ретикулоцитов,
уровень гемоглобина и гематокрита, Ме (LQ-UQ)**

Показатель	Пневмония	Обстр. бронхит	Простой бронхит	Заболевания ВДП	ЧБД	Контроль
Эритроциты, *10 ¹² /л	4,0 (3,5-4,3)	4,1 (3,7-4,4)	4,2 (3,9-4,4)	4,1 (3,9-4,4)	4,2 (3,8-4,4)	4,0 (3,8-4,25)
Гемоглобин, г/л	107 (98-128)*	117 (112-126)*	120 (111-127)*	121 (102-123)*	121 (116-127)	127 (120-136)
Гематокрит, %	34,2 (32,7-37,6)*	35,8 (33,6-38,2)*	36,65 (34,4-38,0)*	35,7 (33,7-38,3)*	36,5 (35,6-38,6)*	39,15 (37,4-40,9)
Ретикулоциты, *10 ¹⁰ /л	3,9 (3,4-4,7)*	3,1 (2,3-3,9)	3,6 (2,8-4,4)	3,8 (3,4-4,8)	3,3 (2,5-3,7)	3,1 (2,6-3,8)

* — достоверные различия в сравнении с контрольной группой по критерию Манна-Уитни ($p < 0,05$)

При поступлении в стационар количество эритроцитов достоверно ($p < 0,05$) не изменено в сравнении с группой контроля, в то время как уровень гемоглобина достоверно снижен у всех детей с острыми воспалительными заболеваниями (пневмония, простой и обструктивный бронхит, воспалительные заболевания верхних дыхательных путей), в подгруппе часто болеющих детей подобных изменений не выявлено. Количество ретикулоцитов достоверно повышено только в подгруппе детей, больных пневмониями. Гематокрит достоверно снижен во всех подгруппах.

Расчетные показатели и средние размеры единичного эритроцита приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Расчетные показатели и средние размеры
единичного эритроцита, Ме (LQ-UQ)**

Показатель	Пневмония	Обстр. бронхит	Простой бронхит	Заболевания ВДП	ЧБД	Контроль
Цветовой показатель	0,83 (0,77-0,92)*	0,88 (0,81-0,91)*	0,86 (0,80-0,90)*	0,83 (0,81-0,87)*	0,88 (0,83-0,94)*	0,97 (0,89-1,0)
СрСГ, пг	27,6 (25,8-30,6)*	29,3 (26,9-30,6)*	28,5 (26,6-30,0)*	27,6 (26,9-28,9)*	29,3 (27,6-31,4)*	32,3 (29,6-33,2)

Окончание табл. 2

СрОЭ, мкм ³	91,2 (79,6-97,3)*	88,6 (82,5-92,4)*	87,8 (84,8-89,3)*	87,0 (81,8-90,0)*	88,1 (83,0-92,2)*	96,4 (92,4-101,4)
СрДЭ, мкм	7,1 (6,7-7,2)*	6,9 (6,8-7,1)*	6,9 (6,9-7,0)*	6,9 (6,7-7,0)*	6,9 (6,8-7,1)*	7,2 (7,1-7,3)
СрТЭ, мкм	2,33 (2,23-2,39)*	2,31 (2,26-2,35)*	2,31 (2,28-2,32)*	2,29 (2,21-2,33)*	2,31 (2,26-2,34)*	2,38 (2,35-2,42)

* — достоверные различия в сравнении с контрольной группой по критерию Манна-Уитни ($p < 0,05$).

Расчетные показатели, характеризующие морфологию эритроцитов, изменены в сравнении с контрольной группой. Во всех подгруппах больных детей выявлено снижение цветового показателя и среднего содержания гемоглобина в единичном эритроците. Во всех подгруппах наблюдается снижение среднего объема, диаметра и толщины эритроцитов.

Таким образом, выявлены достоверные изменения основных показателей красной крови у детей с воспалительными заболеваниями органов дыхания. При нормальном уровне эритроцитов наблюдается снижение уровня гемоглобина и гематокрита у детей с острыми воспалительными заболеваниями. Уровень ретикулоцитов достоверно повышен только в подгруппе детей с пневмониями, что можно связать с выраженностью воспалительного процесса. У часто болеющих детей и у больных муковисцидозом достоверных изменений со стороны основных показателей красной крови не обнаружено. Расчетные показатели, характеризующие эритроциты (цветовой показатель, средние размеры единичного эритроцита), снижены во всех подгруппах. Зависимости выраженности изменений данных показателей от степени дыхательных расстройств нами не выявлено, изменения оказались однотипными.

Следовательно, несмотря на то, что не все показатели периферического отдела эритрона изменились при воспалительных заболеваниях органов дыхания, ясно, что практически при всех состояниях «красная кровь» вовлекалась в патологический процесс со снижением ее дыхательной функции, что подтверждается данными литературы [5].

Особо следует отметить, что при развитии выраженной дыхательной недостаточности уровень показателей, характеризующих «красную кровь», значительно снижен, а при легкой дыхательной недостаточности и при ее отсутствии отмечается только тенденция этих изменений.

Было проведено исследование функционального состояния эритроцитов у детей с воспалительными заболеваниями органов дыхания. Определяли кислотноустойчивость эритроцитов и анализировали следующие параметры: общее время гемолиза (ОВГ), максимум гемолиза — МГ (время, в момент которого зарегистрирован гемолиз максимального количества эритроцитов). Также нами были исследованы сорбционная способность эритроцитов по отношению к метиленовому синему (ССЭ), которая характеризует проницаемость эритроцитарных мембран, уровень потребления глюкозы эритроцитами (ПГЭ), определяющий уровень метаболизма эритроцитов, их электрофоретическая подвижность (ЭФП) как показатель поверхностного заряда мембраны эритроцитов. Результаты первого исследования представлены в табл. 3.

Таблица 3

Функциональные показатели эритроцитов, Me (LQ-UQ)

Показатель	Пневмония	Обстр. бронхит	Простой бронхит	Заболевания ВДП	ЧБД	Контроль
ОВГ, сек.	510 (480-540)*	510 (480-540)*	510 (480-540)*	480 (450-510)	480 (480-540)	480 (480-540)
МГ, сек.	270 (270-300)*	270 (240-300)*	270 (240-270)*	240 (240-270)	270 (240-330)*	240 (210-270)
ССЭ, %	54,9 (44,5-64,1)*	47,8 (41,2-60,0)*	45,8 (38,2-59,2)*	51,7 (47,5-56,7)*	44,1 (35,9-51,6)*	37,3 (33,5-42,2)
ПГЭ, нмоль/1 млн эритроцитов	0,405 (0,340-0,457)*	0,394 (0,300-0,488)*	0,386 (0,305-0,467)*	0,427 (0,396-0,600)	0,434 (0,357-0,506)	0,434 (0,405-0,492)
ЭФП, $\mu\text{сек}^{-1}\cdot\text{v}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$	0,774 (0,710-0,827)*	0,807 (0,726-0,921)*	0,790 (0,722-0,860)*	0,817 (0,778-0,908)*	0,829 (0,718-0,883)*	0,991 (0,908-1,063)

* — достоверные различия в сравнении с контрольной группой по критерию Манна-Уитни ($p < 0,05$)

Кислотная резистентность эритроцитов оказалась достоверно ($p < 0,05$) повышена в подгруппах детей, больных пневмонией, обструктивными и простыми бронхитами. При этом наблюдается увеличение общего времени гемолиза эритроцитов и сдвиг максимума гемолиза вправо. Сорбционная способность эритроцитов по отношению к метиленовому синему достоверно повышена во всех подгруппах больных детей. Уровень потребления глюкозы снижен в тех же подгруппах, в которых наблюдается увеличение кислотной резистентности эритроцитов (пневмонии, обструктивные и простые бронхиты). Электрофоретическая подвижность эритроцитов достоверно снижена во всех подгруппах больных детей.

Таким образом, выявлены достоверные изменения функционального состояния эритроцитов у детей с воспалительными заболеваниями органов дыхания. Так, у детей с острыми воспалительными заболеваниями увеличено общее время гемолиза эритроцитов и наблюдается сдвиг максимума гемолиза вправо. Повышение количества стойких к действию гемолитика эритроцитов наблюдается в подгруппе детей с простыми бронхитами (увеличен уровень максимума гемолиза). Увеличение кислотной устойчивости эритроцитов в совокупности с отсутствием достоверного повышения уровня ретикулоцитов говорит о возможном увеличении выхода молодых эритроцитов, имеющих повышенную кислотную устойчивость, из костного мозга. В целом эти изменения можно приписать краткосрочным механизмам адаптации в ответ на невыраженную и непродолжительную гипоксию. Только в подгруппе детей с пневмониями мы наблюдали параллельное увеличение кислотной устойчивости эритроцитов и уровня ретикулоцитов в крови, что позволяет сделать вывод о стимуляции эритропоэза и омоложении эритроцитарного пула крови в данной группе больных, что хорошо согласуется со степенью выраженности воспаления и дыхательных расстройств в данной подгруппе [7]. Кроме того, о связи степени выраженности данных изменений и уровнем повышения кислотной устойчивости свидетельствует отсутствие подобных изменений в подгруппе детей с воспалительными заболеваниями верхних дыхательных путей.

Сорбционная способность эритроцитов по отношению к метиленовому синему повышена у детей с острыми воспалительными заболеваниями. Метиленовый синий может проникать в эритроцит путем простой диффузии, следовательно, скорость его поглощения эритроцитом определяется состоянием его мембраны. Существует прямая связь между степенью эндогенной интоксикации и выраженностью сорбционной способности эритроцитов [8]. Повышение сорбционной способности демонстрирует повреждение мембран эритроцитов в подгруппе детей с острыми воспалительными заболеваниями органов дыхания, причем в нашем исследовании не было выявлено зависимости этого показателя от степени выраженности воспалительного процесса и дыхательных расстройств.

Уровень потребления глюкозы косвенно демонстрирует показатели энергетического обмена эритроцитов. Снижение потребления глюкозы свидетельствует о снижении скорости гликолитических процессов, которые являются единственным поставщиком АТФ для эритроцита [9]. У детей с острыми воспалительными заболеваниями достоверно снижен уровень потребления глюкозы, что свидетельствует о нарушении энергетического обмена в эритроцитах и, как следствие, о снижении уровня всех энергозависимых процессов. Подобные изменения отмечаются в подгруппах детей с пневмониями и обструктивными и простыми бронхитами и отсутствуют в подгруппе детей с воспалительными заболеваниями верхних дыхательных путей, что, как и в случае с кислотной устойчивостью эритроцитов, можно связать со степенью выраженности воспалительного процесса и дыхательных расстройств.

Электрофоретическая подвижность эритроцитов является показателем электрокинетических свойств эритроцита и его поверхностного заряда, что также отражает состояние мембраны эритроцита [10]. Электрофоретическая подвижность эритроцитов снижена во всех подгруппах детей с острыми воспалительными заболеваниями органов дыхания. Поверхностный заряд эритроцита связан с процессами энергообеспечения, что свидетельствует об их нарушении при снижении электрофоретической подвижности эритроцитов и косвенно говорит о нарушении реологических свойств крови.

У часто болеющих детей общее время гемолиза достоверно не изменялось, но наблюдается сдвиг вправо, то есть мы наблюдаем появление высокой концентрации эритроцитов, более устойчивых к гемолитику. Наблюдается также повышение сорбционной способности эритроцитов и снижение их поверхностного заряда. Однако уровень потребления глюкозы эритроцитами остается неизменным.

Таким образом, у детей с воспалительными заболеваниями органов дыхания функциональные особенности эритроцитов значительно изменяются, и эритроциты активно вовлекаются в патологический процесс, что проявляется в повреждении мембран эритроцитов, повышении их проницаемости и изменении электрокинетических свойств, нарушении энергетического обмена в эритроцитах. Установлено, что функциональное состояние эритроцитов так или иначе зависит от течения воспалительного процесса. Причем на начальных этапах изменения касаются функционального состояния мембран и метаболизма эритроцитов, а в дальнейшем происходят изменения и количественных показателей.

Таким образом, показатели, характеризующие периферический отдел эритрона, не претерпели существенных изменений с момента поступления больного ребенка в стационар и в первые дни после начала соответствующей терапии. Уменьшение сорбционной способности эритроцитов при воспалительных заболеваниях верхних дыхательных путей уже на 4-5 день после поступления в стационар может свидетельствовать об относительно легком течении заболевания и, как следствие, о быстром разрешении интоксикационного синдрома и об обратимом повреждении эритроцитарных мембран.

Отсутствие существенных изменений состояния периферического отдела эритрона является закономерным, ожидать нормализации функциональных показателей можно было бы лишь в период реконвалесценции. Отсутствие динамики также косвенно доказывает то, что применяемые лекарственные препараты значительно не влияют на периферический отдел эритрона в начале лечения.

В целом структурно-функциональные изменения эритроцитов при гипоксии формируются постепенно, часто связаны с выходом исходно неполноценных эритроцитов из костного мозга. Зрелые эритроциты являются высокодифференцированными и быстрообновляющимися клетками, частичное восстановление мембраны возможно только лишь за счет липопротеидов плазмы крови, следовательно, восстановления основных функциональных показателей эритроцитов можно было бы ожидать не ранее, чем через 2-3 недели с момента начала заболевания после обновления периферического пула эритроцитов [11].

Заключение. Таким образом, у детей с воспалительными заболеваниями органов дыхания функциональные особенности эритроцитов значительно изменяются и эритроциты активно вовлекаются в патологический процесс, что проявляется в повреждении мембран эритроцитов, повышении их проницаемости и изменении электрокинетических свойств, нарушении энергетического обмена в эритроцитах. Установлено, что функциональное состояние эритроцитов так или иначе зависит от течения воспалительного процесса, причем на начальных этапах изменения касаются функционального состояния мембран и метаболизма эритроцитов, а в дальнейшем происходит изменение и количественных показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мизерницкий Ю.Л., Мельникова И.М. Частые острые респираторные заболевания у детей: современные представления // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2009. Т. 54. № 3. С. 7-13.
2. Каганов С.Ю. Современные проблемы пульмонологии детского возраста // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2003. Т. 48. № 3. С. 9-16.
3. Альбицкий В.Ю., Баранов А.А., Камаев И.А., Огнева М.Л. Часто болеющие дети. Нижний Новгород, 2003. 180 с.
4. Кузник Б.И. Эритроциты и гемореология // Проблемы клинической медицины. 2010. № 1. С. 108-124.
5. Михайлович В.А., Марусанов В.Е., Бичун А.Б. и др. Проницаемость эритроцитарных мембран и сорбционная способность эритроцитов — оптимальный критерий тяжести эндогенной интоксикации // Анестезиология и реаниматология. 1993. № 5. С. 66-69.
6. Степовая Е.А., Новицкий В.В., Рязанцева Н.В. и др. Типовые изменения эритроцитов при хроническом воспалении // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2004. Т. 137. № 1. С. 66-70.

7. Гительзон И.И., Терсков И.А. Эритрограммы как метод клинического исследования крови. Красноярск, 1959. 233 с.
8. Тогайбаев А.А., Кургузкин А.В., Рикун И.В. и др. Способ диагностики эндогенной интоксикации // Лабораторное дело. 1988. № 9. С. 22-24.
9. Чиркин А.А., Романовский Р.В., Соловьев Ю.А. Диагностическая ценность определения интенсивности пентозофосфатного пути обмена углеводов в эритроцитах // Лабораторное дело. 1983. № 11. С. 39-42.
10. Крылов В.Н., Дерюгина А.В. Типовые изменения электрофоретической подвижности эритроцитов при стрессовых воздействиях // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2005. Т. 139. № 4. С. 364-366.
11. Судаков К.В., Захаров Ю.М. Функциональная система, определяющая оптимальный уровень эритроцитов в организме // Клиническая медицина. 2002. Т. 80. № 4. С. 4-11.

REFERENCES

1. Mizernitskii, Iu.L., Mel'nikova, I.M. Frequent acute respiratory infections in children: modern concepts. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii — Russian Bulletin perinatology and pediatrics*. 2009. V. 54. № 3. Pp. 7-13. (in Russian).
2. Kaganov, S.Iu. Modern problems of pulmonology childhood. *Rossiiskii vestnik perinatologii i pediatrii — Russian Bulletin perinatology and pediatrics*. 2003. V. 48. № 3. Pp. 9-16. (in Russian).
3. Al'bitskii, V.Iu., Baranov, A.A., Kamaev, I.A., Ogneva, M.L. *Chasto boleiuschie deti* [Sickly children]. Nizhniy Novgorod, 2003. 180 p. (in Russian).
4. Kuznik, B.I. Erythrocytes and hemorheology. *Problemy klinicheskoi meditsiny — Problems of clinical medicine*. 2010. № 1. Pp. 108-124. (in Russian).
5. Mikhailovich, V.A., Marusanov, V.E., Bichun, A.B. et al. Erythrocyte membrane permeability and sorption capacity of erythrocytes optimal criteria for severity of endogenous intoxication. *Anesteziologiya i reanimatologiya — Anesthesiology and resuscitation*. 1993. № 5. Pp. 66-69. (in Russian).
6. Stepovaia, E.A., Novitskii, V.V., Riazantseva, N.V. et al. Typical changes of erythrocytes in chronic inflammation. *Biulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny — Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2004. T. 137. № 1. Pp. 66-70. (in Russian).
7. Gitel'zon, I.I., Terskov, I.A. *Eritrogrammy kak metod klinicheskogo issledovaniia krovi* [Erythrograms as a method of clinical study of blood]. Krasnoyarsk, 1959. 233 p. (in Russian).
8. Toгайбаев, А.А., Кургузкин, А.В., Рикун, И.В. et al. A method for diagnosing endogenous intoxication. *Laboratornoe delo — Laboratory work*. 1988. № 9. Pp. 22-24. (in Russian).
9. Chirkin, A.A., Romanovskii, R.V., Solov'ev, Iu.A. Diagnostic value of detecting the intensity of the pentose phosphate pathway of carbohydrate metabolism in erythrocytes. *Laboratornoe delo — Laboratory work*. 1983. № 11. Pp. 39-42. (in Russian).
10. Krylov, V.N., Deriugina, A.V. Typical changes in the electrophoretic mobility of erythrocytes under stress. *Biulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny — Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2005. V. 139. № 4. Pp. 364-366. (in Russian).
11. Sudakov, K.V., Zakharov, Iu.M. Functional system, which determines the optimal level of red blood cells in the body. *Klinicheskaya meditsina — Clinical Medicine*. 2002. V. 80. № 4. Pp. 4-11. (in Russian).

Авторы публикации

Сашенков Сергей Львович — профессор кафедры нормальной физиологии Южно-Уральского государственного медицинского университета (г. Челябинск), доктор медицинских наук

Алачева Лариса Владимировна — ассистент кафедры нормальной физиологии Южно-Уральского государственного медицинского университета (г. Челябинск)

Authors of the publication

Sergey L. Sashenkov — Dr Sci. (Med.), Professor, Normal physiology Department, South Ural State Medical University (Chelyabinsk)

Larisa V. Alacheva — Assistant, Normal physiology Department, South Ural State Medical University (Chelyabinsk)