

Влияние тренировки в условиях среднегорья на функциональное состояние, формулу и эритроцитарные характеристики периферической крови юношей-пловцов в возрасте 14–15 лет

Рязанцев Андрей Игоревич¹, Рязанцев Игорь Валентинович^{2,3},
Сафонова Светлана Николаевна^{2,4}

¹Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия, clubvodnik54@mail.ru

²Сибирский государственный университет водного транспорта

³Новосибирск, Россия, rezayi@mail.ru

⁴Новосибирск, Россия, safonovasn0764@mail.ru

Аннотация. *Введение.* В научной работе представлены результаты исследования процессов кардио-респираторной и гематологической адаптации организма юношей-пловцов в возрасте 14–15 лет квалификации I спортивный разряд и КМС. *Методология.* В процессе эксперимента изучены следующие показатели: показатель реакции частоты сердечных сокращений и сатурации на пробу Котова – Дёмина, количество эритроцитов, гемоглобина, гематокрит, средний объем эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в эритроците, средняя концентрация гемоглобина в эритроците, количество лейкоцитов, количество и процентное содержание лимфоцитов, количество и процентное содержание гранулоцитов, скорость оседания эритроцитов. Длительность исследования составила 3 месяца, из которых в горах спортсмены пробыли 14 дней. *Заключение.* В процессе эксперимента показано, что физические нагрузки циклического характера в горных условиях сопровождаются повышенной активацией кислородтранспортных свойств кардио-респираторной системы, эритроцитарного и лейкоцитарного звеньев кроветворения.

Ключевые слова: плавание, гипоксия, кардио-респираторная система, гематологические показатели крови, эритроцитарные характеристики

Для цитирования: Рязанцев А. И., Рязанцев И. В., Сафонова С. Н. Влияние тренировки в условиях среднегорья на функциональное состояние, формулу и эритроцитарные характеристики периферической крови юношей-пловцов в возрасте 14–15 лет // Физическая культура. Спорт. Здоровье. – 2022. – № 1. – С. 78–87.

Influence of mid-mountain training on the functional state, formula and erythrocyte characteristics of the peripheral blood of aged young swimmers 14–15 years

Ryazantsev Andrey Igorevich¹, Ryazantsev Igor Valentinovich^{2,3},
Safonova Svetlana Nikolaevna^{2,4}

¹Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, clubvodnik54@mail.ru

²Siberian State University of Water Transport

³Novosibirsk, Russia, rezayi@mail.ru

⁴Novosibirsk, Russia, safonovasn0764@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The scientific work presents the results of a study of the processes of cardio-respiratory and hematological adaptation of the body of young swimmers at the age of 14–15 years of qualification I sports category and CMS. *Methodology.* During the experiment, the following indicators were studied: the response rate of heart rate and saturation to the Kotov-Demin test, the number of erythrocytes, hemoglobin, hematocrit, the average volume of erythrocytes, the average hemoglobin content in an erythrocyte, the average concentration of hemoglobin in an erythrocyte, the number of leukocytes, the number and percentage content of lymphocytes, number and percentage of granulocytes, erythrocyte sedimentation rate. The duration of the study was 3 months, of which the athletes spent 14 days in the mountains. *Conclusion* In the course of the experiment, it was shown that physical loads of a cyclic nature in mountain conditions are accompanied by increased activation of the oxygen transport properties of the cardio-respiratory system, erythrocyte and leukocyte parts of hematopoiesis.

Keywords: swimming, hypoxia, cardio-respiratory system, hematological blood parameters, erythrocyte characteristics

For citation: Ryazantsev A. I., Ryazantsev I. V., Safonova S. N. Influence of mid-mountain training on the functional state, formula and erythrocyte characteristics of the peripheral blood of aged young swimmers 14–15 years. *Physical Education. Sport. Health*, 2022, no. 1, pp. 78–87.

Введение. В циклических видах спорта существенную роль играют аэробные возможности спортсмена. Таковые возможности определяются большим числом факторов, например анатомическим устройством сердца, кислородтранспортной функцией кардио-респираторной системы, реологическими свойствами и составом крови, эритроцитарными характеристиками, митохондриальной функцией миокарда и скелетной мускулатуры и т. д. Все эти факторы так или иначе включает в себя комплексный показатель аэробных возможностей организма – МПК (максимальное потребление кислорода).

МПК отражает не только количество потребленного кислорода организмом на килограмм массы тела за одну минуту, но и дает понимание о количестве вырабатываемой энергии в аэробном режиме, что делает показатель МПК достаточно актуальным в развитии выносливости. По данным Т. С. Тимаковой, показатель МПК входит в пять наиболее обуславливающих высокую скоростную выносливость пловцов на дистанциях 100 метров и 200 метров (показано корреляцией 0,632 и 0,623 соответственно) [14], а также имеет достоверное влияние на скорость прохождения дистанций 400 и 1500 метров вольным стилем. Все это делает показатель МПК одной из составных частей успеха спортсмена.

Чаще всего МПК ассоциируется с возможностями кардиореспираторной системы и митохондриальным аппаратом. Однако в исследованиях было показано, что предел роста потребления кислорода в процессе выполнения нагрузки у высококвалифицированных спортсменов зимних видов спорта (лыжники, конькобежцы) лимитирован способностью крови к транспорту кислорода, то есть ограниченностью крови эритроцитами и гемоглобином, что в итоге лимитирует и аэробную производительность.

Способов увеличения числа форменных элементов крови здорового спортсмена достаточно, однако из разрешенных наиболее популярными являются ИГТ (интервальная гипоксическая тренировка) и горная подготовка. Гипоксия создает условия для накопления в клетке HIF (факторы индуцируемые гипоксией), что впоследствии влияет на почечный синтез ЭПО (эритропоэтина), который приводит к ускоренной и увеличенной пролиферации и дифференцировке клеток крови [15; 17; 18].

При большом количестве исследований, посвященных изучению гомеостаза организма спортсменов циклических видов спорта в условиях горной подготовки, тема гематологической адаптации в комплексе с кардио-респираторной до сих пор остается актуальной.

Цель исследования – провести анализ влияния горной подготовки на гематологические и кардио-респираторные показатели организма пловцов.

Методология. Обследовано было 11 юношей-пловцов в возрасте 14–15 лет с квалификацией I спортивный разряд (7 человек) и КМС (4 человека), со специализацией «спринтеры» (6 человек) и средневики (5 человека).

Исследование проходило: на равнине – спортивный зал ФГБОУ ВО СГУВТ «Водник» и лаборатория Городской клинической поликлиники № 20 и в горах – спортивный зал СК «Долен», г. Чолпон-Ата, Республика Кыргызстан. Равнина – местность не выше 350 метров над уровнем моря, атм.дав. 720–770 мм.рт.ст. Горами считалась местность 1 600–1 700 метров над уровнем моря, атм.дав. 600 – 650 мм.рт.ст.

Длительность исследования составила 3 месяца, из которых в горах спортсмены пробыли 14 дней. Временные интервалы наблюдений и тестирований следующие: первичное наблюдение и тестирование на равнине составило 5 дней (01.01.2022–05.01.2022), наблюдение и тестирование в горах составило 14 дней (06.01.2022–20.01.2022), повторное наблюдение и тестирование на равнине продлилось 14 дней (21.01.2022–04.02.2022).

Этап подготовки: подготовительный. Нагрузка: преимущественно поддерживающая (ЧСС до 150 уд./мин.) с включением развивающей и восстановительной.

Оценка кардио-респираторной системы учитывала состояние показателя реакции ЧСС ($(-) /) * 100\%$) и сатурации SpO₂ до нагрузки и после нагрузки на тест Котова – Дёмина (2-минутный бег на месте с высоким подниманием бедра с частотой 180 шагов в минуту) при помощи пульсоксиметра B.WELL MED-320 [4; 5; 13].

Гематологическое звено оценивалось по состоянию следующих показателей периферической (капиллярной) крови: RBC (эритроциты), HGB (гемоглобин), HCT (гематокрит), MCV (средний объем эритроцитов), MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците), WBC (лейкоциты), LY (лимфоциты), LY%, Gran (гранулоциты), Gran%, ESR (СОЭ, скорость оседания эритроцитов) [9–12; 15; 18]. Забор крови осуществлялся из пальца утром натощак перед отлетом в горы и в первые сутки после возвращения на равнину.

Полученные данные подверглись статистическому анализу с использованием *t*-критерия Стьюдента при помощи программы Statistica for Windows.

Обсуждение. При сравнительном анализе кардиореспираторные показатели реакции ЧСС и SpO₂ были разделены на несколько групп с указанием местности и дня пребывания: равнина, горы – 2-й день, горы – 7-й день, горы – 14-й день, равнина – 2-й день, равнина – 7-й день, равнина – 14-й день. Полученные результаты представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Как следует из данных, указанных на рисунках, среднегрупповые показатели реакции ЧСС находились в пределах физиологической нормы на всех этапах исследования. Однако в процессе горной адаптации и равнинной реадaptации показатели существенно отличаются. В начале эксперимента на равнине наблюдается немного повышенный показатель реакции на нагрузку ($97,33 \pm 28,35 \%$), это может быть связано с началом мезоцикла подготовки, а также с новизной функциональной пробы для испытуемых. На второй день пребывания в горах зафиксировано значительное, но недостоверное улучшение показателя реакции ($90,32 \pm 27,65 \%$), что, возможно, подтверждает предположение о вработывании спортсменов в мезоцикл.

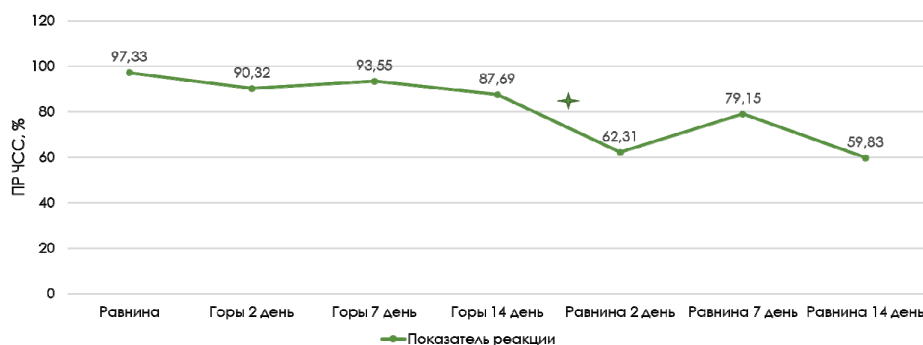


Рис. 1. Показатель реакции ЧСС на пробу Котова – Дёмина у юношей-пловцов 14–15 лет

На 7-й день адаптации к горам замечено небольшое недостоверное увеличение реакции ЧСС ($93,55 \pm 17,56 \%$), в сумме со снижением данного показателя к 14-му дню ($87,69 \pm 18,48 \%$). Это свидетельствует о том, что скорее всего пик сердечно-сосудистой адаптации у испытуемых находился в промежутке между 2-м и 7-м днями пребывания в горах. В этот период в наибольшей степени снижена работоспособность спортсменов.

Достоверное (при $p = 0,05$) снижение (то есть улучшение) показателя наблюдается в двух временных интервалах: между 14-м днем в горах и 2-м днем на равнине ($87,69 \pm 18,48$ и $62,31 \pm 12,99 \%$ соответственно) и между 14-м днем в горах и 14-м днем на равнине ($87,69 \pm 18,48$ и $59,83 \pm 11,44 \%$ соответственно). Вышеизложенное может говорить о положительном влиянии горной подготовки на адаптированность сердца к стандартной нагрузке.

Но в связи с отсутствием достоверного снижения показателя реакции ЧСС на протяжении 14-дневного пребывания в горах можно заявить о том, что двух недель тренировок в условиях среднегорья недостаточно для адаптации к естественной гипобарической гипоксии.

Адаптация респираторной системы несколько отличается от сердечно-сосудистой. Сатурация до стандартной нагрузки на протяжении всего эксперимента сколь-

ко-нибудь достоверно и значимо не менялась, что предположительно указывает на небольшое влияние стресс-фактора гор на организм в состоянии покоя. Наоборот, при анализе показателей сатурации после нагрузки были выявлены два достоверных (при $p = 0,05$) отличия: между равниной до гор и 2-м днем в горах ($96,89 \pm 1,54$ и $93,78 \pm 2,11$ % соответственно) и между 14-м днем в горах и 2-м днем на равнине ($94,11 \pm 1,36$ и $97,22 \pm 1,72$ % соответственно).

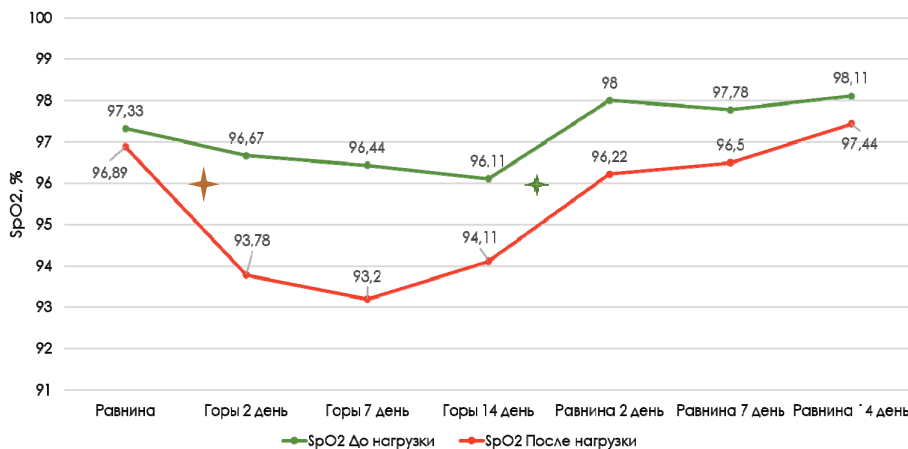


Рис. 2. Показатели реакции SpO2 на пробу Котова – Дёмина у юношей-пловцов 14–15 лет

Первое изменение говорит о повышенной чувствительности кислородтранспортной системы к стресс-фактору гор.

Второе изменение, с одной стороны, указывает на повышение респираторной устойчивости к нагрузке после горной подготовки, а с другой стороны, в сумме с отсутствием достоверной положительной динамики адаптации на протяжении 14 дней нахождения в среднегорье предположительно говорит о неполной адаптации к естественной гипобарической гипоксии.

Полученные нами данные также могут рассматриваться, как данные о гетерохронности адаптации сердечно-сосудистой, респираторной и кровяной систем спортсменов, что подтверждается и другими исследованиями [1; 9–11].

Изменение показателей последней упомянутой системы показаны в таблице.

Из-за отсутствия возможности провести лабораторный анализ в среднегорье анализ крови выполнялся на первые сутки после возвращения (прилета) из Киргизии, что максимально приближено к показателям гомеостаза при тренировке в горах.

Таблица

Гематологические показатели периферической (капиллярной) крови юношей-пловцов 14–15 лет в равнинных и горных условиях подготовки

Показатели	Равнинные условия	Горные условия	Референтные значения
1	2	3	4
RBC, млн/мкл	$5,31 \pm 0,41$	$5,69 \pm 0,23$	3,5–5,5
HGB, г/л	$154,67 \pm 4,68$	$164,50 \pm 7,31^*$	110–160
HCT, %	$46,08 \pm 1,14$	$49,04 \pm 1,81^*$	37,0–54,0
MCV, фл	$85,07 \pm 5,21$	$86,41 \pm 3,39$	80,0–100,0

1	2	3	4
МСН, пг	28,36 ± 2,12	29,33 ± 1,35	27,0–32,0
МСНС, г/л	335,62 ± 3,96	346,33 ± 8,33*	320,0–370,0
WBC, тыс/мкл	5,87 ± 1,33	7,20 ± 1,31	4,0–10,0
LY, тыс/мкл	2,45 ± 0,23	2,83 ± 0,60	0,8–4,0
LY%	40,55 ± 4,72	46,00 ± 4,73	19,0–37,0
Gran, тыс/мкл	3,07 ± 0,99	2,70 ± 0,64	2,0–7,0
Gran%	48,33 ± 6,47	43,50 ± 5,09	50,0–70,0
ESR, мм/ч	2,83 ± 0,75	4,50 ± 1,38*	0 – 15,0

Примечание. *Различия достоверны в сравнении с равнинными условиями, $p < 0,05$

Внутригрупповые показатели содержания эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, объема эритроцитов, среднего содержания и концентрации гемоглобина в эритроцитах, а также лейкоцитов, лимфоцитов и СОЭ (скорость оседания эритроцитов) после 14-дневного пребывания в горах увеличились. Однако достоверные изменения были выявлены только в четырех показателях: содержание гемоглобина ($154,67 \pm 4,68$ и $164,50 \pm 7,31$ г/л), уровень гематокрита ($46,08 \pm 1,14$ и $49,04 \pm 1,81$ %), средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах ($335,62 \pm 3,96$ и $346,33 \pm 8,33$ г/л), СОЭ ($2,83 \pm 0,75$ и $4,50 \pm 1,38$ мм/ч).

Относительное содержание гемоглобина и гематокрит достоверно увеличились предположительно вследствие усиленной активации эритропоэза как адекватной реакции на условия гипоксии. Показатель относительного содержания гемоглобина может иметь большую погрешность, так как он отражает не абсолютное значение гемоглобина, а лишь его содержание в одном литре крови. То есть, например, при обезвоживании жидкая (плазматическая) часть уменьшается, ее место в литре крови занимают эритроциты и гемоглобин, в таком случае результат анализа показывает увеличение относительного содержания гемоглобина в одном литре крови при неизменной абсолютной его концентрации в организме [11].

Превышение относительного содержания гемоглобина в крови относительно референтных значение является нормальной (несколько гиперболизированной) реакцией организма на стресс-фактор среднегорья. Как показывают авторитетные исследования, именно на 10–14 день пребывания в горах приходится пик увеличения гемоглобина [6]. Это явление связано в первую очередь со специфичностью эритропоэза: красные клетки крови в среднем проходят путь от стволовой клетки до эритроцита за 12–13 дней, а во вторую очередь – с гетерохронностью адаптации [7]. В дальнейшем после 10–14 дня происходит падение уровня гемоглобина в связи с постепенно нарастающей экономизацией функций кардиореспираторной системы и повышением активности митохондриального аппарата [1; 3; 6; 9; 10].

Объективным показателем эритропоэза служит средняя концентрация гемоглобина в эритроците. Данный показатель является наиболее генетически детерминированным – он практически неизменен. Если исследование показало достоверное изменение МСНС, то это означает либо наличие серьезной патологии (при условии выхода показателя за границу референтных значений), либо увеличение кислород-транспортной функции (при отсутствии явных признаков снижения реологических свойств крови) [8; 16].

Как показало исследование, МСНС достоверно увеличился, но остался в пределах физиологической нормы, что может свидетельствовать о повышении возможности крови к транспорту кислорода. Учитывая также достоверное увеличение гемоглобина и гематокрита с недостоверным, но все же значительным увеличением объема эритроцитов и среднего содержания гемоглобина, мы всецело убеждаемся в повышении кислородной емкости и кислородтранспортной способности крови [6; 9–11].

Достоверное увеличение показателя CO_2 со значительным увеличением лейкоцитарного звена при отсутствии патологий скорее всего указывает на несколько затрудненное течение адаптации [10]. Можно предположить, что данные изменения – это реакция на стресс-фактор среднегорья, так как при прочих равных условиях на равнине до горной подготовки вышеперечисленные показатели были или достоверно, или значительно ниже.

Заключение. Обобщив полученные результаты и опираясь на данные многолетних исследований, в заключение мы можем сделать несколько предположений.

Первое: исходя из анализа полученных данных исследования мы делаем вывод, что 14 дней пребывания в среднегорье недостаточно для полной адаптации к физическим нагрузкам респираторной системы и некоторых показателей крови. Сердечно-сосудистая система, несмотря на положительную динамику, не показала выраженного снижения реакции на стандартную нагрузку к концу среднегорного этапа подготовки.

Второе: ухудшение реакции кардиореспираторной системы на стандартную пробу Котова – Дёмина к 7 дню пребывания в горах с последующим улучшением реакции все той же функциональной системы к 14 дню говорит о том, что пик адаптации приходится на период между 2-м и 7-м днями пребывания в горах.

Третье: тренировки в условиях среднегорья вызывают гиперболический ответ кроветворной системы, который заключается в достоверном повышении ряда гематологических показателей, в частности относительного содержания гемоглобина, гематокрита, средней концентрации гемоглобина в эритроцитах, скорости оседания эритроцитов.

Четвертое: среднегорная подготовка оказала положительное влияние на кардиореспираторную и кислородтранспортную системы юношей-пловцов, что показано суперкомпенсационной реакцией на стандартную нагрузку на 2-й и 14-й дни после возвращения с гор.

Список источников

1. Балыкин М. В., Зайнеева Р. Ш., Каманина Т. В., Васильева Е. В., Жарков А. В. Влияние прерывистой нормобарической гипоксии на кардиореспираторную систему и биохимический состав крови у лиц зрелого возраста // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2014. – № 3. – С. 60–66.
2. Граевская Н. Д., Долматова Т. И. Спортивная медицина: учеб. пособие. Курс лекций и практические занятия. – М.: Спорт, человек, 2018. – 712 с.
3. Иорданская Ф. А. Гипоксия в тренировке спортсменов и факторы, повышающие ее эффективность: монография. – М.: Спорт, 2019. – 160 с.
4. Маргазин В. А. Клинические аспекты спортивной медицины: руководство. – СПб.: СпецЛит, 2014. – 462 с.
5. Маркворт П. Спортивная медицина / пер. с нем. С. Э. Борич. – Минск: Попурри, 2020. – 272 с.

6. *Мякинченко Е. Б., Крючков А. С., Дудко Г. А.* Динамика и различия биохимического профиля спортсменов в различных фазах среднегорной подготовки относительно тренировки на уровне моря // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 7–13.

7. *Некрасова И. И., Квочко А. Н., Цыганский Р. А.* Гематология: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2021. – 208 с.

8. *Нехвядович А. И., Будко А. Н.* Оценка эффективности тренировочного процесса спортсменов на основе вариабельности показателей крови: практ. пособие. – Минск: БГУФК, 2019. – 40 с.

9. *Рыбина И. Л.* Биохимическая адаптация организма лыжников-гонщиков к высокоинтенсивным физическим нагрузкам в равнинных и горных условиях // *Вестник спортивной науки.* – 2011. – № 6. – С. 47–50.

10. *Рыбина И. Л.* Особенности метаболических изменений при адаптации организма спортсменов циклических видов спорта к тренировочным нагрузкам в условиях среднегорной подготовки // *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта.* – 2016. – № 1. – С. 231–237.

11. *Рыбина И. Л., Гунина Л. М.* Лабораторные маркеры контроля и управления тренировочным процессом спортсменов: наука и практика. – М.: Спорт, 2021. – 376 с.

12. *Солодков А. С., Сологуб Е. Б.* Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник. – М.: Спорт, 2020. – 620 с.

13. *Стулов Н. И., Козинец Г. И.* Гемоглобин и спорт. – М.: Практическая медицина, 2016. – 192 с.

14. *Тимакова Т. С.* Факторы спортивного отбора, или Кто становится олимпийским чемпионом: монография. – М.: Спорт, 2018. – 288 с.

15. *Ming L., Yang L., Changhong R., Hong A., Fang J., Feng Y., Sijie L., Di W., Changqing X., Xunming Ji.* The effects of hypoxia on major blood components—a brief review // *Journal of Translational Neuroscience.* – 2017. – № 2 (1). – P. 31–36.

16. *Tempelhoff G., Schelkunov O., Demirhan A., Tsikouras P., Rath W., Velten E., Maka E., Csorba R.* Correlation between blood rheological properties and red blood cell indices (MCH, MCV, MCHC) in healthy women // *Clinical hemorheology and microcirculation.* – 2015. – № 62 (10). – P. 45–54.

17. *Tirpe A. A., Gulei D., Ciortea S. M., Crivii C., Berindan-Neagoe I.* Hypoxia: Overview on Hypoxia-Mediated Mechanisms with a Focus on the Role of HIF Genes [Электронный ресурс] // *International Journal of Molecular Sciences.* – 2019. – № 20 (24). – URL: <https://doi.org/10.3390/ijms20246140> (дата обращения: 22.02.2022).

18. *Tomc J., Debeljak N.* Molecular Insights into the Oxygen-Sensing Pathway and Erythropoietin Expression Regulation in Erythropoiesis [Электронный ресурс] // *International Journal of Molecular Sciences.* – 2021. – № 22 (13). – P. 20–39. – URL: <https://doi.org/10.3390/ijms22137074> (дата обращения: 22.02.2022).

References

1. Balykin M. V., Zaineeva R. Sh., Kamanina T. V., Vasilyeva E. V., Zharkov A. V. Influence of intermittent normobaric hypoxia on the cardiorespiratory system and biochemical composition of blood in persons of mature age. *Ulyanovsk Medical Biological Journal*, 2014, no. 3, pp. 60–66. (In Russian)

2. Graevskaya N. D., Dolmatova T. I. *Sports medicine: textbook. A course of lectures and practical exercises.* Moscow: Sport, Chelovek Publ., 2018, 712 p. (In Russian)

3. Jordan F. A. *Hypoxia in training of athletes and factors that increase its effectiveness: a monograph.* Moscow: Sport Publ., 2019, 160 p. (In Russian)

4. Margazin V. A. *Clinical aspects of sports medicine: a guide.* St. Petersburg: SpecLit Publ., 2014, 462 p. (In Russian)

5. Markworth P. *Sports medicine*. Transl. by S. E. Borich. Minsk: Popourri Publ., 2020, 272 p. (In Russian)
6. Myakinchenko E. B., Kryuchkov A. S., Dudko G. A. Dynamics and differences in the biochemical profile of athletes in different phases of mid-mountain training in relation to training at sea level. *Man. Sport. The Medicine*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 7–13. (In Russian)
7. Nekrasova I. I., Kvochko A. N., Tsygansky R. A. *Hematology: textbook for universities*. St. Petersburg: Lan Publ., 2021, 208 p. (In Russian)
8. Nekhvyadovich A. I., Budko A. N. *Evaluation of the effectiveness of the training process of athletes based on the variability of blood parameters: pract. benefit*. Minsk: BGUFK, 2019, 40 p. (In Russian)
9. Rybina I. L. Biochemical adaptation of the organism of cross-country skiers to high-intensity physical loads in plain and mountain conditions. *Bulletin of Sports Science*, 2011, no. 6, pp. 47–50. (In Russian)
10. Rybina I. L. Features of metabolic changes during the adaptation of the organism of athletes of cyclic sports to training loads in conditions of mid-mountain training. *Pedagogical-Psychological and Medical-biological Problems of Physical Culture and Sports*, 2016, no. 1, pp. 231–237. (In Russian)
11. Rybina I. L., Gunina L. M. *Laboratory markers of control and management of the training process of athletes: science and practice*. Moscow: Sport Publ., 2021, 376 p. (In Russian)
12. Solodkov A. S., Sologub E. B. *Human physiology. General. Sports. Age: textbook*. Moscow: Sport Publ., 2020, 620 p. (In Russian)
13. Stulov N. I., Kozinets G. I. *Hemoglobin and sport*. Moscow: Practical medicine Publ., 2016, 192 p. (In Russian)
14. Timakova T. S. *Factors of sports selection or Who becomes the Olympic champion: a monograph*. Moscow: Sport Publ., 2018, 288 p. (In Russian)
15. Ming L., Yang L., Changhong R., Hong A., Fang J., Feng Y., Sijie L., Di W., Changqing X., Xunming Ji. The effects of hypoxia on major blood components a brief review. *Journal of Translational Neuroscience*, 2017, no. 2 (1), pp. 31–36.
16. Tempelhoff G., Schelkunov O., Demirhan A., Tsikouras P., Rath W., Velten E., Maka E., Csorba R. Correlation between blood rheological properties and red blood cell Indices (MCH, MCV, MCHC) in healthy women. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 2015, no. 62 (10), pp. 45–54.
17. Tirpe A. A., Gulei D., Ciortea S. M., Crivii C., Berindan-Neagoe I. Hypoxia: Overview on Hypoxia-Mediated Mechanisms with a Focus on the Role of HIF Genes. *International Journal of Molecular Sciences*, 2019, no. 20 (24). URL: <https://doi.org/10.3390/ijms20246140> (accessed 22.02.2022).
18. Tomc J., Debeljak N. Molecular Insights into the Oxygen-Sensing Pathway and Erythropoietin Expression Regulation in Erythropoiesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, no. 22 (13), pp. 20–39. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms22137074> (accessed 22.02.2022).

Информация об авторах

А. И. Рязанцев, студент факультета физической культуры, Новосибирский государственный педагогический университет, председатель, Новосибирская региональная общественная организация по развитию плавания «Плавательный Клуб «Водник»».

И. В. Рязанцев, старший преподаватель кафедры физического воспитания, Сибирский государственный университет водного транспорта.

С. Н. Сафонова, старший преподаватель кафедры физического воспитания, Сибирский государственный университет водного транспорта.

Information about the authors

A. I. Ryazantsev, student of the Faculty of Physical Education, Novosibirsk State Pedagogical University, chairman, Novosibirsk regional public organization for the development of swimming «Swimming Club “Vodnik”».

I. V. Ryazantsev, senior lecturer of Department of Physical Education, Siberian State University of Water Transport.

S. N. Safonova, Senior Lecturer of Department of Physical Education, Siberian State University of Water Transport.

Поступила: 20.08.2022

Принята к публикации: 28.09.2022

Received: August 20, 2022

Accepted for publication: September 28, 2022