

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.5>

УДК 616-098

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



Некоторые показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов

А.В. Еликов

ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Киров, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить основные показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов в зависимости от срока прекращения занятий спортом.

Материалы и методы: обследовано 24 бывших спортсмена мужского пола в возрасте 19–29 лет, которые были разделены на 2 группы по 12 человек (1-я группа — бывшие спортсмены, прекратившие занятия сроком до 2 лет; 2-я — свыше 2 лет). Контрольную группу составили 15 практически здоровых нетренированных студентов-добровольцев аналогичного возраста. В эритроцитах спектрофотометрически (спектрофотометр Shimadzu 1240, Япония) определяли активность ферментов-антиоксидантов: супероксиддисмутазы (СОД) (К.Ф. 1.15.1.1) — по ингибированию реакции восстановления нитросинего тетразолия супероксидным анион-радикалом при $\lambda = 540$ нм, после предварительной обработки эритроцитов по методу Е.Е. Дубининой и др. [8]; каталазы (К.Ф. 1.11.1.6) — по скорости утилизации пероксида водорода при $\lambda = 260$ нм; глутатионпероксидазы (ГП) (К.Ф. 1.11.1.9) — по изменению содержания восстановленного глутатиона в пробах до и после инкубации субстрата с дитиобис-нитробензойной кислотой при $\lambda = 412$ нм; глутатионредуктазы (ГР) (К.Ф. 1.6.4.2) — по каталитическому НАДФН-Н⁺-зависимому преобразованию окисленной формы глутатиона в восстановленную, интенсивность которого оценивали по скорости снижения экстинкции проб при $\lambda = 340$ нм, на которой раствор НАДФН-Н⁺ имеет максимум светопоглощения (тест Варбурга).

Результаты: установлена направленность сдвигов состояния окислительного баланса в зависимости от срока детренированности. Выявлено достоверно более низкое значение общей антиоксидантной активности у бывших спортсменов 1-й группы. Данное явление, вероятно, связано со снижением эффективности в отсутствие регулярных физических нагрузок работы ферментативного звена антиоксидантной защиты и, как следствие, повышенным расходом неферментативных антиоксидантов. Установлено, что ранний постспортивный период характеризуется достоверно более низкими, по сравнению с лицами контрольной группы, значениями активности ферментов первого порядка (супероксиддисмутаза) на фоне повышенной активности ферментов второго порядка (каталаза).

Выводы: полученные данные можно рекомендовать для контроля за состоянием спортсменов, прекративших занятия спортом, и учитывать при назначении реабилитационных мероприятий для соответствующего контингента.

Ключевые слова: детренированность, спортсмены, эритроциты, свободнорадикальное окисление, антиоксидантная защита

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Еликов А.В. Некоторые показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2021;11(3):12–17. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.5>

Поступила в редакцию: 01.08.2021

Принята к публикации: 20.09.2021

Online first: 29.09.2021

Опубликована: 30.09.2021

Some indicators of free radical oxidation and antioxidant protection in the erythrocytes of former athletes

Anton V. Elikov

Kirov State Medical University, Kirov, Russia

ABSTRACT

Objective: to study the main indicators of free radical oxidation and antioxidant protection in the erythrocytes of former athletes, depending on the period of termination of sports.

Materials and methods: 24 former male athletes aged 19–29 years were examined, who were divided into 2 groups of 12 people each (1st group — former athletes who stopped training for up to 2 years; 2nd — over 2 years). The control group consisted of 15 practically healthy untrained student volunteers of the same age. In erythrocytes, spectrophotometrically (spectrophotometer Shimadzu 1240, Japan), the activity of antioxidant enzymes was determined: superoxide dismutase (SOD) (K.F. 1.15.1.1) — by inhibiting the reduction of nitro blue tetrazolium by superoxide anion radical at

$\lambda = 540$ nm, after preliminary processing of erythrocytes by the method of Dubinina E.E. and others [8]; catalase (K.F. 1.11.1.6) — according to the rate of utilization of hydrogen peroxide at $\lambda = 260$ nm; glutathione peroxidase (HP) (K.F. 1.11.1.9) — by the change in the content of reduced glutathione in samples before and after incubation of the substrate with dithiobis-nitrobenzoic acid at $\lambda = 412$ nm; glutathione reductase (GR) (K.F. 1.6.4.2) — according to the catalytic NADPH · H^+ -dependent transformation of the oxidized form of glutathione into the reduced form, the intensity of which was estimated by the rate of decrease in the extinction of samples at $\lambda = 340$ nm, at which the NADPH H^+ solution has a maximum light absorption (Warburg test).

Results: the direction of the shifts in the state of the oxidative balance was established depending on the period of detraining. A significantly lower value of the total antioxidant activity was revealed in the former athletes of the 1st group. This phenomenon is probably associated with a decrease in the efficiency of the enzymatic link of the antioxidant defense in the absence of regular physical exertion, and, as a consequence, an increased consumption of non-enzymatic antioxidants. It was found that the early post-sports period is characterized by significantly lower, in comparison with the control group, the values of the activity of the first-order enzymes (superoxide dismutase) against the background of the increased activity of the second-order enzymes (catalase).

Conclusions: the obtained data can be recommended for monitoring the state of athletes who stopped playing sports and taken into account when prescribing rehabilitation measures for the corresponding contingent.

Keywords: detraining, athletes, erythrocytes, free radical oxidation, antioxidant protection

Conflict of interests: the author declares no conflict of interest.

For citation: Elikov A.V. Some indicators of free radical oxidation and antioxidant protection in the erythrocytes of former athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2021;11(3):12–17 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.3.5>

Received: 1 August 2021

Accepted: 20 September 2021

Online first: 29 September 2021

Published: 30 September 2021

1. Введение

Достижение спортивных результатов непременно подразумевает повышенный уровень двигательной активности, что сопровождается перестройкой всего комплекса метаболических и функциональных механизмов [1–3]. Прекращение занятий спортом в силу тех или иных причин приводит к переходу на новый, более низкий уровень двигательной активности по сравнению с предшествующим, что можно трактовать как относительную гиподинамию. Это будет влиять на показатели, характеризующие адаптивные возможности бывшего спортсмена [4, 5], среди которых одно из ключевых значений занимает исследование показателей окислительного баланса организма. Особенно ценным представляются исследования на клеточном уровне, которые существенно расширяют, добавляют и конкретизируют данные, полученные при исследовании показателей плазмы крови. В определенной мере это представляется при исследовании показателей свободнорадикального окисления (СРО) и антиоксидантной защиты (АОЗ) в эритроцитах.

Целью нашей работы было изучить основные показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты в эритроцитах бывших спортсменов в зависимости от срока прекращения занятий спортом.

2. Материалы и методы

Проведено биохимическое обследование 24 бывших спортсмена мужского пола в возрасте от 19 до 29 лет. Бывшие спортсмены подразделялись на 2 группы по 12 человек (1-я группа — обследуемые, прекратившие занятия сроком до 2 лет; 2-я — обследуемые, прекратившие занятия спортом свыше 2 лет). Спортивная квалификация детренированных лиц была от 3-го взрослого разряда до КМС, специализация включала как циклические, так и ациклические виды спорта. Контрольную

группу составили 15 практически здоровых нетренированных студентов-добровольцев аналогичного возраста, занимающихся физической культурой только в объеме вузовской программы.

Все исследования проводили в осенне-зимний сезон. Обследуемые лица находились на общем пищевом рационе. За неделю до эксперимента исключался прием поливитаминных комплексов, биологически активных добавок и пищевых продуктов с высоким содержанием витаминов С и Е, превышающим среднюю рекомендованную суточную дозу для данного возраста и пола.

Забор крови проводили из локтевой вены. Кровь центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 мин на центрифуге ОПН-3 (АО ТНК «ДАСТАН», Кыргызстан). Биохимические показатели измеряли в эритроцитах, трижды отмытых 0,85 % раствором NaCl. Для изучения состояния СРО использовали определение содержания активных продуктов тиобарбитуровой кислоты (ТБКп) по реакции с тиобарбитуровой кислотой согласно методике, изложенной в [6]. Определение диеновых конъюгатов (ДК) проводили в гептановой фазе после предварительной экстракции смесью гептан-изопропанол при длине волны 233 нм [6]. Значение ДК выражали по отношению к содержанию общих липидов (ОЛ), которые определяли по реакции с сульфосфосфанилиновым реактивом.

Показатели ХЛ и АРА в эритроцитах измеряли в гептановой фазе после экстракции смесью гептан-изопропанол (1:1 по объему). Для определения первичных продуктов СРО и общей антиоксидантной активности (ОАА) измеряли интенсивность хемилюминесценции (ХЛ), инициированной пероксидом водорода в присутствии избытка ионов двухвалентного железа, за 30 с (S30) и 60 с (S60), а также максимальную вспышку ХЛ (Im) за исследуемое время на хемилюминометре Emilite 1105 (Biochemmack, Россия). ОАА оценивали

по отношению уровней максимальной вспышки/светосумма за 30 с (Im/S). Метод определения антирадикальной активности (АРА) основан на обесцвечивании раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила продуктами свободнорадикального окисления [7].

В эритроцитах спектрофотометрически (спектрофотометр Shimadzu 1240, Япония) определяли активность ферментов-антиоксидантов: супероксиддисмутазы (СОД) (К.Ф. 1.15.1.1) — по ингибированию реакции восстановления нитросинего тетразолия супероксидным анион-радикалом при $\lambda = 540$ нм, после предварительной обработки эритроцитов по методу Е.Е. Дубининой и др. [8]; каталазы (К.Ф. 1.11.1.6) — по скорости утилизации пероксида водорода при $\lambda = 260$ нм; глутатионпероксидазы (ГП) (К.Ф. 1.11.1.9) — по изменению содержания восстановленного глутатиона в пробах до и после инкубации субстрата с дитиобис-нитробензойной кислотой при $\lambda = 412$ нм; глутатионредуктазы (ГР) (К.Ф. 1.6.4.2) — по каталитическому НАДФН·Н⁺-зависимому преобразованию окисленной формы глутатиона в восстановленную, интенсивность которого оценивали по скорости снижения экстинкции проб при $\lambda = 340$ нм, на которой раствор НАДФН·Н⁺ имеет максимум светопоглощения (тест Варбурга) [9].

Определение проницаемости эритроцитарных мембран (осмотической стойкости эритроцитов) проводили по методу [6]. Метод основан на выявлении осмотической стойкости эритроцитов по отношению к смеси изотонического раствора хлорида натрия и мочевины. Взвесь эритроцитов добавляли в пробирки, содержащие 1,8 % раствор мочевины и 0,85 % раствор NaCl в соотношении: 1 — 40:60; 2 — 45:55; 3 — 50:50; 4 — 55:45;

5 — 60:40; 6 — 65:35; 7 — чистый раствор мочевины. После инкубации и центрифугирования определяли оптическую плотность всех растворов, пересчитывая этот показатель в % от эталона (7-я пробирка). На основании полученных данных рассчитывали коэффициент устойчивости эритроцитов к гемолизу как средняя арифметическая % гемолиза во всей серии пробирок.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Biostat и Statistica 6.0. Нормальность распределения определяли по методу Шапиро — Уилка. После проверки на нормальность достоверность различий оценивали с использованием *t*-критерия Стьюдента для нормального и нормализованного путем преобразования распределения. Учитывали результаты с уровнем статистической значимости не ниже 95 % ($p \leq 0,05$).

3. Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования состояния процессов СРО в эритроцитах бывших спортсменов представлены в таблице 1.

При исследовании первичных продуктов СРО (интенсивность хемилюминесценции (ХЛ)), промежуточных (ХЛ) и вторичных (ТБКап) установлена интенсификация процессов СРО в эритроцитах у бывших спортсменов. При этом достоверно более высокие значения исследуемых показателей по сравнению с лицами контрольной группы установлены только у обследуемых бывших спортсменов 1-й группы. Интенсификация реакций СРО в ранний постспортивный период свидетельствует, по нашему мнению, о существенных адаптационных перестройках в организме бывших спортсменов

Таблица 1

Показатели, характеризующие состояние СРО в эритроцитах у детренированных лиц ($M \pm m$)

Table 1

Indicators characterizing the state of free radical oxidation in erythrocytes in detrained individuals ($M \pm m$)

Исследуемый показатель / Indicator	Контрольная группа / Control group ($n = 15$)	Бывшие спортсмены / Former athletes	
		1-я группа / 1 group ($n = 12$)	2-я группа / 2 group ($n = 12$)
ТБКап, мкмоль/г ОЛ / Active products of thiobarbiturate acid, $\mu\text{mol/g}$ total lipids	$7,10 \pm 0,58$	$10,85 \pm 0,77^*$	$7,94 \pm 0,62$
ДК, у.е./г ОЛ / Diene conjugates, c.u./g total lipids	$0,36 \pm 0,02$	$0,54 \pm 0,04^*$	$0,43 \pm 0,03$
ХЛ (пик) (Im), кФотон / Chemiluminescence (peak) (Im), kPhoton	$36,7 \pm 1,0$	$44,5 \pm 1,3^*$	$38,3 \pm 1,2$
ХЛ (S60), кФотон / Chemiluminescence (S60), kPhoton	$576,6 \pm 23,9$	$949,4 \pm 45,3^*$	$658,1 \pm 34,2$
ХЛ (S30), кФотон / Chemiluminescence (S30), kPhoton	$356,9 \pm 17,8$	$578,9 \pm 28,2^*$	$403,1 \pm 23,7$

Примечание: * — различия с контролем статистически достоверны ($p \leq 0,05$).

Note: * — differences with control are statistically significant ($p < 0.05$).

при переходе от повышенной двигательной активности к обычной.

Таковыми адаптационными перестройками, по нашему мнению, могут являться:

1. Снижение ресурсов АОЗ эритроцитов в отсутствии регулярных физических нагрузок, что подтверждается исследованием характеризующих АОЗ показателей.

2. Поддержание адаптации к регулярной мышечной деятельности сопровождается развитием физиологического эритроцитоза [10–12], с последующей ликвидацией «лишних» эритроцитов с перекисно-модифицированными мембранами в начальные сроки прекращения занятий спортом.

3. Общие изменения оксидантного баланса организма, связанного с развитием состояния детренированности, с выходом продуктов СРО в кровь с последующей их абсорбцией эритроцитами.

В то же время у бывших спортсменов 2-й группы достоверных отличий исследуемых показателей СРО обнаружено не было, хотя их значения превышали показатели лиц контрольной группы, что говорит о стадийности процесса интенсификации СРО при развитии детренированности.

Результаты исследований показателей АОЗ представлены в таблице 2.

При исследовании показателя ОАА установлено достоверно более низкое значение данного показателя у бывших спортсменов 1-й группы. Данное явление мы связываем со снижением эффективности

в отсутствие регулярных физических нагрузок работы ферментативного звена АОЗ и, как следствие, с повышенным расходом неферментативных антиоксидантов. Это предположение подтверждается значительно (на 17,0 %; $p < 0,05$) более низким показателем АРА, на величину которого в первую очередь оказывает влияние содержание альфа-токоферола.

Нами исследована активность ферментов-антиоксидантов СОД, каталазы, ГП и ГР, которые можно разделить на системы: система СОД — каталаза и система ГП — ГР. Такое разделение обусловлено тем, что эти ферменты дополняют работу друг друга, поскольку продукт реакции одного фермента является субстратом для следующего. Именно синергизм в работе ферментов и определяет функционирование системы в целом, а следовательно, и системы АОЗ организма.

Установлено, что ранний постспортивный период характеризуется закономерностью, заключающейся в достоверно более низких по сравнению с лицами контрольной группы значениях активности ферментов первого порядка (СОД и ГП) на фоне повышенной активности ферментов второго порядка (каталаза и ГР). Данное явление мы связываем с усилением в эритроцитах бывших спортсменов реакций СРО с последующей окислительной модификацией белковой молекулы фермента-антиоксиданта. В целом, по нашему мнению, потенцирование активности фермента-антиоксиданта второго порядка будет говорить о напряжении механизмов адаптации и компенсированном оксидантном стрессе, что позволяет рекомендовать пищевые продукты,

Таблица 2

Показатели, характеризующие состояние АОЗ в эритроцитах у детренированных лиц ($M \pm m$)

Table 2

Indicators characterizing the state of antioxidant defense in erythrocytes in detrained individuals ($M \pm m$)

Исследуемый показатель / Indicator	Контрольная группа / Control group ($n = 15$)	Бывшие спортсмены / Former athletes	
		1-я группа / 1 group ($n = 12$)	2-я группа / 2 group ($n = 12$)
ОАА, Im/S30 / General antioxidant protection, Im/S30	0,103 $\pm$ 0,004	0,077 $\pm$ 0,003*	0,095 $\pm$ 0,004
АРА, % ингибирования / Antiradical activity, % of inhibition	48,9 $\pm$ 2,3	40,6 $\pm$ 2,0*	47,7 $\pm$ 2,2
СОД, % ингибирования / Superoxide dismutase, % of inhibition	53,4 $\pm$ 3,8	42,8 $\pm$ 3,1*	50,3 $\pm$ 3,6
Каталаза, ммоль/мл/мин / Catalase, mmol/ml/min	4,67 $\pm$ 0,31	6,34 $\pm$ 0,40*	5,42 $\pm$ 0,36
ГП, мкмоль/мин · мл / Glutathione peroxidase, μ mol / min · ml	3,94 $\pm$ 0,23	2,56 $\pm$ 0,18*	3,69 $\pm$ 0,22
ГР, мкмоль/мин · мл / Glutathione reductase, μ mol / min · ml	0,78 $\pm$ 0,04	0,92 $\pm$ 0,06	0,84 $\pm$ 0,05

Примечание: * — различия с контролем статистически достоверны ($p < 0,05$).

Note: * — differences with control are statistically significant ($p < 0.05$).

обогащенные антиоксидантами, для коррекции функционального состояния детренированных лиц. Следует отметить отсутствие достоверной разницы в изучаемых показателях между бывшими спортсменами 2-й группы и лицами контрольной группы, что подтверждает стадийность изменения оксидантного баланса в развитии процесса детренированности.

Проницаемость эритроцитарных мембран (осмотической стойкости эритроцитов) является интегральным показателем антиоксидантного статуса организма и интенсивности реакций СРО. Для удобства оценки данного показателя мы рассчитали усредненный процент гемолиза по всем пробиркам по отношению 7-й пробирке (к 100 %). Результаты расчета представлены на рисунке 1.

Установлена достоверно более низкая устойчивость эритроцитов к гемолизу у бывших спортсменов 1-й группы по сравнению с лицами контрольной группы. Это связано с интенсификацией процессов СРО в эритроцитах, что подтверждается данными, полученными при комплексном и параллельном изучении показателей СРО и ОАА. Таким образом, определение устойчивости эритроцитов к гемолизу является простым и надежным тестом для характеристики состояния процессов СРО в организме, а также характеризует общее функциональное состояние бывшего спортсмена. Также следует отметить близкие значения данного показателя у бывших спортсменов 2-й группы и обследуемых контрольной группы, что подтверждает ранее сделанные выводы о стадийности процесса детренированности.

Резюмируя результаты исследования, можно сделать следующие выводы.

1. Состояние детренированности у бывших спортсменов, возникающее после прекращения занятий спортом до 2 лет, характеризуется интенсификацией процессов свободнорадикального окисления в эритроцитах на фоне снижения ресурсов антиоксидантной защиты, что подтверждается достоверной разницей исследуемых показателей.

2. Процесс детренированности после прекращения занятий спортом имеет стадийный характер,

Вклад автора:

Еликов Антон Вячеславович — сбор и обработка материала, написание текста статьи, редактирование.

Список литературы

1. Дуанбекова Г.Б., Сарксеева Б.А., Каранбаева М.Ж., Алимжанов Е.Н. Исследования состояния окислительного метаболизма организма спортсменов. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012;(2):259–261.
2. Тамбовцева Р.В., Войтенко Ю.А., Орел В.Р. Состояние метаболизма при напряженной мышечной деятельности спортсменов циклических видов спорта. М.: ТВТ Дивизион; 2017. 120 с.

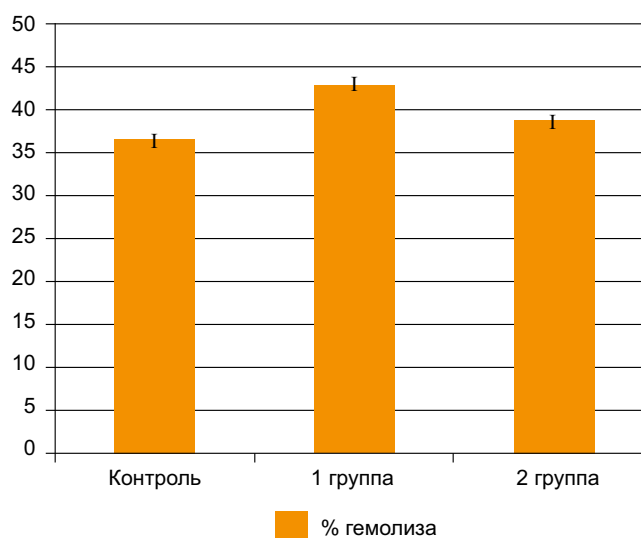


Рис. 1. Усредненный процент гемолиза у лиц контрольной группы и бывших спортсменов

Fig. 1. Average percentage of hemolysis in the control group and former athletes

что подтверждается отсутствием достоверной разницы с нетренированными лицами после 2 лет с момента прекращения занятий спортом.

3. Комплексное исследование показателей свободно-радикального окисления (ТБК активные продукты, диеновые конъюгаты, интенсивность хемилюминесценции) и антиоксидантной защиты (общая антиоксидантная активность, антирадикальная активность, активность ферментов-антиоксидантов) в эритроцитах, а также осмотическая устойчивость эритроцитов является надежным критерием для диагностики развития состояния детренированности.

4. Изменения состояния антиоксидантной защиты, сопровождающие развитие детренированности, рекомендуется учитывать в трактовке данных биохимических анализов, при проведении комплексной реабилитации бывших спортсменов, а также создании продуктов функционального питания для бывших спортсменов.

Author's contributions:

Anton V. Elikov — collection and processing of material, text writing, editing.

References

1. Duanbekova G.B., Sarkseeva B.A., Karanbaeva M.Zh., Alimzhanov E.N. Investigations of the state of oxidative metabolism in the body of athletes. Aktual'nye problemy humanitarnykh i estestvennykh nauk [Actual problems of the humanities and natural sciences]. 2012;(2):259–261. (In Russ.).
2. Tambovtseva R.V., Voitenko Yu.A., Orel V.R. The state of metabolism during intense muscular activity of athletes of cyclic sports. Moscow: TVT Divizion Publ.; 2017. 120 p. (In Russ.).

3. Осачук С.С., Марцинкевич А.Ф. Липидный состав мембран эритроцитов у спортсменов циклических видов спорта. Клиническая лабораторная диагностика. 2014;59(5):17–19.

4. Коган О.С., Тарасова М.В. Состояние здоровья действующих и закончивших профессиональную карьеру высококвалифицированных спортсменов. Теория и практика физической культуры. 2016;(11):73–76.

5. Федотова И.В., Тамозжников Д.В., Андреев А.С., Бочаров А.В., Беликова А.Ю. Влияние факта завершения спортивной деятельности на медицинские аспекты дезадаптации в раннем постспортивном периоде. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2017;(11):274–278.

6. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике. Минск: Интерпрессервис; 2003. 953 с.

7. Арутюнян А.В., Прокопенко В.М., Евсюкова И.И., Косов М.Н., Опарина Т.И. Свободнорадикальное окисление и антиоксидантная активность у здоровых доношенных новорожденных детей. Физиология человека. 2001;27(3):133–136.

8. Дубинина Е.Е., Сальникова Л.А., Ефимова Л.Ф. Активность и изоферментный спектр супероксиддисмутазы эритроцитов и плазмы крови человека. Лабораторное дело. 1985;(11):678–681.

9. Карпищенко А.И. ред. Медицинские лабораторные технологии. Справочник. СПб.: Интермедтехника; 2002. 600 с.

10. Казимирко Н.К., Дычко Е.А., Кохан С.Т., Дычко В.В., Гаврилина Е.А. Влияние физических нагрузок на количественный и возрастной состав эритроцитов периферийной крови спортсменов-дзюдоистов. Спортивная медицина: наука и практика. 2012;(4):20–24.

11. Рутковский А.В., Койносов А.П., Дудко А.В. Сезонная динамика показателей красной крови и физической работоспособности у спортсменов циклических видов спорта в природно-климатических условиях Среднего Приобья. Медицинская наука и образование Урала. 2018;19(2):48–52.

12. Baskurt O.K., Meiselman H.J. Free radical attack and red blood cell mechanics. 10th Int. Cong. of Biorheol. and 3th Int. Conf. of Clin. Hemorheol. Pecs. Biorheology. 1999;36:49.

3. Osachuk S.S., Martsinkevich A.F. Lipid composition of erythrocyte membranes in athletes of cyclic sports. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika = Russian Clinical Laboratory Diagnostics. 2014;59(5):17–19. (In Russ.).

4. Kogan O.S., Tarasova M.V. The state of health of highly qualified athletes who have completed their professional careers and who have completed their professional careers. Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury = Theory and practice of physical culture. 2016;(11):73–76. (In Russ.).

5. Fedotova I.V., Tamozhnikov D.V., Andrenko A.S., Bocharov A.V., Belikova A.Yu. Influence of the fact of completion of sports activity on medical aspects of disadaptation in the early post-sports period. Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. 2017;(11):274–278. (In Russ.).

6. Kamysnikov V.S. Handbook of Clinical and biochemical research and laboratory diagnostics. Minsk: Interpressservis Publ.; 2003. 953 p. (In Russ.).

7. Arutyunyan A.V., Prokopenko V.M., Evsyukova I.I., Kosov M.N., Oparina T.I. Free radical oxidation and antioxidant activity in healthy full-term newborns. Fiziologiya cheloveka = Human Physiology. 2001;27(3):133–136. (In Russ.).

8. Dubinina E.E., Salnikova L.A., Efimova L.F. Activity and isoenzyme spectrum of superoxide dismutase of erythrocytes and human blood plasma. Laboratornoe delo = Laboratory Science. 1985;(11):678–681. (In Russ.).

9. Karpishchenko A.I. editor. Medical laboratory technology. Handbook. SPb: Intermedtekhnik Publ.; 2002. 600 p. (In Russ.).

10. Kazimirko N.K., Dycho E.A., Kokhan S.T., Dycho V.V., Gavrilina E.A. The influence of physical activity on the quantitative and age composition of the peripheral blood erythrocytes of judo athletes. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports medicine: science and practice. 2012;(4):20–24. (In Russ.).

11. Rutkovsky A.V., Koinosov A.P., Dudko A.V. Seasonal dynamics of indicators of red blood and physical performance in athletes of cyclic sports in the natural and climatic conditions of the middle Ob region. Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala [Medical science and education of the Urals]. 2018;19(2):48–52. (In Russ.).

12. Baskurt O.K., Meiselman H.J. Free radical attack and red blood cell mechanics. 10th Int. Cong. of Biorheol. and 3th Int. Conf. of Clin. Hemorheol. Pecs. Biorheology. 1999;36:49.

Сведения об авторе:

Еликов Антон Вячеславович, к.м.н., доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 610027, Россия, Киров, ул. К. Маркса, 112., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3042-8556> (anton_yelikov@mail.ru)

Information about the author:

Anton V. Elikov, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor of the Department of Chemistry, Kirov State Medical University, 112, K. Marks str., Kirov, 610027, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3042-8556> (anton_yelikov@mail.ru)