Дата публикации: 01.03.2023
DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_26
УДК/UDC 796.071.2; 796.012.1; 577.121.7; 577.115; 612.744.24

Publication date: 01.03.2023
DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_26

СОСТОЯНИЕ ОКСИДАНТНОГО БАЛАНСА СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И В КРАТКОСРОЧНОМ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

А.В. Еликов
ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет», г. Киров, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты исследования состояния оксидантного баланса в состоянии покоя, через 5 и 30 минут после велоэргометрии у 71 спортсмена-мужчины различной квалификации и специализации в возрасте 18-25 лет. Группа сравнения состояла из 15 нетренированных обследуемых. В состоянии покоя у высококвалифицированных спортсменов установлена интенсификация процессов свободнорадикального окисления на фоне пониженного количества аскорбиновой кислоты и α-токоферола. Сделан анализ изменений показателей после выполнения физической нагрузки и в краткосрочном восстановительном периоде, что позволяет дать обоснованные рекомендации применения в спортивном питании витаминов-антиоксидантов. Выявлена зависимость состояния оксидантного баланса от уровня тренированности и спортивной направленности обследованных лиц.
Ключевые слова: спортсмены, физическая нагрузка, свободнорадикальное окисление, антиоксиданты, спортивное питание.

STATE OF OXIDATIVE BALANCE IN ATHLETES OF DIFFERENT CATEGORIES DURING DOSED EXERCISE AND IN THE SHORT-TERM RECOVERY PERIOD

A.V. Elikov
Kirov State Medical University, Kirov, Russia

Annotation. The study presents the results of oxidative balance in resting state, 5 and 30 minutes after bicycle ergometry in 71 male athletes of different qualification and specialization aged 18-25 years. The comparison group consisted of 15 untrained subjects. At rest, elite athletes demonstrated the intensification of free radical oxidation processes against the background of a reduced amount of ascorbic acid and α-tocopherol. We have carried out an analysis of changes in indicators after physical activity and short-term recovery period. It allows us to give reasonable recommendations for the use of antioxidant vitamins in sports nutrition. The state of oxidative balance directly depends on the level of fitness and sports orientation in the examined individuals.
Keywords: athletes, physical exercise, free radical oxidation, antioxidants, sports nutrition.

Введение. На современном научно-методическом уровне адаптация организма, в том числе и на уровне регулярной мышечной деятельности, рассматривается с позиции функциональных систем [1-2]. Установлено, что адаптация к физическим нагрузкам происходит за счет согласованного функционирования трех основных составляющих: транспортной системы, включая сердечно-сосудистую, дыхательную и газотранспортную системы, метаболическое обеспечение и иммунитет. При этом своеобразным связующим звеном между этими системами являются продукты свободнорадикальных реакций. В частности, показана роль продуктов свободнорадикального окисления (СРО) в регуляции сосудистого тонуса и в протекании различных видов обмена веществ [3-4]. Особенно велико значение СРО в регуляции клеточного и гуморального иммунитета. Установлено прямое участие процессов СРО в регуляции активности иммунокомпетентных клеток, продукции факторов гуморальной защиты [5]. Очевидно, что исследование процессов СРО и состояния

антиоксидантной защиты (АЗ) организма имеет важнейшее значение как в плане прогноза функционального состояния спортсмена, его готовности к тренировочному и соревновательному процессу, так и в плане его реабилитации. С учетом вышесказанного, на основе изучения оксидантного баланса организма спортсмена встает необходимость разработки специальных компонентов спортивного питания, с одной стороны отвечающего за покрытие повышенных энергетических затрат, связанных с интенсивным транспортным и метаболическим обеспечением регулярной интенсивной мышечной работы, а с другой направленного на поддержание иммунного статуса на необходимом уровне.

Цель исследования: изучить состояние процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты у спортсменов различных категорий при выполнении дозированной физической нагрузки и в краткосрочном восстановительном периоде.

Методы и организация исследования. Проведено физиолого-биохимическое обследование 71 спортсмена мужского пола в возрасте от 18 до 25 лет. Группу сравнения составили 15 условно здоровых нетренированных студентов аналогичного возраста, занимающихся физической культурой только в пределах программы вуза. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Кировский ГМУ Минздрава России, а обследуемые дали информированное согласие на участие в исследовании. Все исследования проводились в осенне-зимний сезон, соответствующий подготовительному периоду спортивного цикла. На фоне обычного рациона питания всеми обследуемыми за неделю до проведения исследования исключался прием высоких концентраций аскорбиновой кислоты и α-токоферола. Мышечная работа дозировалась в виде велоэргометрии в течение 30 минут с частотой педалирования 60 об/мин. Мощность нагрузки соответствовала аэробно-анаэробному режиму для данной группы обследуемых и находилась в пределах 75-150 Вт. Группы обследуемых и конечный объем выполненной физической работы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика обследуемых групп и объема мышечной нагрузки

№ группы	n	Категория спорта	Квалификация спортсмена	Объем нагрузки, кгс×м
1	15	-	нетренированные	13500
2	20	ациклические	юношеский, II взрослый	18000
3	19	ациклические	I взрослый, КМС, МС	24300
4	18	циклические	юношеский, II взрослый	18000
5	14	циклические	I взрослый, КМС, МС, МСМК	27000

Примечание: КМС – кандидат в мастера спорта; МС – мастер спорта; МСМК – мастер спорта международного класса

Забор крови из локтевой вены проводили в состоянии покоя (после 5-7-минутного отдыха) – проба 1, через 5 минут после велоэргометрии – проба 2 и через 30 минут после велоэргометрии – проба 3. Цельную кровь центрифугировали 15 минут при 3000 об/мин. Для исследования биохимических показателей использовалась плазма крови.

Для изучения процессов СРО использовали определение концентрации ТБК-активных продуктов (ТБКап) при ƛ 535 нм на спектрофотометре Shimadzu UV mini-1240 (Япония). Определение диеновых конъюгатов (ДК) проводили в гептановой фазе после предварительной экстракции смесью гептан-изопропанол при ƛ 233 нм [6]. Значение ДК выражали в условных

единицах (усл.ед.) по отношению к содержанию общих липидов, которые определяли методом по цветной реакции с сульфофосфованилиновым реактивом. Исследование общей антиоксидантной активности (ОАА) проводили на биохемилюминометре Emilite 1105 (Россия) по методу [7] и выражали в усл.ед., умноженных на 1000 (усл.ед.×1000). Определение величины антирадикальной активности (АРА) проводили согласно методу [8]. Содержание аскорбиновой кислоты (АК) изучали методом по реакции с динитрофенилгидразиновым реактивом, содержание α-токоферола (α-ТФ) в плазме крови определяли согласно руководству [6]. Статистическая обработка выполнена пакетом Statistica 10.0. Рассчитывалось среднее арифметическое (M) и 95% доверительный интервал (95% CI). Проверка нормальности распределения проводилась по критерию Шапиро-Уилка, достоверность разницы определяли по t-критерию Стьюдента и считали достоверной при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе проведенного исследования выявлена тесная взаимосвязь между показателями, характеризующими состояние процессов СРО, системы АЗ и контингентом обследуемых, т.е. объемом, интенсивностью и характером выполняемой мышечной работы. Полученные данные исследования концентрации промежуточных продуктов СРО – ТБКап, ДК и величиной показателей, характеризующих систему АЗ – ОАА, АРА, АК и α-ТФ, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели оксидантного баланса плазмы крови в состоянии покоя (проба 1), спустя 5 мин (проба 2) и 30 мин (проба 3) после велоэргометрии (M; 95% CI)

№ гр.	ТБК-активные продукты, мкМ/л			Диеновые конъюгаты, усл.ед./мг общих липидов		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 1	Проба 2	Проба 3
1	**5,38** 4,87; 5,88	**5,29** 4,76; 5,78	**6,91** 6,24; 7,58*	**0,25** 0,21; 0,29	**0,26** 0,22; 0,30	**0,32** 0,28; 0,36*
2	**4,85** 4,40; 5,30	**4,72** 4,25; 5,19	**5,40** 4,77; 6,02	**0,24** 0,22; 0,26	**0,29** 0,25; 0,33*	**0,29** 0,25; 0,33*
3	**5,74** 5,09; 6,39	**6,01** 5,30; 6,72	**5,24** 4,67; 5,81	**0,28** 0,24; 0,32	**0,33** 0,27; 0,39*	**0,26** 0,22; 0,30
4	**4,32** 3,89; 4,75	**4,64** 4,11; 5,17	**4,07** 3,68; 4,46	**0,26** 0,22; 0,30	**0,22** 0,18; 0,26	**0,18** 0,16; 0,20*
5	**6,73** 5,94; 7,51	**4,58** 4,03; 5,13*	**4,12** 3,65; 4,59*	**0,32** 0,26; 0,38	**0,24** 0,20; 0,28*	**0,23** 0,19; 0,27*
	Общая антиоксидантная активность, усл.ед.×1000			Антирадикальная активность, % ингибирования		
1	**73** 69; 77	**70** 66; 74	**62** 58; 66*	**51,8** 46,7; 56,9	**49,5** 44,0; 55,0	**42,5** 38,2; 46,8*
2	**78** 74; 82	**76** 70; 82	**73** 69; 77	**56,3** 50,2; 62,4	**53,8** 48,1; 59,5	**50,3** 45,6; 55,0*
3	**82** 76; 88	**79** 73; 85	**87** 83; 91	**63,2** 56,7; 69,7	**60,7** 54,8; 66,6	**65,7** 59,0; 72,4
4	**75** 69; 81	**73** 69; 77	**77** 73; 81	**57,2** 51,5; 62,9	**56,0** 51,8; 60,1	**58,5** 52,0; 65,0
5	**82** 78; 86	**81** 77; 85	**101** 97; 105*	**65,3** 60,2; 70,4	**66,4** 62,3; 70,5	**74,6** 68,7; 80,5*

Продолжение таблицы 2

	Аскорбиновая кислота, мг/л			α-токоферол, мг/л		
1	**6,82** 6,37; 7,27	**4,18** 3,85; 4,51*	**3,34** 3,05; 3,63*	**10,63** 9,53-11,72	**8,11** 7,15-9,07*	**7,56** 6,72-8,40*
2	**8,40** 7,85; 8,95	**7,07** 6,56; 7,58*	**4,82** 4,41; 5,23*	**11,36** 10,0; 12,67	**10,15** 9,90; 11,40	**9,93** 8,79; 11,07*
3	**6,51** 5,90;7,11	**6,11** 5,64; 6,58	**5,25** 4,82; 5,68*	**8,98** 7,96-10,00	**8,05** 7,13-8,97	**7,94** 6,98-8,90*
4	**7,63** 7,06; 8,20	**5,95** 5,42; 6,48*	**5,62** 5,25; 5,99*	**12,20** 10,8; 13,62	**11,01** 9,68; 12,34	**10,45** 9,14; 11,76*
5	**5,48** 4,89; 6,07	**4,73** 4,22; 5,23	**4,57** 4,04; 5,09*	**7,53** 6,62; 8,43	**7,11** 6,27; 7,93	**7,23** 6,35; 8,11

Примечание: * – разница с состоянием покоя статистически достоверна ($p \leq 0,05$)

При анализе пробы 1 выявлены более низкие значения концентрации ТБКап у спортсменов массовых разрядов, чем у обследуемых группы сравнения, что по-видимому связано с активацией системы АЗ в процессе тренировок. Причем эта разница более выражена у контингента спортсменов, тренирующихся в циклических видах спорта.

В группах спортсменов-мастеров установлены более высокие значения концентрации ТБКап, что можно объяснить усиленным обновлением клеточных мембран связанным с адаптивными перестройками к интенсивной и регулярной мышечной работе.

При анализе пробы 2 изменения концентрации ТБКап в зависимости от группы носили разнонаправленный характер, а при анализе пробы 3 прослеживалась тенденция к снижению данного показателя с ростом тренированности, особенно у спортсменов, тренирующихся в циклических видах спорта (у обследуемых 5-й группы данный показатель снизился на 38,8%; $p<0,001$). Данное явление объясняется эффективностью функционирования системы АЗ в восстановительный период, а также возможностью использования промежуточных продуктов липопероксидации в реакциях биоэнергетики [9]. С этим согласуется и значительное снижение содержания ДК после велоэргометрии у профессиональных спортсменов в категории циклических видов спорта. Следует отметить, что биоэнергетика циклических упражнений предполагает наибольшее использование аэробных источников получения энергии, причем в значительной мере за счет липидного обмена. Таким образом возрастает и значение реакций СРО в качестве связующего элемента между выполняемой функцией, в данном случае – мышечная работа и ее метаболическим обеспечением. В категории ациклических видов спорта данное явление выражено в меньшей степени, а у лиц группы сравнения концентрация ТБКап в пробе 2 практически не меняется и увеличивается на 28,4% ($p=0,002$) в пробе 3. Такую динамику концентрации ТБКап у обследуемых с низкой адаптацией к физическим нагрузкам можно объяснить развитием гипоксии скелетной мышцы непосредственно при выполнении мышечной работы с последующей реперфузией в восстановительном периоде, что приводит к интенсификации реакций СРО и накоплению ТБКап.

Изменения концентрации ДК во многом соответствовали динамике изменений концентрации ТБКап, что в целом подтверждает высказанные выше предположения. На подобные изменения процессов липопероксидации у профессиональных спортсменов указывают и другие исследователи [10].

Большую ценность представляет изучение системы АЗ организма как фактора, напрямую влияющего на процессы СРО, а через них – на все адаптационные механизмы. Изучены основные интегральные

показатели, характеризующие структуру АЗ: ОАА, АРА, концентрация АК и α-ТФ.

Изучение показателя ОАА дало следующие результаты: при анализе пробы 1 наименьшее значение данного показателя выявлено у обследуемых группы сравнения, наибольшее – у спортсменов-мастеров.

При анализе пробы 2 установлена тенденция к снижению ОАА во всех группах, однако статистически значимых отличий не выявлено. При этом наименьшие значения также отмечены у обследуемых группы сравнения.

При анализе пробы 3 у обследуемых группы сравнения наблюдалось статистически значимое снижение величины ОАА. В то же время в группах массовых разрядов эти изменения не являлись статистически значимыми, а достоверное увеличение отмечено у спортсменов-мастеров, причем наиболее значительное – в циклических видах спорта.

Таким образом, определение показателя ОАА может быть рекомендовано в качестве надежного и удобного метода мониторинга влияния физической работы на организм и уровня адаптации к ней. Информативность данного показателя существенно увеличивается при исследовании его в различные периоды физической активности, особенно при параллельном изучении концентрации продуктов СРО и другими компонентами АЗ.

При анализе пробы 1 наименьшие значения показателя АРА установлены у обследуемых группы сравнения. В группах массовых разрядов прослеживалась тенденция к увеличению данного показателя, а у спортсменов-мастеров величина показателя АРА была выше на 22,0% ($p=0,011$) у 3-й группы и 26,1% ($p=0,002$) у 5-й. Такое распределение по группам исследуемого показателя, не смотря на более низкие значения АК и α-ТФ у профессиональных спортсменов, мы можем объяснить большим участием в обеспечении АРА у данного контингента других компонентов плазмы крови, участвующих в поддержании оксидантного баланса: липопротеинов высокой плотности и церулоплазмина.

При анализе пробы 2 во всех группах обследуемых, исключая 5-ю, отмечена статистически незначимая тенденция к снижению АРА.

При анализе пробы 3 отмечались разнонаправленные изменения данного показателя, которые свидетельствуют о более эффективном функционировании компонентов АЗ у тренированного организма. Это выражалось в увеличении величины АРА у спортсменов-мастеров на фоне достоверно низких значений у обследуемых группы сравнения.

При анализе пробы 1 выявлено, что концентрация АК, по сравнению с обследуемыми 1-й группы, у обследуемых массовых разрядов было выше, а у спортсменов-мастеров ниже. Подобные значения данного показателя в группах обследуемых можно объяснить повышенными тратами АК у профессиональных спортсменов для поддержания высокого уровня адаптированности к регулярной и объемной мышечной работе. В то же время занятие физической культурой и массовым спортом оказывает благоприятное влияние на состояние метаболизма, существенно увеличивает эффективность функционирования компонентов АЗ, чем и можно объяснить более высокую концентрацию АК у контингента с массовыми спортивными разрядами.

При анализе пробы 2 отмечалось снижение концентрации АК во всех группах, однако достоверное снижение выявлено только у обследуемых 1-й группы (на 38,7%; $p<0,001$) и 2-й группы (на 15,8%; $p=0,003$). В остальных группах обследуемых спортсменов (с 3-й по 5-ю) можно говорить лишь о тенденции к снижению данного показателя. При этом наименьшее значение концентрации АК отмечено у обследуемых группы сравнения. Подобное распределение данного показателя по группам объясняется более эффективным функционированием ферментативного звена системы АЗ у тренированного организма, что позволяет

в существенной степени снизить расход неферментативных антиоксидантов, в том числе АК.

При анализе пробы 3 установлено дальнейшее снижение концентрации АК во всех группах. Данное явление можно объяснить компенсацией в ответ на интенсификацию реакций СРО, связанной с процессами реперфузии скелетной мышцы после прекращения воздействия физической нагрузки. Обращает на себя внимание то, что снижение концентрации АК у спортсменов-мастеров, тренирующихся в категории циклических видов спорта, в первую очередь выявлено при переходе от пробы 1 к пробе 2 и меньшей степени от пробы 2 к пробе 3. Возможным объяснением этого явления является наличие у данного контингента комплекса адаптационных механизмов, связанных высокой степенью эффективности функционирования гемодинамической, транспортной и метаболической составляющей реакции на физическую нагрузку и, как следствие, существенно более низким «кислородным долгом» в период выполнения мышечной работы.

Выявленные групповые отличия в распределении показателя α-ТФ при анализе пробы 1 и направленность изменений этого показателя в пробе 2 и пробе 3 несущественно отличаются (в сторону уменьшения амплитуды этих изменений) от результатов, полученных при исследовании концентрации АК. Кроме того, у обследуемых 5-й группы установлена незначительная тенденция к увеличению данного показателя в пробе 3 по сравнению к величине данного показателя в пробе 2. Подобные изменения, характерные для концентрации α-ТФ, объясняются как изменением отношения между классами липопротеинов плазмы крови (липофильный витамин Е транспортируется в составе липопротеинов) под воздействием регулярных физических нагрузок, так и синергетическим взаимодействием между АК и α-ТФ. Таким образом, исследование концентрации АК и α-ТФ у обследуемых с различной степенью адаптации к физическим нагрузкам обосновывает необходимость дополнительного включения этих витаминов в пищевой рацион спортсменов, а также лиц, закончивших профессиональную спортивную карьеру. Необходимость включения в рацион спортсменов повышенного количества нутриентов антиоксидантного действия, в том числе витаминов С и Е, подчеркивается в работах других исследователей [11-12].

В целом эффективность функционирования системы АЗ у спортсменов выше не только при непосредственном выполнении мышечной деятельности, но и в краткосрочный восстановительный период. Тем самым обеспечивается качество восстановления после мышечной работы и готовность спортсмена к выполнению дальнейших физических нагрузок. Особенно это важно в период интенсивной тренировочной и соревновательной деятельности. Вместе с тем результаты исследования показывают, что поддержание высокого уровня адаптации к физическим нагрузкам требует включения в рацион спортсмена повышенного в физиологических рамках количества нутриентов как антиоксидантного действия, так и иммуномодулирующего.

Заключение. Реакция свободнорадикального окисления, являясь связующим звеном между транспортным, метаболическим и иммунным обеспечением адаптации к регулярной мышечной деятельности, во многом оказывают влияние как на объем выполняемой мышечной работы и качество восстановительного периода, так и на общее функциональное состояние спортсмена. На это указывает прямая зависимость содержания продуктов свободнорадикального окисления, а также состояния структуры антиоксидантной защиты от уровня тренированности и спортивной направленности обследованных лиц. Показатели, характеризующие состояние процессов свободнорадикального окисления (концентрация ТБК-активных продуктов и диеновых конъюгатов), состояния антиоксидантной защиты (общая антиоксидантная активность, антирадикальная активность, содержание аскорбиновой кислоты,

α-токоферола), являются надежными критериями для оценки функционального состояния спортсмена. Увеличение концентрации в плазме крови продуктов свободнорадикального окисления и пониженное содержание аскорбиновой кислоты и α-токоферола, обусловленное их повышенным расходом для поддержания высокого уровня адаптации к регулярным интенсивным физическим нагрузкам у высококвалифицированных спортсменов, обосновывает использование витаминов С и Е, а также добавки, стимулирующие иммунитет, в качестве необходимого компонента спортивного питания.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов при выполнении данной работы.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нопин, С. В. Физиологический и биомеханический контроль функционального состояния двигательной системы спортсменов / С. В. Нопин, Ю. В. Корягина. – Ессентуки, 2021. – 176 с.

2. Биоэнергетические критерии готовности спортсменов к соревновательной деятельности / О.В. Балберова, Е.В. Быков, Е.Г. Сидоркина, К.С. Кошкина // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т.6. – № 2(19). DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_1

3. Луцкий, И. С. Патофизиологические механизмы формирования эндотелиальной дисфункции в условиях хронического стресса / И. С. Луцкий, Е. И. Луцкий, Л. В. Лютикова // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2017. – №1(57). – С. 37-42.

4. Лысенко, В. И. Оксидативный стресс как неспецифический фактор органных повреждений (обзор литературы и собственных исследований) / В. И. Лысенко // Медицина неотложных состояний. – 2020. – Т. 16. – № 1. – С. 24-35.

5. Генинг, Т. П. Неспецифический иммунитет и уровень процессов липопероксидации в периферической крови у спортсменов на различных этапах годичного цикла / Т. П. Генинг, Т. В. Абакумов, Т. И. Величко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2011. – № 2(18). – С. 25-32.

6. Камышников, В. С. Клинико-биохимическая лабораторная диагностика: справочник: В 2-х т. 2-е изд. / В. С. Камышников. – Минск: Интерпрессервис, 2003. – 953 с.

7. Конторщикова, К. Н. Перекисное окисление липидов в норме и патологии / К. Н. Конторщикова. – Нижний Новгород, 2000. – 24 с.

8. Свободнорадикальное окисление и антиоксидантная активность у здоровых доношенных новорожденных детей / Арутюнян А. В., Прокопенко В. М., Евсюкова И. И. [и др.] // Физиология человека. – 2001. – Т.27. – № 3. – С. 133-136.

9. Агаджанян, З. С. Возможное участие фосфоглюкоизомеразы в метаболизме альдегидов / З. С. Агаджанян, Л. Ф. Дмитриев, С. Ф. Дугин // Биохимия. – 2005. – Т.70. – Вып.11. – С. 1521-1526.

10. Состояние перекисного окисления липидов плазмы крови и эритроцитарных мембран у футболистов различной квалификации / Сургай Е. Г., Коношенко С. В., Попичев М. И. [и др.] // Физиология человека. – 2004. – Т.30. – № 6. – С.103-106.

11. Никитюк, Д. Б. Спортивное питание: требования и современные подходы / Д. Б. Никитюк, С. В. Клочкова, Е. А. Рожкова // Вопросы диетологии. – 2014. – Т.4. – №1. – С.40-43.

12. Раджабкадиев, Р. М. Об использовании витаминов в питании спортсменов / Р. М. Раджабкадиев, О. А. Вржесинская, В. М. Коденцева // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9. – № 1. – С.33-39.

REFERENCES

1. Nopin S.V., Koryagina Yu.V. Physiological and biomechanical control of the functional state of the athletes' motor system. Essentuki, 2021. 176 p. (in Russ.)

2. Balberova O.V., Bykov E.V., Sidorkina E.G., Koshkina K.S. Bioenergy criteria of athletes' fitness for competitive activity. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 2. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_02_1 (in Russ.)

3. Lutskij I.S., Lutskij E.I., Lyutikova L.V. The pathophysiologic mechanisms of formation endothelial dysfunction in condition of the chronic psycho-emotional stress. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2017, no. 1(57), pp. 37-42. (in Russ.)
4. Lysenko V.I. Oxidative stress as a non-specific factor of organ damage pathogenesis (review of literature and own data). *Emergency Medicine*, 2020, vol. 16, no. 1, pp. 24-35. DOI: 10.22141/2224-0586.16.1.2020.196926 (in Russ.)
5. Gening T.P., Abakumov T.V., Velichko T.I. Nonspecific immunity and the level of lipoperoxidation processes in peripheral blood in sportsmen at various stages of the annual cycle. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Volga Region. Medical Sciences*, 2011, no. 2(18), pp. 25-32. (in Russ.)
6. Kamyshnikov V.S. Clinical and biochemical laboratory diagnosis. Minsk: Interpresservis: 2003. pp. 953. (in Russ.)
7. Kontorshchikova K.N. Lipid peroxidation in normal and pathological conditions. Nizhny Novgorod, 2000. 24 p. (in Russ.)
8. 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. *Human Physiology*, 2001, vol. 27, no. 3, pp. 133-136. (in Russ.)
9. Agadzhanyan Z.S., Dmitriev L.F., Dugin S.F. new role of phosphoglucose isomerase in aldehyde metabolism. *Biochemistry (Moscow)*, 2005, vol. 70, no. 11, pp. 1521-1526. DOI: 10.1007/s10541-005-0255-4 (in Russ.)
10. Surgaj E.G., Konoshenko S.V., Popitchev M.I., Lutsik E.G., Elkina N.M. Lipid peroxidation in blood plasma and erythrocyte membranes of footballers varying in performance. *Human Physiology*, 2004, vol. 30, no. 6, pp. 103-106. (in Russ.)
11. Nikityuk D.B., Klochkova S.V., Rozhkova E.A. Sports nutrition: requirements and modern approaches. *Vopr. dietol. (Nutrition)*, 2014, vol. 4 no. 1, pp. 40-43. (in Russ.)
12. Radzhabkadiev R.M., Vrzhesinskaya O.A., Kodentsova V.M. On the use of vitamins in the nutrition of professional athletes. *Sports Medicine: research and practice*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 33-39. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524. 2019.1.33. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Антон Вячеславович Еликов – кандидат медицинских наук, доцент кафедры биохимии ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» Минздрава России, Киров, e-mail: anton_yelikov@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Anton Vyacheslavovich Elikov – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Biochemistry Department, Kirov State Medical University, Kirov, e-mail: anton_yelikov@mail.ru.

Для цитирования: Еликов, А. В. Состояние оксидантного баланса спортсменов различных категорий при выполнении дозированной физической нагрузки и в краткосрочном восстановительном периоде / А. В. Еликов // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2023_07_01_26

For citation: Elikov A.V. State of oxidative balance in athletes of different categories during dosed exercise and in the short-term recovery period. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 1. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_07_01_26