

**СЕЛЕН КАК ФАКТОР
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
СИСТЕМЫ ГЛУТАТИОНА У ЛЕГКОАТЛЕТОВ**

В.В. КОРНЯКОВА,
ОмГМУ Минздрава России, г. Омск, Россия;
В.А. БАДТИЕВА,
Филиал № 1 ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ,
г. Москва;
И.П. СТЕПАНОВА, И.Г. ШТЕЙНБОРМ,
ОмГМУ Минздрава России, г. Омск, Россия

Аннотация

В условиях интенсивных тренировочных нагрузок антиоксидантная система становится крайне уязвимой. От функционирования системы антиоксидантной защиты зависит функциональное состояние спортсмена. Целью исследования явилось выяснение влияния селена на состояние антиоксидантной системы у интенсивно тренирующихся легкоатлетов высокой квалификации. В исследовании приняли участие 44 легкоатлета мужского пола. Спортсмены экспериментальной группы (12 чел.) принимали селеносодержащую добавку в дозе 50 мкг селена в сутки в течение 21 дня интенсивных тренировочных нагрузок. Столько же участников с сопоставимыми тренировочными нагрузками не принимали селен (группа сравнения). В контрольную группу случайным образом были отобраны 20 высококвалифицированных спортсменов-мужчин. Обследование всех участников исследования проводили дважды: в начале исследования и спустя 21 день интенсивных тренировок, участники контрольной группы оценивались один раз. В эритроцитах спектрофотометрическими методами определяли содержание глутатиона, активность ферментов глутатионпероксидазы и глутатионредуктазы, концентрацию малонового диальдегида. В сыворотке крови исследовали содержание мочевой кислоты и мочевины. В результате исследования после завершения легкоатлетами курса приема селена отмечено повышение содержания глутатиона в эритроцитах в 1,2 раза, активности глутатионпероксидазы – в 1,34 раза ($p < 0,01$), а также снижение концентрации малонового диальдегида в 1,31 раза ($p = 0,04$), в сыворотке крови – снижение концентрации мочевины в 1,2 раза ($p = 0,03$) и мочевой кислоты – в 1,05 раза ($p < 0,05$) по сравнению с аналогичными показателями, измеренными у этих спортсменов до коррекции. Можно заключить, что прием интенсивно тренирующимися легкоатлетами селена в дозе 50 мкг в сутки в течение 21 дня способствует повышению фонда глутатиона и сохранению активности глутатионпероксидазы в эритроцитах, восстанавливая антиоксидантный баланс.

Ключевые слова: антиоксидантная система, селен, глутатион, ферменты обмена глутатиона, легкоатлеты.

**SELENIUM AS A FACTOR
FOR INCREASING GLUTATHIONE SYSTEM EFFICIENCY
IN ELITE ATHLETES**

V. V. KORNIAKOVA,
OmSMU MOH Russia, Omsk city, Russia;
V. A. BADIIEVA,
Branch No. 1 GAUZ MNPС MRVSM DZM,
Moscow city;
I. P. STEPANOVA, I. G. SHTEYNBORM,
OmSMU MOH Russia, Omsk city, Russia

Abstract

Under intense physical activity, the antioxidant system is extremely vulnerable, although an athlete's functional state depend on its functioning. The aim of our study was to research the influence of selenium on antioxidant system state in elite athletes. Forty four high-qualified male track and field athletes were participated in the present study. Twelve track and field athletes with the intensive training loads took the selenium-containing supplement at a 50 mcg selenium dose per day during



21 days (the experimental group). The same number of participants with the comparable training loads didn't take selenium (the comparison group). Twenty highly qualified male athletes were randomly selected for the control group. Elite athletes with the intensive training loads were estimated twice: at the initial and final stages of the present study, but participants of the control group were estimated once. The glutathione content, glutathione peroxidase (GPx) and glutathione reductase (GR) enzyme activity, and the concentration of malondialdehyde (MDA) in red blood cells were determined by spectrophotometric methods. The uric acid and urea contents in the blood serum were investigated by optical methods. Results: The content of glutathione in the red blood cells of athletes taking selenium supplementation increased by 1.2 times, and the activity of GPx increased by 1.34 times ($p < 0.01$), and the concentration of MDA, on the contrary, decreased by 1.31 times ($p = 0.04$), compared with corresponding pre-supplement levels of these indicators. There was also a decrease in the concentration of urea in the blood serum of the same athletes by 1.2 times ($p = 0.03$) and uric acid by 1.05 times ($p < 0.05$). Conclusions: Taking a selenium supplement at a dose of 50 mcg of selenium per day for 21 days by athletes with the most intense sports loads increased the content of glutathione and the activity of GPx in red blood cells and restored the antioxidant balance.

Keywords: antioxidant system, selenium, glutathione, glutathione metabolism enzymes, athletes.

Актуальность исследования

Одним из биологически значимых механизмов срыва адаптации у спортсменов является возникновение окислительного стресса. Вследствие возникающей в условиях интенсивных физических нагрузок гипоксии возникает чрезмерная генерация активных форм кислорода (АФК). Умеренное генерирование АФК является необходимым фактором клеточной и тканевой адаптации к физическим нагрузкам и не требует дополнительного поступления антиоксидантов. В пределах физиологических концентраций АФК способствуют развитию адаптационных перестроек при физических нагрузках, в том числе, например, гипертрофии скелетных мышц, повышению активности антиоксидантных ферментов. Избыточное образование АФК в ходе интенсивной мышечной деятельности может приводить к повреждению миоцитов при продолжительных физических нагрузках. Следствием повреждения мембран скелетных мышц является появление в крови креатинкиназы, миоглобина, лактатдегидрогеназы. Все это приводит к нарушению функции мышц, боли в мышцах, утомлению [9].

Об адаптации мышц к физическим нагрузкам и работоспособности спортсмена можно судить по содержанию гипоксантина и мочевой кислоты. Известно, что при гипоксии, неизменно развивающейся вследствие интенсивных физических нагрузок, в результате дефицита макроэргических соединений, являющегося следствием ингибирования процессов окислительного фосфорилирования в митохондриях, реутилизация гипоксантина тормозится и усиливается катаболизм пуринов в мочевую кислоту [15]. Параллельно вследствие повышения активности ксантиноксидазы происходит чрезмерное генерирование АФК и развитие окислительного стресса, что обуславливает повреждение мышц. В митохондриях, саркоплазматическом ретикулуме, сарколемме и цитозоле мышечных клеток происходит генерация супероксида. Дисмутация супероксида приводит к образованию перекиси водорода. Следствием окисления активными кислородными метаболитами митохондрий скелетных мышц является снижение их сократительной способности и возникновение мышечной усталости.

В этих условиях антиоксидантная система становится уязвимой, снижается эффективность ее функционирования, создаются условия для дальнейшего повреждения мембран. Подавление чрезмерного генерирования АФК возможно за счет усиления функции антиоксидантной системы, позволяющей восстанавливать окислительно-восстановительный гомеостаз. В случае недостаточности антиоксидантной защиты может развиваться хронический окислительный стресс, приводящий к развитию физического перенапряжения или перетренированности.

На сегодняшний день большое количество научных исследований подтверждает возникновение сдвигов в соотношении системы «прооксиданты – антиоксиданты» при физических нагрузках. Известно, что по изменению показателей, отражающих функционирование антиоксидантной системы, в частности, активности глутатионзависимых ферментов, каталазы, супероксиддисмутазы, можно судить об адаптации спортсменов к физическим нагрузкам. Например, известно, что уменьшение содержания глутатиона может сигнализировать о снижении функционального состояния спортсмена [3].

Генерируемые в условиях гипоксии супероксидные радикалы обезвреживаются в реакции дисмутации, катализируемой супероксиддисмутазой, при этом образуется перекись водорода. При состояниях, сопровождающихся окислительным стрессом, активность супероксиддисмутазы снижается. Известно, что супероксид является источником генерации гидроксильного радикала, повреждающего клеточные структуры и инициирующего процессы перекисного окисления липидов. Обезвреживание образующейся в цепных реакциях перекисного окисления липидов перекиси водорода возможно в реакциях, катализируемых каталазой. Глутатионпероксидаза (ГПО) также участвует в обезвреживании гидроперекисей липидов. В условиях ацидоза и гипоксии активность данного фермента снижается. Глутатиону отводится ключевое значение в защите клеток от окислительного стресса. Он принимает непосредственное участие в реакциях обезвреживания перекисных соединений, инактивировании



АФК, восстановлении окисленных *SH*-групп белков. Окисленный глутатион восстанавливается глутатион-редуктазой (ГР) [11].

В исследовании В.В. Корняковой и соавторов показано, что параметры функционирования антиоксидантной системы являются эффективными маркерами оценки функционального состояния спортсмена. Установлено, что при интенсивных физических нагрузках антиоксидантная защита у спортсменов циклических видов спорта снижается, уменьшается активность супероксиддисмутазы, ГПО, ГР и содержание глутатиона в эритроцитах. На интенсификацию процессов перекисного окисления липидов указывает также повышение в эритроцитах спортсменов содержания малонового диальдегида (МДА) [4].

Повышение генерации АФК и снижение антиоксидантного статуса пропорциональны усилению окислительного стресса. В связи с этим динамика показателей окислительного стресса крайне необходима для контроля процессов восстановления спортсменов. В исследовании Tanskanen M. et al. (2010) показано, что у спортсменов с перетренированностью, тренирующихся на выносливость, выявлено повышение маркера окислительного стресса – карбониллов белков – по сравнению со спортсменами контрольной группы ($P = 0,003$), что объясняется чрезмерным генерированием АФК. Alessio H.M. et al. (2000) выявили увеличение карбониллов белков на 67% ($P < 0,05$) и гидроперекисей липидов – на 24% ($P < 0,05$) после изнурительных аэробных упражнений. Выявление веществ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (TBARS) и малоновым диальдегидом, также отражает интенсивность процессов перекисного окисления липидов и свидетельствует о генерировании АФК и развившемся окислительном стрессе. В исследовании Johnson B.D. (2012) установлено, что повышение TBARS связано с интенсивностью нагрузки у спортсменов.

Все вышеизложенное обосновывает целесообразность использования веществ с антиоксидантной активностью для ингибирования процессов свободнорадикального окисления и повышения эффективности функционирования антиоксидантной системы.

Одним из факторов сохранения функционального состояния антиоксидантной системы в условиях интенсивных физических нагрузок является повышение активности антиоксидантного фермента ГПО, которая напрямую зависит от поступления селена, являющегося кофактором данного фермента. Этот микроэлемент входит в состав многих гормонов и ферментов, в том числе является составной частью активного центра фермента ГПО. Селен необходим для нормального функционирования дейодиназы, тиоредоксинредуктазы, синтетазы селенофосфата, йодтирониндейодиназы, селенофосфат-синтетазы [13, 14]. Вопрос об эффективности применения селена для поддержания антиоксидантного статуса интенсивно тренирующихся спортсменов является на сегодняшний день актуальным.

Цель исследования: выяснение пользы селена для функционирования антиоксидантной системы у интенсивно тренирующихся спортсменов-легкоатлетов.

Материалы и методы исследования

Все спортсмены методом случайной выборки были разделены на две группы: не принимающие добавки (группа сравнения – ГС, $n = 12$) и принимающие селеносодержащую биологически активную добавку «Селен-актив» по одной таблетке в день в течение трех недель (экспериментальная группа – ЭГ, $n = 12$). В составе одной таблетки «Селен-актив» содержится селенсен (содержание селена 50 мкг) и аскорбиновая кислота (50 мг). Тренировочные нагрузки у всех спортсменов, участвовавших в исследовании, были сопоставимы по объему и структуре. Спортсмены тренировались шесть дней в неделю.

Контрольную группу (КГ) составили 20 спортсменов, допущенных по результатам углубленного медицинского обследования к тренировкам. КГ была сформирована для получения биохимических показателей крови спортсменов, не испытывающих на момент исследования интенсивных физических нагрузок.

Все спортсмены были мужского пола, в возрасте от 18 до 22 лет, имели разряды: 1-й спортивный, кмс, мс. В общей выборке спортсменов антропометрические параметры составили – рост: $178,8 \pm 0,9$ см; вес: $71,5 \pm 1,2$ кг; ширина плеч: $41,0 \pm 0,4$ см; обхват груди (в покое): $94,5 \pm 0,7$ см.

Участники исследования придерживались сбалансированного рациона питания по основным нутриентам с учетом рекомендаций В.А. Тутельяна и соавторов [8]; на протяжении всего периода исследования поддерживали режим интенсивных тренировочных нагрузок. Спортсмены, участвующие в исследовании, не принимали никаких других добавок, кроме селена.

Участвующие в исследовании спортсмены дали информированное согласие, организация исследования соответствовала принципам Хельсинской декларации. Исследование одобрено Комитетом по этике научных исследований Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы» (протокол № 1 от 19 сентября 2019 г.).

Из исследования исключали спортсменов, принимающих лекарственные средства или биологически активные добавки; имеющих соматические заболевания и острые респираторные вирусные инфекции.

Анкетирование спортсменов проводили по Г.А. Макаровой (2003). Вопросы включали сведения о состоянии здоровья спортсменов, выполняемой тренировочной нагрузке, их физическом и психологическом состоянии, работоспособности в течение тренировки, переносимости спортивных нагрузок, соблюдении режима питания и режима дня, употреблении пищевых добавок, приеме лекарств.



Для биохимического исследования кровь брали из локтевой вены натощак. Кровь для исследования у легкоатлетов ЭГ и ГС забирали дважды: в начале исследования и спустя 21 день интенсивных тренировок, а у КГ – однократно. Спектрофотометрическими методами исследования в эритроцитах определяли: содержание глутатиона по Н.А. Костромитикову с соавт. [5]; активность ГПО и ГР – по С.Н. Власовой с соавт. [2]; содержание МДА – по методу С.Н. Селютиной с соавт. [7]. Содержание глутатиона выражали в ммоль/л эритроцитов. Активность ГПО и ГР – в МЕ/мл эритроцитов. Концентрацию МДА – в мкмоль/л эритроцитов.

В сыворотке крови исследовали содержание мочевой кислоты и мочевины. Для количественного определения концентрации мочевой кислоты в крови использовали стандартный набор реактивов “Hospitex Diagnostics” (Италия). Концентрацию мочевой кислоты измеряли в мкмоль/л. Для количественного определения мочевины использовали стандартный набор реагентов фирмы «Диакон-ДС» (Россия). Концентрацию мочевины измеряли в ммоль/л. Для проведения исследований использовали биохимический анализатор “Screen Master” (“Hospitex Diagnostics”, Италия).

Статистический анализ проводили с применением непараметрических методов посредством пакета “SPSS 13.0”. Для проверки нормального распределения полученных данных использовали критерий Колмогорова-Смирнова. Поскольку переменные не подчинялись нормальному распределению, использовали непараметрические критерии: *U*-критерий Манна-Уитни и Вилкоксона. Уровень значимости считался достаточным при значении $P < 0,05$. Результаты представлены как медиана (Ме), 25 и 75 перцентилей.

Результаты и их обсуждение

В проведенном исследовании установлено, что спустя 21 день после приема селена активность ГПО в эритроцитах спортсменов увеличивалась в 1,34 раза ($P < 0,01$). Очевидно, вследствие этого снижается расходование глутатиона в реакциях обезвреживания перекисных соединений и активных форм кислорода, о чем свидетельствовало более высокое – в 1,2 раза – содержание этого трипептида в эритроцитах спортсменов после курса коррекции селеном ($P < 0,01$).

Увеличение фонда восстановленного глутатиона можно объяснить также его повышенным генерированием в глутатионредуктазной реакции. Активность фермента ГР возрастает на фоне приема селена в 1,07 раза ($P > 0,05$). Повышение эффективности функционирования системы глутатиона в результате поступления селена способствует снижению интенсивности перекисного окисления липидов и сохранению целостности мембран эритроцитов, о чем свидетельствовало ограничение содержания в них МДА в 1,31 раза ($P = 0,04$).

Не исключено, что наблюдаемые у легкоатлетов метаболические перестройки становятся возможны благодаря ограничению под влиянием селена ксантиноксидазной реакции, что прослеживалось по снижению содержания в крови уровня мочевой кислоты в 1,05 раза ($P < 0,05$).

Результаты данного исследования позволяют утверждать, что у спортсменов, принимавших селен, благодаря повышению эффективности функционирования антиоксидантной системы улучшается протекание восстановительных процессов, это прослеживалось по снижению содержания в крови мочевины в 1,2 раза ($P = 0,03$; табл. 1).

Таблица 1

Биохимические показатели эритроцитов и крови легкоатлетов

Показатель	Контрольная группа (КГ)	Легкоатлеты			
		Принимавшие селен (ЭГ)		Группа сравнения (ГС)	
		До	После	До	После
<i>В эритроцитах</i>					
Глутатион (ммоль/л)	0,99 (0,96 ÷ 1,32)	0,81 (0,74 ÷ 0,83)**	0,97 (0,91 ÷ 1,00) ^^	0,88 (0,86 ÷ 0,91)**	0,80 (0,77 ÷ 0,87)**
Глутатионпероксидаза (МЕ/мл)	27,0 (25,2 ÷ 33,1)	23,9 (20,3 ÷ 28,4)*	32,0 (25,9 ÷ 36,6) ^^	25,2 (19,9 ÷ 32,8)	24,2 (21,3 ÷ 25,6)**
Глутатионредуктаза (МЕ/мл)	4,03 (3,65 ÷ 4,94)	3,61 (3,09 ÷ 4,02)*	3,87 (3,31 ÷ 4,77)	3,58 (2,56 ÷ 3,95)*	3,29 (2,63 ÷ 4,18)*
Малоновый диальдегид (мкмоль/л)	258 (228 ÷ 273)	363 (303 ÷ 389)*	277 (238 ÷ 344) ^	365 (288 ÷ 387)*	395 (295 ÷ 436)*
<i>В сыворотке крови</i>					
Мочевая кислота (мкмоль/л)	348 (329 ÷ 408)	398 (378 ÷ 463)*	378 (327 ÷ 415) ^	396 (372 ÷ 408)*	409 (346 ÷ 476)*
Мочевина (ммоль/л)	5,30 (4,60 ÷ 5,80)	6,35 (5,75 ÷ 6,98)*	5,30 (4,73 ÷ 6,25) ^	5,95 (5,53 ÷ 7,63)*	6,90 (5,58 ÷ 7,88)*

Примечание:

* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ по сравнению с контрольной группой;

^ – $p < 0,05$; ^^ – $p < 0,01$ по сравнению с группой легкоатлетов до приема селена.



Биохимические показатели содержания мочевины и мочевой кислоты у всех обследованных спортсменов не выходили за пределы референсных значений (мочевина: 2,5–8,3 ммоль/л; мочевая кислота: 150–480 мкмоль/л) [6].

По данным анкетирования, после курса приема селеносодержащей добавки спортсмены отмечали снижение утомляемости на тренировке, улучшение самочувствия, повышение работоспособности, они легче переносили тренировочные нагрузки (табл. 2).

Таблица 2

Результаты анкетирования спортсменов

Вопрос	Легкоатлеты			
	Принимавшие селен (%)		Группа сравнения (%)	
	До	После	До	После
Снижение работоспособности	66,7	41,7	58,3	75,0
Нежелание тренироваться	33,3	16,7	33,3	33,3
Повышенная утомляемость	83,3	41,7	75,0	83,3
Раздражительность	25,0	–	16,7	16,7
Чувство тревоги	8,3	–	16,7	16,7

Известно, что с возрастанием интенсивности физических нагрузок нарастает тяжесть гипоксии. В этих условиях возникает дефицит макроэргических соединений, тормозится реутилизация гипоксантина в пуриновые мононуклеотиды. Вследствие активации ксантиноксидазной реакции гипоксантин окисляется до ксантина и мочевой кислоты. В условиях проведенного исследования подтверждено, что интенсификация физических нагрузок усиливает катаболизм пуринов, вследствие этого увеличивается содержание мочевой кислоты в крови спортсменов групп ЭГ и ГС. Следствием повышения активности ксантиноксидазы, как известно, является чрезмерное генерирование АФК, что приводит к снижению эффективности антиоксидантной защиты. Развивающийся окислительный стресс может привести к нарушению сократимости мышц [10]. В условиях гипоксии, неизменно сопровождающей интенсивные физические нагрузки, возрастает интенсивность процессов перекисного окисления липидов, о котором можно судить по концентрации МДА.

У легкоатлетов групп ЭГ и ГС в первый день исследования концентрация МДА оказалась достоверно выше, чем у КГ. Очевидно, что система антиоксидантной защиты у спортсменов ЭГ и ГС оказалась неспособной нейтрализовать чрезмерно генерируемые активные кислородные метаболиты. Известно, что возникающий при интенсивных физических нагрузках окислительный стресс сопровождается снижением уровня глутатиона [1]. Именно глутатиону принадлежит доминирующая роль в защите клеток от окислительного стресса. В условиях проведенного исследования снижение активности антиоксидантной системы у интенсивно тренирующихся спортсменов подтверждается дефицитом глутатиона и ферментов его обмена – ГПО и ГР.

Торможение функциональной активности антиоксидантной системы способствует, по-видимому, неэффективному протеканию восстановительных процессов, о чем свидетельствует повышенный уровень мочевины у легкоатлетов групп ЭГ и ГС в первый день исследования.

Учитывая доказанный факт, что спортсмены нуждаются в большем количестве селена [12], а также, что данный микроэлемент является структурной единицей фермента антиперекисной защиты ГПО, участвующей в обезвреживании перекиси водорода и гидроперекисей липидов, предпринята попытка поддержания функциональной активности антиоксидантной системы легкоатлетов путем использования селеносодержащей добавки. Предполагалось, что это будет способствовать снижению интенсивности перекисного окисления липидов у интенсивно тренирующихся легкоатлетов.

Протекторная способность селена на метаболические процессы и антиоксидантную защиту при интенсивных физических нагрузках может быть обусловлена также участием этого микроэлемента в окислительно-восстановительных реакциях, участием в построении активных центров не только глутатионпероксидаз, но и других, необходимых для жизнедеятельности организма ферментов [13].

Проведенное исследование показывает, что после курса приема селеносодержащей добавки, концентрация мочевой кислоты в крови легкоатлетов уменьшается, что является следствием торможения ксантиноксидазной реакции и снижения катаболизма пуриновых мононуклеотидов. В эритроцитах спортсменов, принимавших селен, повышается активность фермента ГПО, что обусловлено сохранностью фонда глутатиона. Восполнению этого трипептида способствует, возможно, более эффективное восстановление глутатиондисульфида в глутатионредуктазной реакции, чему способствует некоторое повышение в эритроцитах легкоатлетов, принимавших селеносодержащую добавку, активности ГР. Повышение содержания глутатиона и активности ГПО после приема селена способствует уменьшению интенсивности перекисного окисления липидов, концентрация МДА в эритроцитах снижается. Не исключено, что именно повышение активности ГПО на фоне поступления добавки селена способствует более пластичной перестройке митохондрий, обуславливающей поддержание физиче-



ской работоспособности при спортивной тренировке. Учитывая то обстоятельство, что дефицит селена у интенсивно тренирующихся спортсменов может усилить

проявление окислительного стресса, особенно важным представляется необходимость включения этой добавки в ежедневный рацион питания спортсменов.

Заключение

Успехи в спортивной деятельности на сегодняшний день не представляются возможными без своевременной поддержки недопинговыми средствами коррекции. Установлено, что применение селена в контрольно-подготовительном мезоцикле тренировок в течение 21 дня интенсивных нагрузок в дозе 50 мкг один раз в сутки способствует повышению активности глутатионпероксида-

зы и сохранению фонда глутатиона, что приводит к ограничению интенсивности процессов перекисного окисления липидов, о чем свидетельствует снижение содержания малонового диальдегида в эритроцитах легкоатлетов. Увеличение на фоне приема селена содержания глутатиона и активности ферментов его обмена является фактором, повышающим функциональную готовность спортсменов.

Литература

1. Блинова, Т.В., Страхова, Л.А., Колесов, С.А. Влияние интенсивных физических нагрузок на биохимические показатели систем антиоксидантной защиты и оксида азота у спортсменов-пловцов // Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 10. – С. 860–865.
2. Власова, С.Н., Шабунина, Е.И., Переслегина, И.А. Активность глутатионзависимых ферментов эритроцитов при хронических заболеваниях печени у детей // Лабораторное дело. – 1990. – № 8. – С. 19–21.
3. Колесов, С.А., Рахманов, Р.С., Блинова, Т.В., Страхова, Л.А., Чумаков, Н.В., Пискарев, Ю.Г. Особенности функционирования системы глутатиона при физических нагрузках и влияние на нее алиментарных факторов // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – Т. 7. – № 2. – С. 39–45.
4. Корнякова, В.В., Бадтиева, В.А., Конвай, В.Д. Функциональная готовность спортсменов циклических видов спорта // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20. – № 1. – С. 128–134.
5. Костромитиков, Н.А. Определение глутатиона фотокolorиметрическим методом исследования / Н.А. Костромитиков, Е.А. Суменков // Вестник РАСХН. – 2005. – № 5. – С. 69–70.
6. Макарова, Г.А., Холякко, Ю.А. Лабораторные показатели в практике спортивного врача: Справочное руководство. – М.: Советский спорт, 2006. – 200 с.
7. Селютин, С.Н., Селютин, А.Ю., Паль А.И. Модификация определения концентрации ТБК-активных продуктов сыворотки крови // Клиническая лабораторная диагностика. – 2000. – № 2. – С. 8–10.
8. Тутельян, В.А., Самсонов, М.А., Казанов, Б.С., Батури, А.К., Шарафетдинов, Х.Х., Плотникова, О.А., Павлючкова, М.С. Картоотека блюд диетического (лечебного и профилактического) питания оптимизированного состава. Практическое руководство для врачей-диетологов, диетсестер, специалистов общественного питания. – М.: Национальная ассоциация клинического питания, 2008. – 448 с.
9. Fernández-Lázaro, D., Fernandez-Lazaro, C.I., Mielgo-Ayuso, J., Navascués, L.J., Córdova Martínez, A., Seco-Calvo, J. The Role of Selenium Mineral Trace Element in Exercise: Antioxidant Defense System, Muscle Performance, Hormone Response, and Athletic Performance. A Systematic Review // Nutrients. – 2020. – Vol. 12. – No. 6. – P. 1790.
10. He, F., Li, J., Liu, Z., Chuang, C.C., Yang W., Zuo, L. Redox Mechanism of Reactive Oxygen Species in Exercise // Front Physiol. – 2016. – Vol. 7. – No. 7. – P. 486.
11. Kerksick, C.M., Zuhl, M. Mechanisms of Oxidative Damage and Their Impact on Contracting Muscle. In: Lamprecht M., editor. Antioxidants in Sport Nutrition. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis; 2015. Chapter 1.
12. Maynar, M., Muñoz, D., Alves, J., Barrientos, G., Grijota, F.J., Robles, M.C., Llerena, F. Influence of an acute exercise until exhaustion on serum and urinary concentrations of molybdenum, selenium, and zinc in athletes // Biol. Trace Elem. Res. – 2018. – Vol. 186. – No. 2. – Pp. 361–369.
13. Savory, L.A., Kerr, C.J., Whiting, P., Finer, N., McEneaney, J., Ashton, T. Selenium supplementation and exercise: effect on oxidant stress in overweight adults // Obesity (Silver Spring). – 2012. – Vol. 20. – No. 4. – Pp. 794–801.
14. Zhang, J., Zhou, H., Li, H., Ying, Z., Liu, X. Research progress on separation of selenoproteins / Se-enriched peptides and their physiological activities // Food Funct. – 2021. – Vol. 12. – No. 4. – Pp. 1390–1401.
15. Zieliński, J., Kusy, K. Hypoxanthine: A Universal Metabolic Indicator of Training Status in Competitive Sports // Exerc. Sport Sci. Rev. – 2015. – Vol. 43. – No. 4. – Pp. 214–221.



References

1. Blinova, T.V., Strakhova, L.A. and Kolesov, S.A. (2019), The effect of intense physical exertion on the biochemical parameters of antioxidant protection systems and nitric oxide in swimming athletes, *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*, no. 1 (10), pp. 860–865.
2. Vlasova, S.N., Shabunina, E.I., and Pereslegina, I.A. (1990), Activity of glutathione-dependent erythrocyte enzymes in children with chronic liver diseases, *Laboratornoe Delo*, no. 8, pp. 19–22.
3. Kolesov, S., Rakhmanov, R., Blinova, T., Strakhova, L., Chumakov, N. and Piskarev, Yu. (2017), Glutathione system during physical loads and alimentary factor impact on it, *Sportivnaya medicina: nauka i praktika*, no. 7 (2), pp. 39–45.
4. Korniyakova, V.V., Badtieva, V.A. and Conway, V.D. (2020), The functional readiness of athletes from cyclic sports, *Chelovek. Sport. Medicina*, no. 20 (1), pp. 128–134.
5. Kostromitkov, N.A. and Sumenkov, E.A. (2005), Determination of glutathione by photolorimetric method, *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, no. 5, pp. 69–70.
6. Makarova, G.A. and Holyavko, Yu.A. (2006), *Laboratory indicators in the practice of a sports doctor: A reference guide*. Moscow: Sovetskiy sport, 200 p.
7. Selyutina, S.N., Selyutin, A.Yu. and Pal, A.I. (2000), Modification of the determination of the concentration of TBK-active products of blood serum, *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, no. 2, pp. 8–10.
8. Tutelyan V.A., Samsonov, M.A., Kaganov, B.S., Baturin, A.K., Sharafetdinov, H.H., Plotnikova, O.A. and Pavlyuchkova, M.S. (2008), *Card index of dietary (therapeutic and preventive) nutrition of optimized composition*. Moscow: National Association of Clinical Nutrition, 448 p.
9. Fernández-Lázaro, D., Fernandez-Lazaro, C.I., Mielgo-Ayuso, J., Navascués, L.J., Córdova Martínez A. and Seco-Calvo J. (2020), The Role of Selenium Mineral Trace Element in Exercise: Antioxidant Defense System, Muscle Performance, Hormone Response, and Athletic Performance. A Systematic Review, *Nutrients*, no. 12 (6), p. 1790.
10. He, F., Li, J., Liu, Z., Chuang C.C., Yang, W. and Zuo, L. (2016), Redox Mechanism of Reactive Oxygen Species in Exercise, *Front Physiol.*, no. 7 (7), p. 486.
11. Kerksick, C.M. and Zuhl, M. (2015), Mechanisms of Oxidative Damage and Their Impact on Contracting Muscle, In: *Lamprecht M., editor. Antioxidants in Sport Nutrition*, Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis, Chapter 1.
12. Maynar, M., Muñoz, D., Alves, J., Barrientos, G., Grijota, F.J., Robles, M.C. and Llerena, F. (2018), Influence of an acute exercise until exhaustion on serum and urinary concentrations of molybdenum, selenium, and zinc in athletes, *Biol. Trace Elem. Res.*, no. 186, pp. 361–369.
13. Savory, L.A., Kerr, C.J., Whiting, P., Finer, N., McEneaney, J. and Ashton, T. (2012), Selenium supplementation and exercise: effect on oxidant stress in overweight adults, *Obesity (Silver Spring)*, no. 20 (4), pp. 794–801.
14. Zhang, J., Zhou, H., Li, H., Ying, Z. and Liu, X. (2021), Research progress on separation of selenoproteins/Se-enriched peptides and their physiological activities, *Food Funct.*, no 12 (4), pp. 1390–1401.
15. Zielinski, J. and Kusy, K. (2015), Hypoxanthine: a Universal Metabolic Indicator of Training Status in Competitive Sports, *Exerc. Sport Sci. Rev.*, no. 43 (4), pp. 214–221.

