

# Роль тиоловых соединений в поддержании окислительного гомеостаза в процессе спортивной подготовки

Ирина Земцова, Людмила Станкевич

## АННОТАЦИЯ

**Цель.** Определить возможности использования тиоловых соединений в практике спорта как дополнительных факторов повышения физической работоспособности, ускорения процессов восстановления и сохранения здоровья спортсменов.

**Методы.** Анализ и обобщение данных научной литературы.

**Результаты.** Рассмотрены данные литературы по вопросу возможностей регуляции окислительного гомеостаза в процессе спортивной подготовки. Подчеркнута важная роль препаратов тиоловой природы в поддержании состояния антиоксидантной системы организма спортсменов, у которых может значительно уменьшаться количество тиоловых групп и истощаться функциональные возможности антиоксидантной системы при напряженной мышечной деятельности.

**Заключение.** Показано положительное влияние серосодержащих антиоксидантов на окислительный гомеостаз, который обеспечивает повышение адаптационных возможностей спортсменов разной специализации, интегральные характеристики и текущее функциональное состояние нервной системы, физическую работоспособность и процессы восстановления; эффективность коррекции интоксикации, обусловленной их профессиональной деятельностью.

**Ключевые слова:** антиоксидантная система, тиоловые соединения, здоровье, спорт.

## ABSTRACT

**Objective.** To determine possibilities of usage of thiolic compounds in sports practice as an additional factors for improvement of physical work capacity, acceleration of recovery processes and preservation of athletes' health.

**Methods.** Analysis and generalization of scientific literature data.

**Results.** Literary data on the issue of possible regulation of oxidative homeostasis in the process of athletic preparation have been considered. Important role of the preparations of thiolic nature in maintaining status of antioxidant system in athletes with possible significant decrease of the number of thiolic groups and exhaustion of functional capacities of antioxidant system during strenuous muscular activity has been accentuated.

**Conclusion.** Positive influence of sulphur-containing antioxidants on oxidative homeostasis providing the increase of adaptation in athletes of different specialization, integral characteristics and current functional state of nervous system, physical work capacity and recovery processes; efficiency of intoxication correction caused by their professional activity has been demonstrated.

**Key words:** antioxidant system, thiolic compounds, health, sport.

**Постановка проблемы.** Любой адаптивный или патологический процесс протекает на фоне стимуляции образования свободных радикалов и усиления свободнорадикального окисления биосубстратов. У свободных радикалов на внешней электронной оболочке имеется неспаренный (одиночный) электрон, что обеспечивает высокую реакционную их способность [1, 7]. Активные формы кислорода (АФК) могут вступать во взаимодействие между собой, а также способны инициировать быстрые цепные реакции окисления разных субстратов (жирных кислот, участков белковых комплексов). В случае чрезмерной активизации реакций свободно-радикального окисления возможна модификация мембранных липидов, структурно-функциональная перестройка клеточных структур, приводящая к уменьшению текучести мембран и мембранного потенциала, увеличению проницаемости мембран для ионов, в частности для  $Ca^{2+}$ , активирующего многие протеолитические и липолитические ферменты, что существенно нарушает функции клетки и может привести к ее гибели [8, 10].

В спортивной практике причинами активизации перекисного окисления липидов (ПОЛ) являются интенсивные физические нагрузки и состояние переутомления, приводящие к истощению возможностей собственной антиоксидантной системы (АОС) организма [3, 4].

В ответ на стимуляцию свободнорадикального окисления происходит активизация антиоксидантной системы клетки, которая представлена низкомолекулярными соединениями – ловушками радикалов, к которым относят витамины А, С, Е и К, биофлавоноиды, низкомолекулярные тиолы (глутатион и эрготионеин), а также антиперекисными ферментами (супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы, глутатионредуктазы, каталазы и др.) [23,25].

Многочисленные исследования свидетельствуют, что ведущую роль в функционировании АОС и в адаптивном процессе играют низкомолекулярные тиоловые соединения и высокомолекулярные (белки) [6, 34, 35].

Тиолсодержащие соединения – молекулы, имеющие в своем составе –SH-группы, – очень широко представлены в клетке в виде трипептида глутатиона и многочисленных белков. Эти соединения присутствуют в клетке в двух состояниях – восстановленном (–SH) и окисленном (–S–S–), причем концентрация –SH-групп в несколько раз выше концентрации –S–S-групп, так как большинство тиоловых белков обладают физиологической активностью в восстановленном состоянии, а глутатион является основным компонентом редокс-буферной системы клетки, поддерживающей в ней восстановительную среду [12, 20].

Тиоловые белки участвуют практически во всех ключевых биохимических процессах: в энергетическом и ионном обменах, проведении нервного импульса, мышечном сокращении, рецепции и т.д. Очевидно, что роль тиоловых соединений в жизнедеятельности клетки чрезвычайно важна и привлекает внимание исследователей уже давно.

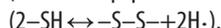
Еще в 1936 г. Г.Селье отметил снижение содержания глутатиона в крови животных в ответ на введение адренокортикотропного гормона (АКТГ) и предложил использовать это явление как тест на стрессорное воздействие. Позже было доказано, что эритроцитарное звено, содержащее преобладающее количество тиоловых групп в составе глутатиона, первым реагирует на повышение активности свободнорадикального окисления и исчерпывает свои компенсаторные возможности [25, 27].

В 1960-е годы было выполнено большое количество клинических исследований, которые показали, что разные заболевания вызывают одну и ту же реакцию – снижение концентрации –SH-групп в сыворотке крови больных, причем степень снижения их концентрации зависела от тяжести заболевания: чем тяжелее клинически выражено заболевание, тем ниже уровень –SH-групп в сыворотке крови.

Как показали многочисленные клинические и экспериментальные исследования, многие заболевания, такие как ишемическая болезнь сердца и сахарный диабет [16],

хронический гастродуоденит и язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки, поздние токсикозы беременных, ангина, дифтерия, инфекционный мононуклеоз, брюшной тиф, вирусный гепатит, черепно-мозговая травма [9, 25], а также неблагоприятные факторы окружающей среды (холод, эмоциональное напряжение, лазерное излучение, магнитное поле, физическая нагрузка, токсические вещества, аллергены, шум) приводят к синхронному изменению уровня восстановленных и окисленных тиоловых групп [1, 20, 21]. Повышение количества дисульфидных групп (–S–S–), превышающее удвоенное значение стандартной ошибки средней арифметической количества –SH-групп у практически здоровых людей, стали трактовать как окислительный стресс. Причем в большинстве случаев была обнаружена корреляция значений тиол-дисульфидной системы (ТДС) с тяжестью заболеваний или силой воздействия факторов внешней среды [19]. В результате было предложено рассматривать концентрацию –SH-групп как показатель адаптивных возможностей организма, однако эта гипотеза не объясняет механизм количественных их изменений.

В.В. Соколовский [1,18] выдвинул предположение, что, поскольку тиолы существуют в клетке в двух формах – восстановленной и окисленной, они представляют собой единую ТДС, а в неспецифической адаптивной реакции большое значение имеет взаимопревращение этих форм:



Были выявлены следующие закономерности функционирования этого звена АОС.

1. ТДС (как белковые, так и низкомолекулярные ее компоненты) реагирует на любое воздействие внутреннего или внешнего характера изменением своего окислительно-восстановительного состояния, которое можно характеризовать соотношением концентрации –SH и –S–S-групп (HS/SS), или тиол-дисульфидным соотношением ТДС.

2. Изменения редокс-равновесия в этой системе имеют разнонаправленный (фазовый) характер и зависят от силы и длительности действующего фактора. Это подтверждают следующие факты: характер изменения ТДС при длительном стрессорном воздействии повторяет так называемую кривую напряжения адаптации Г. Селье, а также является зеркальным отражением колебания интенсивности свободнорадикального окисления в разные фазы адаптации.

3. Чем больше исходная величина ТДС, т. е. чем больше буферная емкость этой системы, тем выше уровень резистентности организма.

Следует полагать, что изменение окислительно-восстановительного состояния ТДС и, соответственно, структурных и функциональных свойств белка влечет за собой изменение и тканевых физиологических параметров. Таким образом, изложенные факты свидетельствуют о том, что ТДС отражает общий молекулярный механизм повреждения клетки – окислительную модификацию белка и изменение его структуры и функций. Очевидно, что величина ТДС может служить объективным показателем ранних патологических и стрессорных изменений. На этом основании представляется актуаль-

ным проанализировать данные научной литературы по этой проблеме и наметить возможные пути коррекции состояния тиол-дисульфидного звена АОС в практике спортивной подготовки.

**Методы исследования:** анализ и обобщение данных научной литературы.

**Результаты исследования.** Данные научных исследований свидетельствуют, что с целью коррекции содержания –SH-групп в организме могут быть использованы как природные антиоксиданты, так и синтетические тиоловые препараты. Среди природных тиоловых антиоксидантов наибольшее распространение имеет глутатион.

**Глутатион** (L-γ-глутамил-L-цистеинил-глицин) является физиологическим трипептидом, состоящим из глутаминовой кислоты, цистеина и глицина (табл. 1). Он сосредоточен преимущественно в эритроцитах, где содержится преобладающее количество всех –SH-групп организма [19, 27].

Важная роль глутатиона в клетке определяется его антиоксидантными свойствами. Фактически трипептид в целом определяет редокс-статус внутриклеточной среды, играет важную роль в реакциях детоксикации, защищая клетки от токсического действия ксенобиотиков, внутриклеточных окислителей и окислителей окружающей среды (свободные радикалы, промежуточные соединения реактивного кислорода) и от радиации. Доклинические и клинические исследования продемонстрировали его защитную роль при патологических состояниях, которые вызывают повреждение клеток в случае интоксикации такими субстанциями, как

ТАБЛИЦА 1 – Характеристика аминокислот, входящих в состав глутатиона

Аминокислота	Формула	Характеристика
L-глицин	$C_2H_3NO_2$	Заменимая, присутствующая во всех клетках, но особенно высоко ее содержание в нейронах, где выполняет функции медиатора тормозного действия и улучшает метаболические процессы. Антистрессовое средство, обладающее одновременно ноотропным действием. Повышает умственную работоспособность и внимание, нормализует сон, улучшает настроение. Уменьшает психоэмоциональное напряжение, агрессивность, конфликтность, повышает социальную адаптацию. Уменьшает выраженность мозговых расстройств при ишемическом инсульте и черепно-мозговой травме; снижает токсическое действие лекарственных средств, угнетающих функцию ЦНС
L-глутаминовая кислота	$C_5H_9NO_4$	Заменимая, регулирует метаболические процессы в ЦНС; оказывает ноотропное, дезинтоксикационное, связывающее аммиак действие. Выполняет роль нейромедиатора с высокой метаболической активностью в головном мозге, стимулирует окислительно-восстановительные процессы, обмен белков, передачу возбуждения в синапсах ЦНС. Является одним из компонентов миофибрилл, участвует в синтезе других аминокислот, ацетилхолина, АТФ, мочевины, способствует перенесению и поддержанию необходимой концентрации $K^+$ в мозге, повышает устойчивость организма к гипоксии, нормализует обмен веществ
L-цистеин	$C_6H_{12}N_2O_3S_2$	Заменимая, синтезируется в организме из серина с участием метионина как источника серы, а также АТФ и витамина $B_6$ . Содержится в птице, свинине, яйцах, молочных продуктах, красном перце, луке, чесноке, брюссельской капусте и др. Зарегистрирован в качестве пищевой добавки E920 (L-цистин – E921). Один из самых мощных антиоксидантов и его действие усиливается при одновременном приеме витамина С и селена. Участвует в процессах переаминирования, обезвреживает некоторые токсические вещества и защищает организм от повреждающего действия радиации. Ускоряет выздоровление после операций, ожогов; связывает тяжелые металлы. Стимулирует «сжигание» жиров и образование мышечной ткани. Способствует более быстрому восстановлению и поддержанию хорошей физической формы у лиц, занимающихся спортом

этиловый спирт, парацетамол, салицилаты, фенобарбитал, трициклические антидепрессанты, органофосфорные инсектициды [28, 30, 31].

Глутатион имеет важное значение для иммунной системы, сохраняет мышечную массу, защищая клетки от катаболических процессов. Показано, что его прием в качестве добавки не увеличивает концентрацию эндогенного глутатиона, тогда как цистеин значительно повышает уровень этого трипептида в организме [14, 15, 21].

**Метионин** ( $\text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ) – незаменимая серосодержащая аминокислота, донатор подвижных метильных групп для синтеза холина, фосфолипидов. Участвует в синтезе адреналина, белков, в реакциях переметилирования, дезаминирования, декарбоксилирования, в обмене серосодержащих аминокислот, адреналина, креатинина, цианокобаламина, аскорбиновой и фолиевой кислот, гормонов, ферментов. Обладает дезинтоксикационным эффектом. Оказывает метаболическое, гепатопротекторное действие [8, 15].

Принадлежит к так называемым липотропным веществам, способным предупредить ожирение печени, регулирует и нормализует жировой обмен. Легко всасывается в кишечнике, с мочой выделяется в небольшом количестве. Содержится в ряде пищевых продуктов (табл.2). Суточная потребность составляет 2–4 г [13].

**Альфа-липовая кислота** в больших количествах содержится в почках, сердце, печени, шпинате, рисе и других продуктах и является условно незаменимой для человека. Организм способен синтезировать ее лишь в тех количествах, которые способны предотвратить ее дефицит.

Во-первых, она действует как антиоксидант, способна защитить клетки от перекисных повреждений, сократив риск развития заболеваний, связанных с агрессией радикалов, а также замедлить процессы старения. При совместном употреблении с витаминами E и C увеличивается их эффективность, а свойства как антиоксидантов усиливаются. Во-вторых, альфа-липовая кислота выполняет роль кофактора, участвующего в митохондриальном метаболизме. Увеличение ее количества способно повысить эффективность конвертации пирувата в ацетил-CoA и интенсивность аэробного метаболизма. В-третьих, альфа-липовая кислота может принести пользу людям, больным сахарным

ТАБЛИЦА 2 – Пищевые источники метионина [38]

№ п/п	Продукт	Содержание, г·кг <sup>-1</sup>
1	Яйцо, высушенный белок, порошок с пониженным содержанием глюкозы	3,204
2	Семя кунжута, мука (пониженное содержание жира)	1,656
3	Бразильский орех	1,008
4	Изолят соевого белка	0,814
5	Курица жареная	0,801
6	Тунец, консервированный в воде	0,755
7	Ростки пшеницы	0,456
8	Овес	0,312
9	Арахис	0,309
10	Нут	0,253
11	Кукуруза желтая	0,197
12	Миндаль	0,151
13	Фасоль пинто приготовленная	0,117
14	Чечевица приготовленная	0,077
15	Рис неочищенный, среднее зерно, приготовленный	0,052

диабетом, ее прием благотворно влияет на течение заболевания, ослабляя осложнения, связанные с агрессией радикалов. Кроме того, она ослабляет инсулинорезистентность, улучшая усвоение глюкозы клетками [1, 18, 32].

**Эрготионеин** (бетаин-2-меркаптогистидин) – соединение, входящее в состав эритроцитов; обнаружен также в печени и моче. Является растворимой в воде аминокислотой, воспроизводимой микробами в почве, а также часто встречающейся в грибах, молочных продуктах, мясе. Определенное его количество обнаружено в красных и черных бобах, овсяных отрубях, куриных почках и печени. Это мощный и высокоэффективный антиоксидант, который способствует сохранению и поддержанию уровней других антиоксидантов, таких как витамины E и C, глутатион, а также защищает митохондрии от повреждения, уменьшает вредное воздействие ультрафиолетового излучения, нейтрализует последствия оксидативного стресса, обладает противовоспалительным действием.

Особенностью этого антиоксиданта является способность накапливаться в организме и защищать его. Эрготионеин – один из немногих антиоксидантов (наряду с витаминами A, C, E), который был обнаружен в высоких концентрациях вокруг клеток, подверженных повреждению свободными

радикалами. Он распределяется в тканях организма и концентрируется в наиболее чувствительных к окислению зонах – печени, сетчатке глаза, костном мозге, семенной жидкости. Ученые выявили у него свойства цитопротектора. Этот антиоксидант способен проникать в митохондрии и ядро клетки, обеспечивая сохранность ДНК. Таким образом, интрамитохондриально эрготионеин проявляет себя как очень мощный антиоксидант, защищающий эту структуру от митохондриального старения [36, 37].

**L-Цистин** – аминокислота, продукт окислительной димеризации цистеина, в ходе которой две тиоловые группы цистеина образуют дисульфидную связь цистина. Содержит две аминогруппы и две карбоксильных группы и относится к двухосновным диаминокислотам.

Дисульфидные цистиновые мостики, образованные цистеиновыми остатками в ходе посттрансляционной модификации белков, играют очень важную роль в формировании и поддержании третичной структуры белков и пептидов и, соответственно, их биологической активности. Так, например, такие гормоны, как вазопрессин, окситоцин и соматостатин приобретают биологическую активность после образования внутримолекулярных дисульфидных мостиков, инсулин представляет собой две пептидные цепи, соединенные дисульфидными мостиками.

В организме цистеин и цистин легко превращаются друг в друга, поэтому их можно рассматривать как единую аминокислоту. Цистин может синтезироваться организмом из метионина, а также замещать метионин в пищевых белках; совместный прием обеих аминокислот усиливает липотропные свойства последнего, важен для синтеза трипептида глутатиона. Присутствует в птице, кисломолочных продуктах, овсе, зародышах пшеницы, яичном желтке, чесноке, луке и брокколи.

В практике [33,37] цистин используют для:

- нейтрализации свободных радикалов в печени;
- усиления антиоксидантного действия в сочетании с витамином E (эффект синергизма);
- роста волос и ногтей;
- ускорения восстановления после операций, ожогов;
- формирования вторичной структуры белков за счет образования дисульфидных

мостиков, например, при синтезе инсулина и ферментов пищеварительной системы;

- связывания тяжелых металлов (медь, кадмий и ртуть);
- укрепления соединительной ткани, вследствие чего повышенное потребление цистеина может быть рекомендовано при артрите;
- разрушения почечных камней в сочетании с витамином С (примерно 1:3);
- защиты от химических токсинов и для активизации очистительного процесса у курящих и людей, подвергающихся воздействию химикатов или загрязненного воздуха;
- предотвращения катаракты и рака и использования в программах по предотвращению старения организма;
- восстановления клеток печени.

**Таурин** ( $C_2H_7NO_3S$ ) – сульфокислота, синтезируемая в организме животных и человека из аминокислоты цистеина; играет существенную роль в процессе пищеварения и усвоения жиров и липидов. Один из основных компонентов желчи, в небольших количествах содержится в разных тканях животных и человека, в основном в мышцах. Важный антиоксидант, полезный для сердечной мышцы, образуемый из метионина, улучшает функцию желчного пузыря, пищеварению и выработке желчи в печени, способствует расщеплению холестерина и эффективному удалению его с желчью. Таурин – это ключевой компонент желчных кислот, играет важную роль в обеспечении оптимальной работы печени, необходим для выведения токсических химических веществ и продуктов обмена из организма [2, 37].

В центральной нервной системе выполняет функцию тормозящего нейромедиатора, способствует нормализации обменных процессов при заболеваниях глаз дистрофического характера. Обладает антиоксидантным, иммуномодуляторным, мочегонным действием, приводит в норму содержание магния, калия, цинка, натрия, регулирует водно-солевой баланс. Применяют при сердечно-сосудистой недостаточности, сахарном диабете первого и второго типа.

Дефицит таурина в клетках неблагоприятно сказывается на их состоянии. Так, потеря его сетчаткой наполовину ведет к необратимой слепоте, клетками сердца – к кардиомиопатии, белыми клетками крови – к нарушению взаимодействия их с эндотелием сосудов, к увеличению нежелательных воспалительных реакций, а также к измене-

нию иммунитета. Известно, что он влияет на жировой и углеводный обмен и роль этого вещества в метаболизме исключительная. Таурин не только не обладает токсическими эффектами, но и устраняет побочное действие многих препаратов и ксенобиотиков. Транспортная система, переносящая его в клетку любого органа, и выход из клетки никогда не приводят к перегрузке, т.е. избыточному содержанию этой сульфокислоты. Это подтверждают исследования непосредственно на добровольцах. В течение семи дней волонтеры (спортсмены) принимали таурин, что приводило к 13-кратному подъему концентрации его в плазме; содержание же в мышцах не изменялось ни в покое, ни при физических упражнениях [37].

Выход таурина из клеток мышц, сердца, печени и других тканей увеличивается при физических нагрузках, стрессе, радиооблучении, травме, хирургических операциях, ишемии. При этих воздействиях он покидает клетки внутренних органов и его концентрация в плазме и, соответственно, в моче возрастает, а затем начинает падать. Изменения его содержания в моче и плазме были оценены у бегунов, выступающих в Роттердаме на марафоне в 1998 г. сразу после соревнований и через 24 ч в период восстановления. Источником увеличения сульфокислоты в моче, как предполагают исследователи, были в основном мышцы. У тех бегунов, которые не восстанавливались после длительных нагрузок, регистрировали низкие концентрации ее в моче. Авторы предлагают оценивать процесс реабилитации по таурину как индикатору мышечного повреждения [12].

Таурин важен для регенерации тканей. Показано, что те мышцы, которые содержали малое его количество, обнаруживали низкую регенерационную способность. Продемонстрировано также протективное действие при физических нагрузках. Исследования проводили с участием молодых людей (18–20 лет), оценивали уровень окислительного стресса по продукции тиобарбитуровой кислоты и повреждению ДНК в белых клетках крови. Показано, что добавление таурина к питанию в течение семи дней не только уменьшало окислительное повреждение ДНК, но и увеличивало толерантность к физическим нагрузкам [6].

Указанная сульфокислота обладает антистрессорным действием. Было показано, что травма, являющаяся стрессовым воздействи-

ем, ведет к значительной потере таурина и в конечном итоге к падению его концентрации в плазме крови практически наполовину [2]. Данные свидетельствуют, что применение тауринсодержащего препарата Дибикор спортсменами с нарушениями ритма сердца после длительных стайерских нагрузок способствует нормализации ритма. У спортсменов с повышенной активностью симпатической нервной системы он может быть полезен в качестве антистрессорного препарата [37].

Таурин широко применяется в ходе спортивной деятельности для стимулирования организма, и прежде всего работы головного мозга, снятия усталости, улучшения концентрации и координации движений. Обладает способностью транспортировать глюкозу к мышечным клеткам, что дает возможность каждую последующую серию выполнить более качественно и с большим количеством повторений. Такой эффект может быть достигнут в видах спорта, где необходимо быстрое восстановление между отдельными частями тренировочных занятий или соревнований [12, 37].

В последние годы таурин стал обычным компонентом «энергетических напитков» и продуктов спортивного питания, используется как одна из диетических добавок к пищевым продуктам, а также к кормам для животных. Его часто вводят в состав комплексных лекарственных препаратов. Основным действующим веществом он является в препаратах Дибикор, Тауфон, Таутонус, Vita Taurine, Эрготекс, Орто таурин Эрго, японских каплях для глаз, таких как Sante FX NEO и др.

Наряду с природными антиоксидантами в клинической практике и в процессе фармакологического обеспечения спортивной подготовки нашли широкое распространение синтетические тиоловые антиоксиданты (табл. 3).

Позитивные результаты по использованию тиоловых соединений в клинической практике позволили сделать предположение о возможной их эффективности в процессе подготовки высококвалифицированных спортсменов. Как известно, одной из причин снижения их работоспособности является чрезмерное образование свободных радикалов, что особенно ярко проявляется в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости. В спортивной практике такими причинами могут быть чрезмерные физические нагрузки и состояние перетренированности, приводящие к истощению

ТАБЛИЦА 3 – Синтетические антиоксиданты тиоловой природы

Антиоксидант	Формула	Характеристика
Тиотриазолин	$C_9H_{16}N_4O_3S$	Угнетает пероксидное окисление липидов, активирует антиоксидантную систему в жизненно важных органах, в том числе в ишемизированных участках миокарда, анаэробный гликолиз, уменьшает угнетение процессов окисления в цикле Кребса. У препарата выражено кардио-, гепато-, нейропротекторное действие, мембраностабилизирующий, противоишемический, иммуномодулирующий эффекты. Предупреждает повреждение и гибель гепатоцитов, снижает степень жировой инфильтрации печени, распространенность некроза ее клеток, активирует процессы репарации гепатоцитов и нормализует в них белковый, углеводный, липидный обмен. Снижает чувствительность миокарда к катехоламинам, препятствует прогрессированию угнетения сократительной активности сердца, стабилизирует и уменьшает размеры зоны некроза и ишемии миокарда, улучшает реологические свойства крови за счет активации фибринолитической системы
Унитиол (димеркаптопропансульфонат натрия моногидрат)	$C_3H_7O_3S_3$	Комплексообразующее средство, оказывающее дезинтоксикационное действие. Активные сульфгидрильные группы, взаимодействуя с тиоловыми ядами (соединения мышьяка, соли тяжелых металлов) и образуя с ними нетоксичные водорастворимые соединения, восстанавливают функции пораженных ферментных систем организма. Увеличивает выведение некоторых катионов (особенно меди и цинка) из металлосодержащих ферментов клеток. Антиоксидантное действие проявляется благодаря тиоловым группам, которые вступают в реакции окисления и тем самым предохраняют тиоловые группы других биологически активных веществ и, в частности, глутатиона [35]
N-ацетилцистеин	$CH_3-CO-NH-CHSH-COOH$	Производное аминокислоты цистеина, в котором ацетильная группа связана с атомом азота. Обладает не только отхаркивающим, пневмопротекторным, кардиопротекторным, дезинтоксикационным действием, но также является мощным антиоксидантом с анаболическим эффектом. В спортивной сфере тестировался в основном на атлетах тех видов спорта, где требуется повышенная выносливость. Восемь мужчин принимали N-ацетилцистеин или плацебо в процессе 45-минутной работы на велотренажере с высокой степенью интенсивности, имитирующей гонку. Препарат улучшил спортивные показатели на 26%. Пока еще рано говорить о том, станет ли N-ацетилцистеин по-настоящему эффективной добавкой, но он заслуживает внимания, поскольку ацетилцистеин является предшественником для производства мощного антиоксиданта – глутатиона, который инактивирует свободные радикалы и улучшает иммунные характеристики спортсменов. Показано, что прием $150 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ N-ацетилцистеина (путем инъекций) перед повторяющимися пиковыми сокращениями мышц голени не влияет на энергетическую мощность в состоянии покоя, но на 15% повышает по сравнению с контрольной группой, что говорит о противоопухотворительном действии вещества. Результат был получен посредством низких электрических импульсов (10 Гц), которыми воздействовали на испытуемых в состоянии утомления. В результате интервального спринт-теста было отмечено благоприятное действие N-ацетилцистеина, но не выявлено никакого эффекта до и после упражнений при изокINETической динамометрии
Димефосфон (Диметилкобобутилфосфонилдиметилат)	$C_8H_{17}PO_4$	Проявляет антиоксидантные свойства, снижает интенсивность перекисного окисления липидов, повышает про-тивоокислительный потенциал тромбоцитов и уменьшает содержание в них продуктов перекисного окисления липидов. Нормализует кислотно-основное состояние за счет активации метаболических механизмов его регуляции (особенно почечного и легочного), усиления внутриорганного кровотока и тканевого метаболизма. Обладает ноотропным, антидепрессивным, противоотечным, противоишемическим и стресспротекторным эффектом. Улучшает мозговое кровообращение, венозный отток, нормализует тонус церебральных сосудов и кровенаполнение мозга. Нейротропная активность и церебропротекторные свойства обусловлены нормализацией углеводного и энергетического обменов, предотвращением активации перекисного окисления липидов, повышением активности антиоксидантных ферментов в ткани мозга. При местном применении оказывает антисептическое действие, повышает защитные функции кожи и слизистых оболочек. Повышает активность антиоксидантной системы крови и, в частности, окислительно-восстановительной системы глутатиона путем противодействия окислению его тиоловой группы. Оказывает выраженное иммуномодулирующее влияние
Тиоредоксин (Trx)		Белок, сильнейший антиоксидант, защищает мембраны клеток от свободнорадикального стресса. Встречается почти во всех известных организмах и имеет важное значение для жизни млекопитающих. Многофункциональный, обладает противовоспалительным, антиапоптотическим, а также антиоксидантным эффектами. Модулирует выработку меланина, повышает митотическую активность клеток. Может быть использован в терапии заболеваний сердца и кроме того, его уровень в сыворотке является биомаркером различных заболеваний с участием окислительного стресса, включая заболевания сердца. Trx-1 человека оказывает защитное действие при аритмии, поддерживает функцию легких. Повышенный уровень Trx-1 выявляется при многих злокачественных патологиях и ассоциирован с агрессивным опухолевым ростом
Димеркаптоянтарная кислота (сукцимер)	$COOH-CHSH-CHSH-COOH$	Димеркаптоянтарная кислота содержит две рядом расположенные SH-группы, что приводит при их взаимодействии с тиоловыми ядами (соединения ртути и мышьяка, некоторые лекарственные препараты) к образованию нетоксичного комплекса. Предварительное введение ее при использовании смертельных доз мышьяковых ядов позволяло выжить до 100 % животных. Имеет большой спектр терапевтического действия и лишена какого-либо нежелательного побочного действия. Как положительное свойство следует отметить, что она включает активный метаболит – янтарную кислоту, активирующую ряд ферментных процессов при интоксикации тиоловыми ядами

собственной антиоксидантной системы организма [3, 5].

Свободные радикалы в виде гидропероксидов ненасыщенных жирных кислот оказывают токсическое действие на биологические мембраны, нарушая их функциональное состояние. Это приводит к нарушению энергетического метаболизма и проницаемости мембран работающих мышечных клеток и, опосредованно, к снижению физической работоспособности, что

требует фармакологической коррекции с помощью антиоксидантов [5, 8, 21, 24].

Учитывая токсичность большинства продуктов ПОЛ, отрицательное влияние свободных радикалов на функциональное состояние организма спортсменов и их здоровье, использование тиоловых антиоксидантов преследует основные задачи: повысить физическую работоспособность и ускорить процессы восстановления, а также сохранить здоровье.

Показанием к назначению антиоксидантов при спортивной подготовке является их обязательное включение в комплекс мероприятий в подготовительный и соревновательный периоды, когда особенно активизируются свободнорадикальные процессы. Они дифференцированно восстанавливают (пополняют) пул основных антиоксидантных веществ в организме, которые интенсивно расходуются при повышенных нагрузках [17, 20, 23].

Исходя из данных научной литературы по использованию антиоксидантов в клинической практике, одними из перспективных для процесса поддержки тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов могут быть средства тиоловой природы. Биологически активные серосодержащие соединения, такие как глутатион, цистеин, метионин, липоевая кислота и другие играют важную роль в физиологических и биохимических процессах в организме человека и животных. Особую роль тиоловым соединениям отводят при рассмотрении их в качестве компонентов неферментативного звена антиоксидантной защитной системы организма наряду с мочевиной и аскорбиновой кислотами, различными формами токоферола. Присутствующие в организме тиоловые, а также экзогенные соединения, используемые в виде метаболических комплексов в качестве средств коррекции состояния антиоксидантной системы организма, подвергаются действию активных кислородных радикалов, что предохраняет от их действия функциональные группы биологических молекул и клеточных мембран и благоприятно влияет на проявление физической работоспособности и процессы восстановления у спортсменов [5, 21, 22].

В силу небольшого практического опыта в области применения тиоловых антиоксидантов они еще не «набрали обороты» на рынке спортивных фармакологических средств и диетических добавок. Тем не менее имеется ряд исследований, связанных с использованием тиоловых соединений в практике спортивной подготовки. Особую актуальность они приобретают в качестве средств профилактики повышенного накопления продуктов эндогенной интоксикации и разработки рациональных схем их применения, которые бы не снижали тренирующее влияние физических нагрузок и не препятствовали развитию позитивных адаптационных реакций. Исследования по оценке эффективности указанных средств должны быть комплексными, т. е. состоять не только из определения клинико-лабораторных показателей в динамике тренировочного процесса, но и включать в обязательном порядке педагогическую часть (осуществление спортивного тестирования для оценки работоспособности).

Согласно ранее полученным данным [10, 21, 24, 29, 32], применение низкомолекулярных тиоловых соединений перед

значительными физическими нагрузками может предотвратить окисление эндогенных сульфгидрильных групп ферментов и белков, т.е. предотвращать или замедлять снижение работоспособности, расширяя резервные функциональные возможности организма спортсменов.

В настоящее время особую актуальность приобретает проблема коррекции эндогенной интоксикации, развивающейся вследствие профессиональной деятельности спортсменов. Так, Руммо и соавт. [26] провели исследование по оценке эффективности коррекции интоксикации, обусловленной профессиональной деятельностью спортсменов, с помощью одного из препаратов глутатиона (ТАД 600). Пловцы основной группы (девять человек) в отличие от контрольной получали в качестве фармакологической поддержки препарат ТАД 600, содержащий 600 мг глутатионнатриевой соли, внутримышечно после тренировочных занятий ежедневно в течение 14 дней. Установлено, что спортсмены, получавшие указанный препарат, имели более низкий уровень холестерина и высокие показатели содержания гемоглобина в крови. Отмечена разница в содержании мочевины на второй неделе исследований: у спортсменов основной группы они были более низкими, что свидетельствует об активации процессов восстановления под действием используемого препарата.

На основании полученных данных сделано заключение, что использование глутатионнатриевой соли в комплексной поддержке спортсменов в процессе тренировочных занятий способствует снижению уровня холестерина в крови, улучшает кислородобеспечивающие возможности, повышает выносливость и уровень восстановления, начиная со второй недели приема. Анализ изменения индивидуальных показателей скорости плавания и уровня лактата при выполнении нагрузки анаэробного характера в динамике тренировочного сбора позволяет судить о повышении эффективности энергообеспечения и специальной работоспособности под действием препарата глутатиона ТАД 600.

У юных спортсменов, когда велика вероятность срыва адаптации, могут быть применены антиоксидантные препараты, позволяющие восстановить дисбаланс между интенсивностью свободнорадикального окисления липидов и возможностью антиоксидантной защиты организма [11, 17]. Среди таких препаратов показал свою эффектив-

ность Элтацин, содержащий три заменимых аминокислоты: L-глутаминовую, глицин и L-цистин, который обладает окислительно-восстановительным, энергообразующим и антиоксидантным действием. Благодаря этому Элтацин нормализует окислительно-восстановительные процессы и использование кислорода в тканях посредством антиоксидантного и антигипоксанта действия, способствуя повышению сократительной способности миокарда и толерантности к физическим нагрузкам.

Элтацин назначали по одной таблетке три раза в сутки под язык в течение трех недель. Препарат оказал положительное воздействие на психоэмоциональное состояние юных спортсменов, способствуя позитивным результатам динамики уровня тревоги. Анализ простой зрительно-моторной реакции до и после коррекции препаратом позволил выявить достоверное положительное его действие на интегральные характеристики и текущее функциональное состояние нервной системы обследуемых. Нормализация психоэмоционального состояния также сопровождалась ростом толерантности к физической нагрузке. При повторном проведении велоэргометрической пробы PWC-170 после трехнедельного курса приема Элтацина выявлено повышение аэробного индекса и уменьшение показателей частоты сердечного сокращения (ЧСС) и артериального давления (АД) до проведения пробы и на пике нагрузки. Показатели ЧСС и АД практически возвращались к исходным в течение 3 мин, что свидетельствовало о повышении адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке под влиянием препарата. Результаты свидетельствуют, что использование не только самого глутатиона, но и его предшественников также может быть эффективным средством коррекции состояния АОС.

Первые экспериментальные исследования отечественных ученых по использованию тиоловых соединений в спортивной практике были выполнены на экспериментальных животных [3, 10, 21, 22, 24]. Они показали свою эффективность в стимуляции физической работоспособности лабораторных животных, тренированных на выносливость. Последующие исследования были связаны с использованием серосодержащих соединений (липоевой кислоты, цистеина, метионина, N-ацетилцистеина и др.) в процессе спортивной подготовки спортсменов

разных специализаций: легкоатлетов [21, 24], представителей академической гребли [3, 10], триатлона [22], дзюдо [8, 15]. Учитывая противоречивость данных об эффективности использования трипептида глутатиона, проведены исследования, связанные с применением тиоловых антиоксидантов в составе комплексов аминокислот, а также аминокислот – предшественников глутатиона. Обнаружена специфичность их влияния на отдельные стороны двигательной деятельности спортсменов – представителей спортивных единоборств [8, 14].

Анализ многочисленных данных зарубежных и отечественных научных исследований по вопросу использования антиоксидантов тиоловой природы с целью

коррекции окислительного гомеостаза в клинической и спортивной практике открывает перспективы для дальнейших разработок по активному их использованию в качестве дополнительных (внутриклеточных) средств стимуляции специальной работоспособности, ускорения процессов восстановления и сохранения здоровья спортсменов.

**Выводы**

Тиоловые антиоксиданты – соединения, содержащие –SH-группы, способные к окислению и восстановлению, формирующие редокс-буферную среду организма, активно участвующую в процессах адаптации к разным стрессовым воздействиям.

Показано положительное влияние серосодержащих антиоксидантов на окисли-

тельный гомеостаз, который обеспечивает повышение адаптационных возможностей спортсменов разной специализации, функциональное состояние нервной системы, физическую работоспособность и процессы восстановления; эффективность коррекции интоксикации, обусловленной профессиональной деятельностью спортсменов.

Результаты использования тиоловых антиоксидантов в спортивной практике свидетельствуют о перспективности их использования как незаменимых фармакологических средств повышения физической работоспособности и сохранения здоровья спортсменов разных специализаций, связанных с проявлением выносливости.

■ Литература

1. Антиоксиданты и адаптация / [под ред. В.В. Соколовского]. – Л., 1984. – 62 с.
2. Арлыт А.В. Влияние дибикора и таурина на мозговой кровоток в постischemическом периоде / А.В. Арлыт, А.А. Молчанов, К.Х. Саркисян и др. // Фармация. – 2009. – №1. – С.45–47.
3. Богачева Л. Роль тиол-дисульфідної ланки антиоксидантної системи в адаптації організму до напруженої м'язової діяльності / Л. Богачева // Теорія і методика фіз. виховання і спорту. – 2000. – № 2–3. – С. 36–39.
4. Вдовенко Н.В. Порушення метаболізму за умов активації перекисного окиснення ліпідів під час м'язової діяльності / Н.В. Вдовенко, Г.А. Осипенко // Акт. пробл. фіз. культури і спорту. – 2012. – № 24. – С. 49–52.
5. Волков Н.И. Эргогенные эффекты спортивного питания: научно-метод. рек. для тренеров и спорт. врачей / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Сов. спорт, 2012. – 100 с.
6. Гончарова Л.Л. Тиол-дисульфидная система в клинической практике / Л.Л. Гончарова. / TERRA MEDICA nova. – 2003. – Вып. 2. – С. 2–11.
7. Дубинина Е.Е. . Окислительная модификация белков /Е.Е. Дубинина, И.В. Шугалей // Успехи совр. биол. – 1993. – № 113. – С. 71–81.
8. Земцова И.И. Использование метаболических комплексов в процессе подготовки спортсменов высокой квалификации/ И.И. Земцова, З.А. Мусаханов //Наука в олимп. спорте. – 2013. – №2. – С. 53–56.
9. Калинина Е.В. Современные представления об антиоксидантной роли глутатиона и глутатионзависимых ферментов. / Е. В. Калина, Н.Н. Чернов, Р. Алеид и др. //Вестн. Рос. АМН. – 2010. – №3. – С.56–64.
10. Коваль И. Влияние комплекса металлов-кофакторов супероксиддисмутазы «Метасод» на некоторые показатели антиоксидантного статуса и физической работоспособности спортсменов /И. Коваль // Спорт. медицина. – 2003. – № 1. С. 108–111.
11. Корнеева И.Т. Применение препарата «Элтацин» у юных спортсменов /И.Т. Корнеева, С.Д. Поляков, В.Л. Гоготова // Журн. Рос. ассоциации по спорт. мед. и реаб. больных и инвалидов. – 2009. – №4 (31). – С. 194 – 195.
12. Куянцева А.М. Фармакологическая активность некоторых биологически активных веществ природного и синтетического происхождения / А.М. Куянцева, В.С. Давыдов, Т.А. Лысенко и др. // Рос. нац. конгр. «Человек и лекарство». – М., 2008. – 581 с.
13. Макарова Г.А. Медицинское обеспечение детского и юношеского спорта: краткий клинико-фармакологический справочник / Г.А. Макарова, Л.А. Никулин, В.А. Шашель. – М.: Сов. спорт, 2009. – 272 с.
14. Мусаханов З.А. Використання тиолових сполук для корекції спеціальної працездатності спортсменів / З.А. Мусаханов //Спорт. вісн. Придніпров'я. – 2011. – № 3. – С. 33–36.
15. Мусаханов З.А. Підвищення спеціальної працездатності у дзюдоїстів високої кваліфікації шляхом використання сірковмісних комплексів амінокислот / З.А. Мусаханов, І.І. Земцова //Теорія і методика фіз. виховання і спорту. – 2014. – № 3. – С. 55–59.
16. Мкртумян А.М. Дибикор – эффективное и безопасное средство для лечения сахарного диабета / А.М. Мкртумян, С.В. Подачина, В.В. Петраченко // Эффективная фармакотерапия в эндокринологии. – 2008. – №2. – С. 34–39.

■ References

1. Antioxidants and adaptation / [edited by. V.V. Sokolovsky]. – Leningrad, 1984. – 62 p.
2. Arlt A.V. Influence of dibicore and taurine on cerebral circulation during postischemic period / A.V. Arlt, A.A. Molchanov, K.K. Sarkisyan et al. // Farmatsia. – 2009. – №1. – P. 45–47.
3. Bogacheva L. Role of SH-SS chain of antioxidant system in body adaptation to strenuous muscular activity / L. Bogachova // Teoria i metodyka fizykhovannia i sportu. – 2000. – № 2–3. – P. 36–39.
4. Vdovenko N.V. Metabolism disturbance during activation of lipid oxidation during muscular activity / N.V. Vdovenko, G.A. Osypenko // Aktualni problem fizykury i sportu. – 2012. – № 24. – P. 49–52.
5. Volkov N.I. Ergogenic effects of sports nutrition: scientific-methodical recommendations for coaches and sports physicians / N.I.Volkov, V.I. Oleynikov. – Moscow: Sov. sport, 2012. – 100 p.
6. Goncharova L. L. SH-SS system in clinical practice / L. L. Goncharova / TERRA MEDICA nova. – 2003. – Iss. 2. – P. 2–11.
7. Dubinina E.E. . Protein oxidative modification /E.E. Dubinina, I.V. Shugaley // Uspekhi sovremennoy biologiyi. – 1993. – № 113. – P. 71–81.
8. Zemtsova I.I. Usage of metabolic complexes during highly skilled athlete preparation/ I.I. Zemtsova, Z.A. Musakhanov // Nauka v olimp. sporte. – 2013. – № 2. – P. 53–56.
9. Kalinina E.V. Modern notions about antioxidant role of glutathione and glutathione-dependent enzymes. / E. V. Kalina, N.N. Chernov, P. Aland et al. //Vestnik Rosiyskoy AMS. – 2010. – № 3. – P. 56–64.
10. Koval I. Influence of complex of metals-cofactors of superoxidismuthase «Methasod» on some indices of antioxidant status and physical work capacity of athletes /I. Koval // Sportivnaya meditsina. – 2003. – № 1. P. 108–111.
11. Korneyeva I.T. Application of «Altacin» preparation by young athletes /I.T. Korneyeva, S.D. Polyakov, V.L. Gogotova // Zhurnal Rosiyskoy assotsiatsiyi po sport. And rehabilitation of patients and invalids.– 2009. – №4 (31). – P. 194 – 195.
12. Kuyantseva A.M. Pharmacological activity of some biologically active substances of natural and synthetic origins / A.M. Kuyantseva, V.S. Davydov, T.A. Lysenko et al. // Rus. nation. congress «Human and drugs». – М., 2008. – 581 p.
13. Makarova G.A. Medical provision of children and youth sport: brief clinic-pharmacological guide / G.A. Makarova, L.A. Nikulin, V.A. Shashel. – М.: Sov. sport, 2009. – 272 p.
14. Musakhanov Z.A. Thiol compounds usage for correcting athlete special work capacity / Z.A. Musakhanov //Sportyvnyi visnyk Prydniprovia. – 2011. – № 3. – P. 33–36.
15. Musakhanov Z.A. Improvement of special work capacity of highly skilled judokas by means of using sulphur-containing complexes of aminoacids / Z.A. Musakhanov, I.I. Zemtsova // Teoria i metodyka fizykhovannia i sportu. – 2014. – № 3. – P. 55–59.
16. Mkrumyan A.M. Dibicor – efficient and safe means for diabetes mellitus treatment / A.M. Mkrumyan, S.V. Podachina, V.V. Petrachenko // Effektivnaya farmakologiya v endokriologii. – 2008. – №2. – P. 34–39.

17. Нарциссов Я.Р. Некоторые аспекты применения элтацина у юных спортсменов / Я. Р. Нарциссов, И.Т.Корнеева, С.Д.Поляков, Л. Н. Максимова // *J. of Physical Therapy Science*. – 2011. – № 4, Vol. 23. – P. 539–541.
18. Соколовский В.В. Тиоловые антиоксиданты в молекулярных механизмах неспецифической реакции организма на экстремальное воздействие / В.В. Соколовский // *Вопр. мед. химии*. 1988. – № 34 (6). – С. 2–11.
19. Соколовский В.В. Тиол-дисульфидное соотношение крови как показатель состояния неспецифической резистентности организма: учеб. пособие / В.В. Соколовский. – СПб., 1996. – 30 с.
20. Соколовский В.В. Тиоловые соединения и ацетилхолинэстераза эритроцитов при экспериментальном иммобилизационном стрессе / В.В. Соколовский, Л.Л. Гончарова, Л.А. Покровская, Е.В. Търнова // *Международ. мед. обзоры*. – 1993. – № 3. – С. 194–196.
21. Смудский В.Л. Динамика содержания тиоловых групп в крови животных и человека при мышечной деятельности / В.Л. Смудский // *Всероссийск. науч. конф. «Функциональные резервы и адаптация»*. – К., 1990. – С. 204, 205.
22. Станкевич Л.Г. Повышение эффективности тренировочной деятельности спортсменов с помощью использования комплекса антиоксидантов: дис. ... канд. наук по физ. воспитанию и спорту: 24.00.01 / Л.Г.Станкевич. – К., 2007. – 199 с.
23. Тиоловые соединения в биохимических механизмах патологических процессов / [под ред. В.В. Соколовского]. – Л., 1979. – 88 с.
24. Ткаченко Н.В. Эффективность применения липоевой кислоты с учетом моделирующего влияния мочевины на состояние антиоксидантной системы для повышения физической работоспособности спортсменов, специализирующихся в видах спорта, требующих проявления выносливости / Н.В. Ткаченко // *Наука в олимп. спорте*. – 1999. – № 2. – С. 97–102.
25. Тугушева Ф.А. Антиоксидантный коэффициент эритроцитов / Ф.А. Тугушева // *Вопр. мед. химии*. – 1993. – Т.39. – №3. – С. 18– 21.
26. Руммо Д.В. Профилактика интоксикации, обусловленной профессиональной деятельностью спортсменов, с помощью препарата глутатиона / Д.В. Руммо, А.Г. Пономарева, В.Н. Морозов и др. // *Вестн. спорт. науки*. – 2012. – №1. – С. 38–40.
27. Флюктуации состояния биохимических систем / [под ред. В.В. Соколовского]. – Л., 1986. – 75 с.
28. Aguiló P. Glutathione and Glutathione Ethyl Ester Supplementation of Mice Alter Glutathione Homeostasis during Exercise / P. Aguiló, I. Tauler, E. Gimeno, A. Fuentespina // 2000. – Vol. 11, №1-2. – P. 27-30.
29. Dean O. N-acetylcysteine in psychiatry: current therapeutic evidence and potential mechanisms of action / O. Dean, F. Giorlando, M. Berk // *J Psychiatry Neurosci*. – 2011.
30. Kasperczyk S. The administration of N-acetylcysteine reduces oxidative stress and regulates glutathione metabolism in the blood cells of workers exposed to lead. / S. Kasperczyk // *Clin Toxicol (Phila)*. – 2013.
31. Leeuwenburgh C. CONTROL WHEY SOY PLASMA MYELOPEROXIDASE ACTIVITY / C. Leeuwenburgh // *University of Wisconsin-Madison, WI 53706, USA*. – J. Nutrition. – 1996, 126(7). – P. 1833-1843.
32. Petersen Shay K. Is alpha-lipoic acid a scavenger of reactive oxygen species in vivo? Evidence for its initiation of stress signaling pathways that promote endogenous antioxidant capacity / Shay K. Petersen, RF. Moreau, EJ. Smith, TM. Hagen // *IUBMB Life*. – 2008. – № 60(6):362-7. Review. PMID: 18409172.
33. Sanchari Sinha. Antioxidant and redox status after maximal aerobic exercise at high altitude in acclimatized lowlanders and native highlanders / S. Sanchari, U.S Ray, M. Saha et al. // *Eur.J. Appl. Physiol*, 2009. – P. 807-814.
34. Gunsoo Han. Endurance Exercise Reduces Oxidative Stress in Mice / Han Gunsoo, Cho Byungjun, Tae Young Moon // *Journal of Physical Therapy* Vol. 23 (2011) № 4. – P. 539–541.
35. Zinellu A. Effect of acute exercise on low molecular weight thiols in plasma / A. Zinellu, S. Sotgia, M. A Caria // *Tangianu Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2007. – Vol. 17, – P. 452–456.
36. [dieta.ru/diet/taurin-tabletki.html](http://dieta.ru/diet/taurin-tabletki.html)
37. [www.gimon.ru/aminokisloty/taurin](http://www.gimon.ru/aminokisloty/taurin)
38. [WWW.sport – diet.com.ua/sportivnoe – pitanie – p 1147. html](http://WWW.sport – diet.com.ua/sportivnoe – pitanie – p 1147. html)
17. Nartsisov Y.R. Some aspects of altacin usage in young athletes / Y.R. Nartsisov, I.T.Korneyeva, S.D.Polyakov, L. N. Maksimova // *J. of Physical Therapy Science*. – 2011. – № 4, Vol. 23. – P. 539–541.
18. Sokolovsky V.V. Thiol antioxidants in molecular mechanisms of body non-specific responses to extreme impacts / V.V. Sokolovsky // *Voprosy meditsinskoj khimii*. 1988. – № 34 (6). – P. 2–11.
19. Sokolovsky V.V. Thiol-disulphide blood ratio as an index of the state of body resistance non-specificity: teaching guide / V.V. Sokolovsky. – Saint Petersburg, 1996. – 30 p.
20. Sokolovsky V.V. Thiol compounds and acetyl cholinesterase of erythrocytes during experimental immobilization stress / V.V. Sokolovsky, L.L. Goncharova, L.A. Pokrovskaya, E.V. Tyrnova // *Mezhdunarodnyye meditsinskiye obzory*. – 1993. – № 3. – P. 194 – 196.
21. Smulsky V.L. Dynamics of the human and animal blood content of thiol groups during muscle activity / V.L. Smulsky // *All-Union scientific conference «Functional reserves and adaptation»*. – Kiev, 1990. – P. 204, 205.
22. Stankevich L.G. Efficiency improvement of athlete training activity by means of using antioxidant complex: dissertation of Ph.D. in Physical Education and Sport: 24.00.01 / L.G.Stankevich. – Kiev, 2007. – 199 p.
23. Thiol compounds in biochemical mechanisms of pathologic processes / [edited by V.V. Sokolovsky]. – Leningrad, 1979. – 88 p.
24. Tkachenko N.V. Efficiency of lipoic acid usage with account for modeling urea influence on the status of antioxidant system for enhancing physical work capacity of athletes specialized in endurance sports events / N.V. Tkachenko // *Nauka v olimpijskom sporte*. – 1999. – № 2. – P. 97–102.
25. Tugusheva F.A. Erythrocyte antioxidant coefficient / F.A. Tugusheva // *Voprosy meditsinskoj khimiji*. – 1993. – V.39. – №3. – P. 18– 21.
26. Rummo D.V. Prevention of intoxications caused by professional activity of female athletes by means of glutathione / D.V. Rummo, A.G. Ponomareva, V.N. Morozov et al. // *Vestnik sportivnoy nauki*. – 2012. – №1. – P. 38–40.
27. Fluctuations of biochemical system status / [edited by V.V. Sokolovsky]. – Leningrad, 1986. – 75 p.
28. Aguiló P. Glutathione and Glutathione Ethyl Ester Supplementation of Mice Alter Glutathione Homeostasis during Exercise / P. Aguiló, I. Tauler, E. Gimeno, A. Fuentespina // 2000. – Vol. 11, №1-2. – P. 27-30.
29. Dean O. N-acetylcysteine in psychiatry: current therapeutic evidence and potential mechanisms of action / O. Dean, F. Giorlando, M. Berk // *J Psychiatry Neurosci*. – 2011.
30. Kasperczyk S. The administration of N-acetylcysteine reduces oxidative stress and regulates glutathione metabolism in the blood cells of workers exposed to lead. / S. Kasperczyk // *Clin Toxicol (Phila)*. – 2013.
31. Leeuwenburgh C. CONTROL WHEY SOY PLASMA MYELOPEROXIDASE ACTIVITY / C. Leeuwenburgh // *University of Wisconsin-Madison, WI 53706, USA*. – J. Nutrition. – 1996, 126(7). – P.1833-1843.
32. Petersen Shay K. Is alpha-lipoic acid a scavenger of reactive oxygen species in vivo? Evidence for its initiation of stress signaling pathways that promote endogenous antioxidant capacity / Shay K. Petersen, RF. Moreau, EJ. Smith, TM. Hagen // *IUBMB Life*. – 2008. – № 60(6):362-7. Review. PMID: 18409172.
33. Sanchari Sinha. Antioxidant and redox status after maximal aerobic exercise at high altitude in acclimatized lowlanders and native highlanders / S. Sanchari, U.S Ray, M. Saha et al. // *Eur.J. Appl. Physiol*, 2009. – P. 807-814.
34. Gunsoo Han. Endurance Exercise Reduces Oxidative Stress in Mice / Han Gunsoo, Cho Byungjun, Tae Young Moon // *Journal of Physical Therapy* Vol. 23 (2011) № 4. – P. 539–541.
35. Zinellu A. Effect of acute exercise on low molecular weight thiols in plasma / A. Zinellu, S. Sotgia, M. A Caria // *Tangianu Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2007. – Vol. 17, – P. 452–456.
36. [dieta.ru/diet/taurin-tabletki.html](http://dieta.ru/diet/taurin-tabletki.html)
37. [www.gimon.ru/aminokisloty/taurin](http://www.gimon.ru/aminokisloty/taurin)
38. [WWW.sport – diet.com.ua/sportivnoe – pitanie – p 1147. html](http://WWW.sport – diet.com.ua/sportivnoe – pitanie – p 1147. html)