Дата публикации: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_9
УДК [616-053-07+577.018]-613.34-543.3

Publication date: 01.09.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_9
UDC [616-053-07+577.018]-613.34-543.3

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА У ЮНОШЕЙ-СПОРТСМЕНОВ ЗИМНИХ ВИДОВ СПОРТА, ПРОЖИВАЮЩИХ НА СЕВЕРЕ

В.И. Корчин, Е.П. Федорова, Т.Я. Корчина
Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск, Россия

Аннотация. Цель: изучение параметров окислительного метаболизма у юношей-спортсменов зимних видов спорта, проживающих в г. Ханты-Мансийске. Обследовано 50 юношей-спортсменов (18±1,5 лет) зимних видов спорта, постоянно проживающих в колледже-интернате г. Ханты-Мансийска. Тест-наборами определяли параметры перекисного окисления липидов: гидроперекиси липидов, малонового диальдегида и антиоксидантной защиты: общую антиоксидантную активность и тиоловый статус, коэффициент окислительного стресса высчитывали по формуле. Установлено превышение концентрации в крови гидроперекиси липидов и малонового диальдегида над верхним пределом нормы на фоне низких параметров антиоксидантной защиты, что требует восполнения резервов антиоксидантов.
Ключевые слова: юноши-спортсмены, северный регион, окислительный метаболизм, перекисное окисление липидов, антиоксидантная активность.

ASSESSMENT OF OXIDATIVE METABOLISM IN YOUNG MALE WINTER SPORTS ATHLETES LIVING IN THE NORTH

V.I. Korchin, E.P. Fedorova, T.Ya. Korchina
Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

Abstract. Objective: to study the oxidative metabolism parameters in young male winter sports athletes living in Khanty-Mansiysk. 50 young winter sports athletes (18±1.5 years old), permanently residing in a boarding college in Khanty-Mansiysk, participated in the study. Test kits were used to identify the lipid peroxidation parameters: lipid hydroperoxide, malondialdehyde and antioxidant defense: total antioxidant activity and thiol status, oxidative stress coefficient was calculated according to the formula. It was established that the concentrations of lipid hydroperoxide and malondialdehyde in blood exceeded the upper limit of normal against the background of low antioxidant defense parameters, which requires replenishment of antioxidant reserves.
Keywords: young male athletes, northern region, oxidative metabolism, lipid peroxidation, antioxidant activity.

Введение. Важнейшим источником энергии для подавляющего большинства животных организмов, включая человека, являются метаболические процессы, протекающие в присутствии кислорода [1]. При дыхании 95% потребленного в организм человека кислорода восстанавливается в митохондриях клеток до воды. В то же время из остальных 5% кислорода в ходе биохимических преобразований появляются свободные радикалы (активные формы кислорода – АФК, прооксиданты), обладающие исключительной токсичностью для клеточных структур организма человека. Активные формы кислорода обладают высокой окислительной способностью за счет неспаренных электронов на внешней орбите, которые для собственной нейтрализации «отнимают» недостающий для их нейтрализации электрон из биологических мембран белков, нуклеиновых кислот и липидов, разрушая их [2]. Последние, лишившись одного электрона, преобразуются в свободные радикалы (O, HO, HO_2) с переходом окисления в лавинообразный процесс [3]. Вместе с тем образование АФК – это важнейший защитный механизм, необходимый для уничтожения омертвевших

клеток, но расстройство в механизмах окислительных процессов приводят к его неуправляемому, цепному характеру с уничтожением самих клеток [4].

Доказано образование большого количества АФК при интенсивных спортивных занятиях в силу увеличения образования свободных радикалов в ответ на рост потребления общего количества кислорода [5-8].

Вместе с тем, важнейшим путем роста функционального потенциала спортсменов является интенсификация физических нагрузок. В то же время перманентное увеличение их объема способно оказать отрицательное воздействие на функциональное состояние, рост спортивных результатов, спровоцировать перетренированность и интенсифицировать процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) [7-9]. Важно отметить возрастание потребления кислорода в десятки раз органами и тканями при любой физической нагрузке в зависимости от их продолжительности и напряженности с соответственным повышением уровня свободных радикалов в тканях [10]. Наращивание концентрации продуктов ПОЛ в организме при интенсивной физической нагрузке закономерно приводит к снижению активности системы антиоксидантной защиты (АОЗ) организма. Паритет этих взаимосвязанных процессов в организме человека является определяющим для структуры и функции биологических мембран [11-12].

Исследованиями установлено увеличение в 10-15 раз количества свободных радикалов кислорода при интенсивных физических упражнениях в работающей мускулатуре в случае самых максимальных нагрузок [13]. Многочисленные исследования последних десятилетий убедительно доказали связь между нарушениями функционирования антиоксидантной системы со снижением защищенности клеток от разрушительного воздействия свободных радикалов, проявляющегося повышением износа организма, уменьшением эффективности иммунной защиты и увеличения риска формирования более двухсот болезней [14].

В условиях Севера экстремальные климатические и геофизические факторы, оказывающие совокупное воздействие на организм человека, закономерно обуславливают напряжение его адаптивных систем, что называется «синдромом полярного напряжения», проявляемым реорганизацией метаболических процессов, сдвигом прооксидантно-антиоксидантного паритета в сторону интенсификации свободнорадикального окисления, гипоксией органов и тканей, разрушением клеточных мембран в результате их липидной пероксидации и пр. [15]. Важно отметить наблюдаемые на территориях Севера изменения деятельности физиологических систем организма, которые обусловлены несбалансированным рационом питания, неуравновешенностью витаминно-элементного состояния и дисбалансом в системе окислительно-восстановительного равновесия [16-20].

С учетом активизации свободнорадикального окисления при интенсификации физической активности целью нашего исследования явилось изучение параметров окислительного метаболизма у юношей-спортсменов зимних видов спорта, проживающих в г. Ханты-Мансийске.

Методы и организация исследования. Под наблюдением находились 50 юношей, постоянно проживающих в колледже-интернате г. Ханты-Мансийска и занимающихся лыжными гонками и биатлоном, средний возраст которых составил 18±1,5 лет. Исследование проводилось с соблюдением этических норм (протокол этического комитета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии № 158 от 18.11.2020 г.) согласно Хельсинской декларации с получением добровольного информированного согласия на его проведение и обработку полученных данных.

Критерии включения: учащиеся юноши в возрасте 18-20 лет, проживание на территории северного региона не менее 10 лет, наличие информированного добровольного согласия на участие в комплексном

исследовании. Критерии исключения: избыточная масса тела, наличие хронических заболеваний, персональный отказ от исследования.

С этой целью определяли первичные (гидроперекиси липидов – ГПл) и вторичные (малоновый диальдегид – МДА) продукты ПОЛ с помощью тест-наборов фирмы «BCM Diagnostics» (Германия) и «АГАТ» (Россия). Состояние системы АОЗ оценивалось по общей антиокислительной активности (ОАА) и тиоловому статусу (ТС) наборами «Cayman Chemical», «Immundiagnostik AG» – (Германия) и «Konelab 60i» (Финляндия). Коэффициент окислительного стресса (КОС) рассчитывали по формуле: КОС= ГПл х МДА / ОАА х ТС [21].

Полученные результаты статистически обрабатывали с использованием пакета программ Microsoft Excel и SPSS Statistics 17.0. С использованием критерия Шапиро-Уилка было установлено нормальное распределение числовых показателей. Для описания количественных данных высчитывали средние арифметические величины (M) и среднеквадратичные отклонения (σ), минимальное (min) и максимальное (max) значения. Сравнение проводили с физиологически оптимальными значениями.

Результаты исследования и их обсуждение. Ханты-Мансийск расположен практически в центре Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО), являясь его столицей. В свою очередь, ХМАО принадлежит Уральскому федеральному округу и входящей в него Тюменской области. На действующий период ХМАО – это базовый в России и один из важнейших в мире нефтегазодобывающий регион, являющийся ведущим в Российской Федерации по базовым промышленным показателям с главенством в добыче нефти и газа, производстве электроэнергии и отчислениях налоговых платежей в бюджет страны, занимая третье место по инвестициям в капитальные вложения. Климат ХМАО аналогичен континентальному со стремительно изменяющимися погодными условиями при смене сезонов года. Округ закрыт с запада Уральскими горами, задерживающими теплые воздушные массы, и открыт с северной стороны, что потенцирует вторжение холодных воздушных потоков из Арктики. Зима в округе продолжительная и холодная с интенсивным ветровым режимом и магнитными бурями. При этом летний период, как правило, теплый и непродолжительный [22].

Обследуемые нами юноши-спортсмены, занимающиеся лыжными гонками и биатлоном, постоянно проживали в ХМАО и большую часть тренировочного процесса проводили на свежем воздухе: на антиоксидантные системы организма в этом случае воздействовал двойной пресс – интенсивные физические нагрузки в сочетании с неблагоприятными климатическими условиями высоких широт. Результаты оценки параметров системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита организма» (ПОЛ-АОЗ) представлены в таблице 1.

Обращает на себя внимание то, что показатели концентрации в сыворотке крови первичных (ГПл) и вторичных (МДА) продуктов ПОЛ превышали верхний предел физиологически адекватных величин в сочетании с низкими параметрами АОЗ: средние значения ОАА расположились у нижней границы физиологической нормы, а значения ТС были даже ниже их.

Вместе с тем наиболее показательными оказались параметры КОС, средние значения которого превысили верхнюю границу оптимальных значений почти в 4,4 раза.

Ранжирование обследуемых лиц по параметрам состояния окислительно-восстановительного равновесия представлены в таблице 2.

Таблица 1

Показатели окислительно-восстановительного равновесия у юношей-спортсменов зимних видов спорта, проживающих в г. Ханты-Мансийске

Показатель	Физиологически оптимальные значения	Юноши-спортсмены n=50		
		M±σ	min	max
ГПл, мкмоль/л	225-450	452,9±30,7	381	516
МДА, мкмоль/л	2,2-4,8	4,96±0,35	4,72	5,19
ОАА, ммоль/л	0,5-2,0	0,56±0,05	0,48	0,66
ТС, мкмоль/л	430-660	398,1±35,2	357	448
КОС, усл.ед.	1,6-2,3	10,07±0,79	6,9	12,8

Примечание: ГПл – гидроперекись липидов; МДА – малоновый диальдегид; ОАА – общая антиокислительная активность; ТС – тиоловый статус; КОС – коэффициент окислительного стресса

Таблица 2

Распределение юношей-спортсменов по показателям состояния окислительного метаболизма (абс. / %)

Показатель	Юноши-спортсмены (n=50)			
	Оптимальный	Повышенный	Высокий	Низкий
ГПл	35 (70%)	15 (30%)	-	-
МДА	14 (68%)	16 (32%)	-	-
ОАА	31 (62%)	-	-	19 (38%)
ТС	29 (58%)	-	-	21 (42%)
КОС	13 (26%)	36 (72%)	1 (2%)	-

Примечание: ГПл – гидроперекись липидов; МДА – малоновый диальдегид; ОАА – общая антиокислительная активность; ТС – тиоловый статус; КОС – коэффициент окислительного стресса

Важно отметить превышение КОС у подавляющего большинства спортсменов – 37 (74%). Результаты проведенного исследования свидетельствуют о дисбалансе в системе окислительно-восстановительного баланса в сторону интенсификации процессов пероксидации с сопутствующим угнетением антиоксидантной защиты организма.

Многочисленные исследования показали, что повышенная физическая активность, которой сопровождаются тренировочный и соревновательный процессы у спортсменов, ведут к существенной активации свободно-радикального окисления и понижению антиоксидантной защиты [5, 9, 23], что засвидетельствовано полученными нами результатами (табл. 1).

Перманентная интенсификация и увеличивающийся объем физической активности неблагоприятно влияют на антиоксидантные резервы организма спортсменов [24-25], что подкреплено и результатами нашего исследования: сниженный показатель ОАА и ТС характеризовал антиоксидантный статус 38% и 42% юношей-спортсменов северного региона соответственно (табл. 2). Это может оказать отрицательное воздействие на их функциональные возможности, повышение спортивных достижений и спровоцировать перетренированность [26].

В настоящее время активация процессов свободно-радикального окисления, детерминированная усиленными тренировками, признана первостепенным фактором, ограничивающим работоспособность спортсменов и обуславливающим развитие значительного числа патологических процессов.

Такого рода работы востребованы еще и потому, что проблема сохранения и увеличения работоспособности и выносливости к повышенным физическим нагрузкам важна наряду со спортсменами и для работников, чья трудовая деятельность сопряжена с интенсивными мышечными нагрузками.

Нелишне отметить практическую неуправляемость процессов ПОЛ вследствие интенсификации свободно-радикального окисления в сочетании с существенным уменьшением резервов антиоксидантов [14]. Поэтому активизация ПОЛ вследствие интенсивных физических нагрузок многими исследователями рассматривается как важнейший фактор, лимитирующий неутомимость, устойчивость и работоспособность спортсменов. В связи с этим в качестве фармакологической поддержки спортсменов широко используют антиоксиданты для торможения возникновения активных форм кислорода и аккумулирования продуктов липопероксидации [27]. Проведенные исследования доказали эффективность дополнительного приема антиоксидантов с целью защиты организма от последствий окислительного стресса, вызванного чрезмерными физическими нагрузками [5, 28].

Принимая во внимание наличие региональных, свойственных северным территориям, факторов риска, существенно влияющих на состояние здоровья людей, исключительное значение имеет оптимальная обеспеченность населения Севера, в первую очередь испытывающего значительные физические нагрузки, микронутриентами, обладающими антиоксидантным спектром действия с формированием резерва антирадикальной защиты организма.

Заключение. Универсальный путь наращивания функциональных резервов организма спортсменов – это интенсификация тренировочных нагрузок [9]. В то же время повышение физических нагрузок является существенным фактором негативного воздействия на организм атлетов, результатом которого является развитие окислительного стресса с выработкой избыточных количеств активных форм кислорода в организме.

Таким образом, активизация перекисного окисления липидов, которая сопровождает усиленные физические нагрузки, является существенным фактором снижения выносливости, работоспособности, поступательного роста спортивных достижений спортсменов в сочетании с потенцированием формирования расстройств адаптации и формированию патологических состояний. Свободно-радикальные процессы приобретают неуправляемый характер с формированием окислительного стресса при истощении фонда антиоксидантов [14, 29].

В связи с этим, важнейшее условие реализации адаптационного потенциала организма спортсменов, улучшения продуктивности тренировочного процесса, укорочения периода восстановления, следующего за выраженными физическими нагрузками, поддержки выносливости в соревновательный период – это оптимальное обеспечение организма спортсменов витаминами и биоэлементами, обладающими антиоксидантной активностью. Микронутриенты-антиоксиданты обеспечивают поддержание цельности клеточных мембран – их структуры и функции, существенно понижают повреждающее воздействие свободных радикалов на мышечные волокна, ускоряют восстановление в мышечных клетках после чрезмерных физических нагрузок [17].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексный подход в оценке функционального состояния высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в подготовительный период / Брук Т. М., Стрелычева К. А., Осипова Н. В. [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – Т. 7. – № 1. – С. 24-28. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.24.

2. Choi, S. Zinc deficiency and cellular oxidative stress: prognostic implications in cardiovascular diseases / S. Choi, X. Liu, Z. Pan // Acta Pharmacol. – 2018. – Vol. 39. – № 7. – P.1120-1132. DOI: 10.1038/aps.2018.25.
3. Оценка влияния длительного непрерывного пребывания в искусственной гипоксической газовоздушной среде при нормальном атмосферном давлении на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы человека / Любимов А. В., Иванов А. О., Безкишкий Э. Н. [и др.] // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2018. – Т. 16. – № 3. – С.47-53. DOI: 10.17816/RCF16347-53.
4. Нутриом как направление «главного удара»: определение физиологических потребностей в макро- и микронутриентах, минорных биологически активных веществах пищи / Тутельян В. А., Никитюк Д. Б., Батурин А. К. [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – № 4. – С. 24-34. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10039.
5. Еликов, А. В. Роль системы антиоксидантной защиты в развитии детренированности у спортсменов / А. В. Еликов, М. М. Коростелева // Спортивная медицина: наука и практика. – 2021. – Т. 11. – № 4. – С. 78-83. DOI: 10.47529/2223-2524.2021.4.9.
6. Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weight lifting training session: Effect of time-of-day / Ammar A., Chtourou H., Hammouda O. [et al] // Physiol. Int. – 2016. – Vol. 103. – P. 243-261. DOI: 10.1556/036.103.2016.2.11.
7. Oxidative stress in elite athletes training at moderate altitude and at sea level / León-López J., Calderón-Soto C., Pérez-Sánchez M. [et al] // European Journal of Sport Science. – 2018. – Vol. 18. – № 6. – P. 832-841. DOI: 10.1080/17461391.2018.1453550.
8. Oxidative stress as a factor in the deterioration of oxygen transfer during exercise / Gunina L. M., Rybina L. L., Ataman Y. A. [et al] // Фізіологічний журнал. – 2021. – Vol. 67. – № 5. – P. 54-63.
9. Алиев, С. А. О. Влияние интенсивных физических нагрузок на оксидативный стресс и антиоксидантные изменения организма спортсменов / С. А. О. Алиев // Chronos: естественные и технические науки. – 2020. – Т. 30. – № 2. – С. 17-22.
10. Effects of ascorbic acid supplementation on oxidative stress markers in healthy women following a single bout of exercise / Yimcharoen M., Kittikunnathum S., Suknikorn C. [et al] // J Int Soc Sports Nutr. – 2019. – Vol. 16 (1). – P. 2. DOI: 10.1186/s12970-019-0269-8.
11. Чанчаева, Е. А. Современное представление об антиоксидантной системе организма человека / Е. А. Чанчаева, Р. И. Айзман, А. Д. Герасев // Экология человека. – 2013. – № 7. – С. 50-58.
12. Understanding oxidants and antioxidants: Classical team with new players / Ali S. S., Ahsan H., Zia M. K. [et al] // J. Food Biochem. – 2020. – Vol. 44. – № 3. – P. 13145. DOI: 10.1111/jfbc.13145.
13. Effects of High-Intensity Anaerobic Exercise on the Scavenging Activity of Various Reactive Oxygen Species and Free Radicals in Athletes / Sawada Y., Ichikawa H., Elbine N. [et al] // Nutrients. – 2023. – Vol. 15. – № 1. – P. 222. DOI: 10.3390/nu15010222.
14. Колесникова, Л. И. Свободнорадикальное окисление: взгляд патофизиолога / Л. И. Колесникова, М. А. Даренская, С. И. Колесников // Бюллетень сибирской медицины. – 2017. – Т. 16. – № 4. – С. 6-29. DOI: 10.20538/1682-0363-2017-4-16-29.
15. Хаснулин, В. И. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах / В. И. Хаснулин, П. В. Хаснулин // Экология человека. – 2012. – № 1. – С. 3-11.
16. Определение референтных интервалов биохимических показателей крови с учетом вида спорта при выполнении тренировочных нагрузок различной направленности / Гилеп И. Л., Будко А. Н., Гаврилова С. О. [и др.] // Прикладная спортивная наука. – 2021. – Т. 13. – № 1. – С. 28-36.
17. Скальный, А. В. Микроэлементы и спорт. Персонализированная коррекция элементного статуса спортсменов: монография / А. В. Скальный, И. П. Зайцева, А. А. Тиньков. – М.: Спорт, 2018. – 288 с.
18. Стародед, А. С. Влияние медико-географических особенностей Крайнего Севера на процессы адаптации / А. С. Стародед, В. А. Майдан, С. В. Цветков // Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2020. – Т. 39. – № 3. – С. 160-163.
19. Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта / Отв. ред. Е. Р. Бойко. – Сыктывкар, 2019. – 256 с.
20. Effect of Antioxidant Supplementation on Markers of Oxidative Stress and Muscle Damage after Strength Exercise: A Systematic Review / Canals-Garzón C., Guisado-Barrilao R.,

Martínez-García D. [et al] // Int. J. Environ Res. Public Health. – 2022. – Vol. 19. – № 3. – P. 1803.
21. Интегральный показатель оценки окислительного стресса в крови человека / Колесниникова Л. И., Семенова Н. В., Гребенкина Л. А. [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии. – 2014. – Т. 157. – № 6. – С. 680-683.
22. Шарифов, М. И. Анализ параметров окислительного метаболизма у пациентов с артериальной гипертензией, проживающих в арктической и приарктической зонах Российской Федерации / М. И. Шарифов, Т. Я. Корчина, В. И. Корчин // Технологии живых систем. 2024. – Т. 21. – № 1. С. 5-17. DOI: 10.18127/j20700997-202401-01.
23. Effects of free radicals and antioxidants on exercise performance / S. Lamina, C. I. Ezema, A. I. Teresa, E. U. Antonia // Oxid. Antioxid. Med. Sci. – 2013. – Vol. 2 (1). – P. 83-91.
24. Effects of Exercise Training under Hyperbaric Oxygen on Oxidative Stress Markers and Endurance Performance in Young Soccer Players: A Pilot Study / Burgos C., Henríquez-Olguín C., Andrade D. C. [et al] // J. Nutr. Metab. – 2016. – Vol. 19. – P. 5647407 DOI: 10.1155/2016/5647407.
25. Training effects on ROS production determined by electron paramagnetic resonansce in master swimmers / Mrakic-Sposta S., Gussoni M., Porcelli S. [et al] // Oxid Med. Cell Longev. – 2015. – Vol. 22. – P. 8047944. DOI: 10.1155/2015/804794.
26. Johnson, B. D. The exercise dose affects oxidative stress and brachial artery flow-mediated dilation in trained men / B. D. Johnson, J. Padilla, J. P. Wallace // Eur. J. Appl. Physiol. – 2012. – Vol. 112 (1). – P. 33-42. DOI: 10.1007/s00421-011-1946-8.
27. Оценка оксидативно-антиоксидантного статуса и аэробной работоспособности элитных лыжников-гонщиков в динамике тренировок и условиях естественного Среднегорья / Грушин А. А., Зеленкова И. Е., Глазачев О. С. [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 11-20. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.11.
28. Григорьева, Н. М. Использование антиоксидантов в спортивной практике / Н. М. Григорьева // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2020. – Т. 25. – № 1. – С. 23-36.
29. Alkadi, H. Review on Free Radicals and Antioxidants / H. Alkadi // Infect Disord Drug Targets. – 2020. – Vol. 20. – № 1. – P. 16-26. DOI: 10.2174/1871526518666180628124323.

REFERENCES

1. Bruk T.M., Strelycheva K.A., Osipova N.V., Kosorygina K.Yu., Titkova N.D. The integrated approach to the assessment of the functional state of highly skilled sportsmen of endurance sports in the preparatory period. *Sports medicine: research and practice*, 2017, vol. 7, no. 1, pp. 24-28. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2017.1.24. (in Russ.)
2. Choi, S. Liu X., Pan Z. Zinc deficiency and cellular oxidative stress: prognostic implications in cardiovascular diseases. *Acta Pharmacol*, 2018, vol. 39, no. 7, pp. 1120-1132. DOI: 10.1038/aps.2018.25. (in Russ.)
3. Lyubimov A.V., Ivanov A.O., Bezkishkii E.N., Shakhnovich P.G., Cherkashin D.V. Assessment of the effect of long-term continuous stay in the artificial hypoxic gas-air environment at normal atmospheric pressure on the functional state of the cardiovascular system. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*, 2018, vol. 16, no. 3, pp. 47-53. DOI: 10.17816/RCF16347-53. (in Russ.)
4. Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Baturin A.K., Vasil'ev A.V., Gapparov M.M.G., Zhilinskaya N.V., Zhminchenko V.M., Kambarov A.O., Kodentsova V.M., Kravchenko L.V. et al. Nutriome as the direction of the "main blow": determination of physiological needs in macro- and micronutrients, minor biologically active substances. *Problems of Nutrition*, 2020, vol. 89, no. 4, pp. 24-34. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10039. (in Russ.)
5. Elikov A.V., Korosteleva M.M. Role of antioxidant protection system in development of detachment in athletes. *Sports medicine: research and practice*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 78-83. DOI: 10.47529/2223-2524.2021.4.9. (in Russ.)
6. Ammar A., Chtourou H., Hammouda O., Turki M., Ayedi F., Kallel C., AbdelKarim O., Hoekelmann A., Souissi N. Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weight lifting training session: Effect of time-of-day. *Physiol. Int*, 2016, vol. 103, pp. 243–261. DOI: 10.1556/036.103.2016.2.11.
7. León-López J., Calderón-Soto C., Pérez-Sánchez M., Feriche B., Iglesias X., Chaverri D., Rodríguez F.A. Oxidative stress in elite athletes training at moderate altitude and at sea level. *European Journal of Sport Science*, 2018, vol. 18, no. 6, pp. 832-841. DOI: 10.1080/17461391.2018.1453550.
8. Gunina L.M., Rybina L.L., Ataman Y.A. et al. Oxidative stress as a factor in the deterioration of oxygen transfer during exercise. *Fiziologichnij zhurnal*, 2021, vol. 67, no. 5. pp. 54-63.

9. Aliev S.A. The influence of intense physical activity on oxidative stress and antioxidant changes in the body of athletes. *Chronos: natural and technical sciences*, 2020, vol. 30, no. 2, pp. 17-22. (in Russ.)
10. Yimcharoen M., Kittikunnathum S., Suknikorn C., Nak-On W., Yeethong P., Anthony T.G., Bunpo P. Effects of ascorbic acid supplementation on oxidative stress markers in healthy women following a single bout of exercise. *J Int Soc Sports Nutr*, 2019, vol. 16 (1), p. 2. DOI: 10.1186/s12970-019-0269-8.
11. Chanchaeva, E.A., Ajzman R.I., Gerasev A.D. Contemporary perception of antioxidant system of human organism. *Human Ecology*, 2013, no. 7, pp. 50-58. (in Russ.)
12. Ali S.S., Ahsan H., Zia M.K., Siddiqui T., Khan F.H. Understanding oxidants and antioxidants: Classical team with new players. *J. Food Biochem*, 2020, vol. 44, no. 3, p. 13145. DOI: 10.1111/jfbc.13145.
13. Sawada Y., Ichikawa H., Elbine N. Minamiyama Y., Alharbi A.A.D., Iwamoto N., Fukuoka Y. Effects of High-Intensity Anaerobic Exercise on the Scavenging Activity of Various Reactive Oxygen Species and Free Radicals in Athletes. *Nutrients*, 2023, vol. 15, no. 1, P. 222. DOI: 10.3390/nu15010222.
14. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Kolesnikov, S.I. Free radical oxidation: a pathophysiologist's view. *Bulletin of Siberian Medicine*, 2017, vol. 16, no. 4, pp. 6-29. DOI: 10.20538/1682-0363-2017-4-16-29. (in Russ.)
15. Khasnulin V.I., Khasnulin P.V. Modern concepts of the mechanisms forming northern stress in humans in high latitudes. *Human Ecology*, 2012, no. 1, pp. 3-11. (in Russ.)
16. Gilep I.L., Budko A.N., Gavrilova S.O., Kocherina N.V., Shvedova N.V. Determining the reference ranges of biochemical blood values for sport-specific training loads of various kinds. *Applied Sports Science*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 28-36. (in Russ.)
17. Skal'nyj A.V. Zaitseva I.P., Tin'kov A.A. Trace elements and sports. Personalized correction of the elemental status of athletes: a monograph. Moscow: Sport, 2018. 288 p. (in Russ.)
18. Staroded A.S., Majdan V.A., Tsvetkov S.V. The influence of medical and geographical features of the Far North on adaptation processes. *Izvestia of the Russian Military Medical Academy*, 2020, vol. 39, no. 3, pp. 160-163. (in Russ.)
19. Physiological and biochemical mechanisms for supporting sports activities of winter cyclic sports. Bojko E.R. ed. Syktyvkar, 2019. 256 p. (in Russ.)
20. Canals-Garzón C., Guisado-Barrilao R., Martínez-García D., Chirosa-Ríos I.J., Jerez-Mayorga D., Guisado-Requena I.M. Effect of Antioxidant Supplementation on Markers of Oxidative Stress and Muscle Damage after Strength Exercise: A Systematic Review. *Int. J. Environ Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 3, p. 1803.
21. Kolesnikova L.I., Semenova N.V., Grebenkina L.A., Darenskaya L.A., Suturina, L.V., Gnusina S.V. Integral index for the assessment of oxidative stress in human blood. *Bulletin of Experimental Biology*, 2014, vol. 157, no. 6, pp. 680-683. (in Russ.)
22. Sharifov M.I., Korchina T.Ya., Korchin V.I. Analysis of oxidative metabolism parameters in patients with arterial hypertension living in the arctic and near-arctic zones of the Russian Federation. *Technologies of Living Systems*, 2024, vol. 21, no. 1, pp. 5-17. DOI: 10.18127/j20700997-202401-01. (in Russ.)
23. Lamina S., Ezema C.I., Teresa A.I., Antonia E.U. Effects of free radicals and antioxidants on exercise performance. *Oxid. Antioxid. Med. Sci*, 2013, vol. 2 (1), pp. 83-91.
24. Burgos C., Henríquez-Olguín C., Andrade D.C., Ramírez-Campillo R., Araneda O.F., White A., Cerda-Kohler H. Effects of Exercise Training under Hyperbaric Oxygen on Oxidative Stress Markers and Endurance Performance in Young Soccer Players: A Pilot Study. *J. Nutr. Metab*, 2016, vol. 19, p. 5647407 DOI: 10.1155/2016/5647407.
25. Mrakic-Sposta S., Gussoni M., Porcelli S., Pugliese L., Pavei G., Bellistri G., Montorsi M., Tacchini P., Vezzoli A. Training effects on ROS production determined by electron paramagnetic resonansce in master swimmers. *Oxid Med. Cell Longev*, 2015, vol. 22, p. 8047944. DOI: 10.1155/-2015/804794.
26. Johnson B.D., Padilla J., Wallace J.P. The exercise dose affects oxidative stress and brachial artery flow-mediated dilation in trained men. *Eur. J. Appl. Physiol*, 2012, vol. 112 (1), pp. 33-42. DOI: 10.1007/s00421-011-1946-8.
27. Grushin A.A., Zelenkova I.E., Dudnik E.N., Glazachev O.S., Zotkin S.V., Korneev P.V., Koprov S.V., Almyashev D.Kh. Assessment of the oxidative-antioxidant status and aerobic performance of elite skiers-racers in the dynamics of training cycle at moderate altitude. *Sports medicine: research and*

practice, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 11-20. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.11. (in Russ.)
28. Grigor'eva N.M. Antioxidant usage in sport practice. *Ural and Siberia Bulletin of Sports Science*, 2020, vol. 25, no. 1, pp. 23-36. (in Russ.)
29. Alkadi H. Review on Free Radicals and Antioxidants. *Infect Disord Drug Targets*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 16-26. DOI: 10.2174/1871526518666180628124323.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Владимир Иванович Корчин – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры физиологии и спортивной медицины, БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», Ханты-Мансийск, e-mail: vikhmgmi@mail.ru.
Елена Петровна Федорова – аспирант, БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», Ханты-Мансийск, e-mail: dog-elena.fedorova@yandex.ru.
Татьяна Яковлевна Корчина – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры общей и факультетской хирургии, БУ ВО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», Ханты-Мансийск, e-mail: t.korchina@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Vladimir I. Korchin – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Physiology and Sports Medicine, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, e-mail: vikhmgmi@mail.ru.
Elena P. Fedorova – Post-Graduate Student**,** Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, e-mail: dog-elena.fedorova@yandex.ru.
Tat'yana Ya. Korchina – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of General and Faculty Surgery, Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, e-mail: t.korchina@mail.ru.

Для цитирования: Корчин, В. И. Оценка состояния окислительного метаболизма у юношей-спортсменов зимних видов спорта, проживающих на Севере / В. И. Корчин, Е. П. Федорова, Т. Я. Корчина // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_9

For citation: Korchin V.I., Fedorova E.P., Korchina T.Ya. Assessment of oxidative metabolism in young male winter sports athletes living in the North. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 3. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_03_9