

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.3.9>

УДК: 616.008.9(572.951)

Тип статьи: Оригинальная статья/ Original Research



Изменение оксидантно-антиоксидантного статуса крови у борцов вольного стиля под влиянием физических нагрузок

Н.А. Курашова^{1,*}, А.А. Юрьева², И.Н. Гутник², Л.А. Гребенкина¹, А.В. Лабыгина¹,
Л.И. Колесникова¹

¹ ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», Иркутск, Россия

² ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценка системы «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита» у борцов вольного стиля под влиянием интенсивных физических нагрузок с целью выявления характера окислительных процессов и антиоксидантного статуса организма спортсменов.

Материалы и методы: в исследовании приняли участие борцы вольного стиля в возрасте 18–22 лет, имеющие спортивную квалификацию кандидат в мастера спорта или мастер спорта. В качестве контрольной группы выступили студенты, сопоставимые по полу, возрасту и весу с группой сравнения, не имеющие спортивных разрядов и не занимающиеся регулярно спортом.

Материалом для исследования служили плазма и эритроциты крови. Забор крови проводился в утренние часы натощак в конце подготовительного и соревновательного периодов. Компоненты перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты определяли с помощью спектрофотометрических и флуориметрических методов.

Результаты: У борцов после интенсивной физической нагрузки (соревновательный период) происходит достоверно значимое снижение субстратов с двойными связями (на 61 %), первичных и промежуточных продуктов (на 59 и 44 % соответственно), повышение конечных продуктов перекисного окисления липидов (на 25 %) на фоне снижения активности таких компонентов антиоксидантной защиты, как ретинол, супероксиддисмутаза и восстановленный глутатион (на 40, 7 и 11 % соответственно).

Заключение: Уровень свободнорадикальных процессов повышается при физической нагрузке за счет накопления кислорода в органах и тканях и зависит от интенсивности и длительности нагрузки. В подготовительный и соревновательный периоды у борцов вольного стиля происходит активация процессов перекисного окисления липидов и угнетение ферментативного и неферментативного звеньев антиоксидантной защиты и выраженность этих изменений зависит от уровня интенсивности физических нагрузок.

Ключевые слова: перекисное окисление липидов, борцы вольного стиля, адаптация, антиоксиданты

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Курашова Н.А., Юрьева А.А., Гутник И.Н., Гребенкина Л.А., Лабыгина А.В., Колесникова Л.И. Изменение оксидантно-антиоксидантного статуса крови у борцов вольного стиля под влиянием физических нагрузок. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(3):30–36. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.3.9>

Поступила в редакцию: 17.01.2022

Принята к публикации: 12.12.2023

Online first: 21.12.2023

Опубликована: 28.12.2023

* Автор, ответственный за переписку

Changes in the oxidative-antioxidant status of blood in freestyle wrestlers under the influence of physical exertion

N.A. Kurashova^{1,*}, A.A. Yureva², I.N. Gutnik², L.A. Grebenkina¹, A.V. Labygina¹, L.I. Kolesnikova¹

¹ Scientific center for family health and human reproduction problems, Irkutsk, Russia

² Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Purpose of the study: to evaluate the “lipid peroxidation-antioxidant protection” system in freestyle wrestlers under the influence of intense physical activity in order to identify the nature of oxidative processes and the antioxidant status of the athletes’ body.

Materials and methods: the study involved athletes — freestyle wrestlers, boys 18–22 years old, with sports qualifications: candidate master of sports or master of sports, regularly involved in freestyle wrestling. The control group consisted of students who did not have a sports category and were not involved in sports activities, comparable in gender, age, weight category with the comparison group.

The material for the study was plasma and red blood cells. Blood sampling from athletes was carried out twice, at the end of the preparatory and competitive periods, in the morning, on an empty stomach from the ulnar vein, in accordance with generally accepted requirements. Components of lipid peroxidation and antioxidant defense were determined using spectrophotometric and fluorometric methods.

Results: it was found that in athletes after intense physical activity (competitive period), there is a significantly significant decrease in substrates with double bonds by 61 %, primary products by 59 % and intermediate products by 44 %, an increase in the final products of lipid peroxidation by 25 % against the background of inhibition activity of antioxidant protection components: retinol by 40 %, superoxide dismutase by 7 % and reduced glutathione by 11 %.

Conclusion: The level of free radical processes increases during physical activity due to the accumulation of oxygen in organs and tissues, and depends on the intensity and duration of the exercise. In the course of the study, it was established that the preparatory and competitive periods, in comparison with the control group, among freestyle wrestlers, depending on the previous level of physical activity, are characterized by activation of lipid peroxidation processes and inhibition of enzymatic and non-enzymatic components of antioxidant protection. The established changes are recommended to be taken into account when conducting comprehensive rehabilitation of athletes, when developing recommendations for improving the training process, as well as when using antioxidant complexes for athletes aimed at restoring various parts of the body's antioxidant defense.

Keywords: lipid peroxidation, wrestlers, adaptation, antioxidants

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Kurashova N.A., Yureva A.A., Gutnik I.N., Grebenkina L.A., Labygina A.V., Kolesnikova L.I. Changes in the oxidative-antioxidant status of blood in freestyle wrestlers under the influence of physical exertion. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* (Sports medicine: research and practice). 2023;13(3):30–36. (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.3.9>

Received: 17 January 2022

Accepted: 12 December 2023

Online first: 21 December 2023

Published: 28 December 2023

***Corresponding author**

1. Введение

Обмен веществ в организме ассоциирован с уровнем двигательной активности, направленности тренировочной деятельности. При этом изменения происходят не только в мышцах, но и в других органах и тканях, затрагивая белковый, липидный, углеводный и электролитный обмены [1–4]. Увеличение потребления энергии и кислорода при физических нагрузках приводит к тому, что электрон-транспортная цепь митохондрий становится источником активных форм кислорода за счет усиления потока электронов. Способность мышцы повышать потребление кислорода в процессе сокращения неизбежно приводит к интенсификации свободнорадикальных процессов, которые в свою очередь определяют адаптационные возможности организма, интенсивность метаболизма и, в конечном счете, риск формирования окислительного стресса [3, 5–7]. Фазы развития спортивной формы являются основой периодизации тренировки и определяют длительность, структуру периодов и содержание тренировочного процесса в них [8]. В соответствии с закономерностями развития состояния спортивной формы годичный цикл у спортсменов подразделяется на три периода: подготовительный, соревновательный и переходный.

Подготовительный период соответствует фазе приобретения спортивной формы и характеризуется высокими, но находящимися в пределах адаптационных возможностей организма спортсмена, физическими нагрузками. Соревновательный период отличается сверхвысокими нагрузками, особенно ближе к завершению данного периода, а переходный является периодом отдыха, когда уровень физической нагрузки можно назвать минимальным [9].

Окончание каждого из обозначенных периодов является точкой, представляющей интерес для изучения долговременной динамики адаптационных процессов в организме спортсмена. Несмотря на значительное внимание, уделяемое в последнее время свободнорадикальным механизмам повреждения, до сих пор существует дефицит данных о долговременных изменениях в работе системы антиоксидантной защиты в условиях систематических спортивных физических нагрузок. Целью работы явилась оценка системы «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита» у молодых борцов вольного стиля под влиянием интенсивных физических нагрузок для выявления выраженности и направленности окислительных процессов и изменений антиоксидантного статуса организма спортсменов.

2. Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 20 борцов вольного стиля в возрасте 18–22 лет, которые проходили обучение в Государственном училище (колледже) олимпийского резерва г. Иркутска, имеющих спортивную квалификацию кандидат в мастера спорта или мастер спорта. Все спортсмены регулярно занимаются вольной борьбой, находятся на этапе совершенствования спортивного мастерства или высшего спортивного мастерства и не прерывали спортивную подготовку более чем на три месяца. Критериями исключения являлись отсутствие спортивного разряда и длительные перерывы в тренировочном процессе (более трех месяцев). Тренировочный процесс спортсменов борцов согласно программе спортивной подготовки по виду спорта спортивная борьба осуществляется в соответствии с годовым тренировочным планом, рассчитанным на 52 недели. Периодизация

тренировки предполагает непрерывную связь всех видов подготовки, их непрерывное круглогодичное осуществление и включает в себя 3 периода: подготовительный, соревновательный и переходный. Согласно индивидуальному плану, в соревновательном периоде спортсмен принимает участие в 1–2 значимых соревнованиях, при этом в зависимости от исхода схваток их может быть от двух до восьми в каждом из турниров. В качестве контрольной группы выступили студенты, не имеющие спортивного разряда и не занимающиеся спортивными нагрузками, сопоставимые по полу, возрасту, весовой категории с группой сравнения.

Материалом для исследования служили плазма и эритроциты крови. Забор крови у спортсменов проводился дважды (в конце подготовительного и соревновательного периодов) в утренние часы, натощак из локтевой вены, в соответствии с общепринятыми требованиями. Сроки забора материала для исследований контрольной группы совпадали со сроками забора материала спортсменов в подготовительный период.

Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) оценивали по содержанию диеновых конъюгатов (ДК), кетодиенов и сопряженных триенов (КД и СТ) по методу И. А. Волчегорского (1989), ТБК-активных продуктов — по методу В. Б. Гаврилова и соавт. (1987), а общую антиокислительную активность крови — по методу Г. И. Клебанова и соавт. (1988).

Содержание жирорастворимых витаминов α -токоферола и ретинола определяли по методу Р. Ч. Черняускене и соавт. (1984), уровень восстановленного и окисленного глутатиона (GSH и GSSG) — по методу P. Y. Hissin, R. Hilf (1976), а активность супероксиддисмутазы (СОД) — по методу Н. Р. Misra, I. Fridovich (1972). Измерения проводили на спектрофлуориметре 02 АБФФ-Т (Россия) и спектрофотометре ВТС-350 (Испания). Все реагенты и химические вещества, используемые для биохимического анализа, были высокой аналитической чистоты (ОХЧ) и получены от стандартных коммерческих поставщиков.

Получение информированного согласия на участие в проводимом исследовании являлось обязательной процедурой. В работе с обследуемыми соблюдались этические принципы, предъявляемые Хельсинкской декларацией. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (протокол № 5 от 07.11.2019 г.).

Полученные результаты обрабатывали в программе Statistica 6.10 (StatSoft, Inc.). Для определения близости к нормальному закону распределения количественных признаков использовали визуально-графический метод и критерий согласия Колмогорова — Смирнова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро — Уилка. Проверка равенства генеральных дисперсий осуществлялась с помощью *F*-критерия Фишера. При анализе межгрупповых различий для независимых выборок

использовали непараметрический критерий Манна — Уитни. Результаты учитывали по уровню статистической значимости не ниже 95 % ($p \leq 0,05$).

3. Результаты

В результате проведенного исследования в плазме крови спортсменов как в подготовительном, так и в соревновательном периоде установлена активация перекисного окисления липидов и угнетение ферментативного и неферментативного звеньев антиоксидантной защиты. В подготовительный период в сравнении с контрольной группой на фоне достоверно значимого повышения первичных (на 46 %) и промежуточных продуктов (на 27 %) ПОЛ выявлено снижение жирорастворимого витамина ретинола на 42 %.

В свою очередь, в плазме крови спортсменов в соревновательном периоде в сравнении с подготовительным установлено достоверно значимое снижение уровня субстратов с двойными связями на 61 %, концентрации диеновых конъюгатов — на 59 % и уровня кетодиенов и сопряженных триенов — на 44 % на фоне увеличения концентрации ТБК-активных продуктов перекисного окисления липидов на 25 % и снижения концентрации жирорастворимого витамина ретинола на 40 %, активности супероксиддисмутазы на 7 % и уровня восстановленного глутатиона на 11 % (табл. 1).

4. Дискуссия

Каждый период годового цикла у спортсменов имеет свою направленность. Так, основная направленность подготовительного периода — создание и развитие предпосылок для приобретения спортивной формы, главной из которых является повышение общего уровня функциональных возможностей организма, а соревновательного — реализация спортивной формы в максимальных результатах. Уровень свободнорадикальных процессов повышается при любой физической нагрузке за счет накопления кислорода в органах и тканях и зависит от интенсивности и длительности нагрузки [6, 10]. Также причиной накопления свободных радикалов в организме спортсменов может быть стресс, вызываемый психоэмоциональным напряжением и интенсивными физическими нагрузками [11, 12]. Увеличение уровня ТБК-активных продуктов в крови спортсменов в соревновательный период свидетельствует об активации процессов ПОЛ и является неспецифическим ответом на нарушение кровоснабжения органов и тканей. Необходимым условием поддержания клеточного гомеостаза является баланс между продукцией активных форм кислорода и их нейтрализацией. Чрезмерная выработка свободных радикалов может быть уменьшена либо за счет преобразования их в метаболически неактивные соединения, либо за счет быстрой нейтрализации/инактивации первичных и промежуточных продуктов процесса липопероксидации, но в то же время активация процессов ПОЛ может служить одним из показателей формирования

Таблица

Показатели перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты в крови спортсменов под влиянием интенсивных физических нагрузок ($M \pm \sigma$)

Table

Indicators of lipid peroxidation and antioxidant protection in the blood of athletes under the influence of intense physical exertion ($M \pm \sigma$)

Показатель/ Indicator	Контрольная группа/Control group	Подготовительный период/ Preparation period	Соревновательный период/ Competition period
Дв.Св, у. е/ Dv Sv, c. u.	1,45 $\pm$ 0,43	2,71 $\pm$ 0,49*	1,05 $\pm$ 0,48**
ДК, мкмоль/л/ diene conjugates, $\mu\text{mol/l}$	1,26 $\pm$ 0,34	1,67 $\pm$ 0,49*	0,68 $\pm$ 0,33**
КДиСТ, мкмоль/л/ ketodienes and conjugated trienes, $\mu\text{mol/l}$	0,43 $\pm$ 0,23	0,59 $\pm$ 0,25	0,33 $\pm$ 0,21**
ТБК-АП, мкмоль/л/ active products of thiobarbiturate acid, $\mu\text{mol/l}$	1,42 $\pm$ 0,29	1,51 $\pm$ 0,99	1,99 $\pm$ 0,36**
АОА, усл. ед./general antioxidant protection, c. u.	14,45 $\pm$ 3,98	15,54 $\pm$ 3,94	17,75 $\pm$ 8,32
α -токоферол, мкмоль/л/ α -tocopherol, $\mu\text{mol/l}$	10,73 $\pm$ 2,61	9,35 $\pm$ 3,41	7,97 $\pm$ 1,81
Ретинол, мкмоль/л/ retinol, $\mu\text{mol/l}$	1,39 $\pm$ 0,49	0,81 $\pm$ 0,27*	0,49 $\pm$ 0,17**
СОД, усл. ед./ superoxide dismutase, c. u.	1,66 $\pm$ 0,11	1,62 $\pm$ 0,12	1,51 $\pm$ 0,17**
GSH, ммоль/л/ reduced glutathione, mmol/l	2,65 $\pm$ 0,39	2,54 $\pm$ 0,25	2,25 $\pm$ 0,35**
GSSG, ммоль/л/ oxidized glutathione, mmol/l	1,97 $\pm$ 0,24	2,06 $\pm$ 0,26	1,99 $\pm$ 0,21

Примечание: * — $p < 0,05$ статистически достоверные различия между контрольной группой и подготовительным периодом; ** — $p < 0,05$ статистически достоверные различия между подготовительным и соревновательным периодом.

Note: * — $p < 0.05$ statistically significant differences between the control group and the preparatory period; ** — $p < 0.05$ statistically significant differences between the preparatory and competitive periods.

резистентности организма к различным воздействиям и наступления адаптационной стадии стресса [12, 13]. Низкий уровень супероксиддисмутазы, играющей важную роль в процессах обезвреживания токсичных метаболитов в клетках и в формировании резистентности организма к различным воздействиям, вероятнее всего, связан с расходом на инактивацию продуктов липопероксидации [7, 14]. Разнонаправленное изменение показателей процессов ПОЛ-АОЗ в соревновательном периоде может свидетельствовать о возможности возникновения оксидативного стресса. Одним из механизмов развития окислительного повреждения клеток может быть нарушение обмена глутатиона [15]. Глутатион является ключевым звеном обезвреживания окисленных продуктов, образующихся в ходе нормальной жизнедеятельности клетки, имеет большое значение для работы иммунной системы [15, 16, 17]. Трипептид вносит определенный вклад в сохранение мышечной массы, обеспечивая защиту клетки от катаболических процессов [18, 19]. Снижение уровня глутатиона можно объяснить непосредственно митохондриальной дисфункцией, при которой очевиден дефицит НАДФ, который ограничивает переход

глутатиона из окисленного состояния в восстановленное. Окислительный стресс может служить отправной точкой структурных клеточных изменений, в конечном счете приводящих к их гибели. Однако основные клинические симптомы появляются значительно позже первичных изменений структуры и функции клетки.

Установленные изменения рекомендуется учитывать при проведении комплексной реабилитации спортсменов, при разработке рекомендаций по совершенствованию тренировочного процесса, а также при применении антиоксидантных комплексов для спортсменов, направленных на восстановление различных звеньев антиоксидантной защиты организма. Необходимо продолжение исследований по оценке системы «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита» у борцов вольного стиля для уточнения долгосрочных влияний интенсивных физических нагрузок на гематологические, биохимические и функциональные показатели.

5. Заключение

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что во время соревновательного периода

у борцов вольного стиля в зависимости от предшествующего уровня физических нагрузок (подготовительный период) происходит активация процессов перекисного окисления липидов и угнетение ферментативного

Вклад авторов:

Курашова Надежда Александровна — написание текста рукописи, критический пересмотр текста рукописи (включая этапы до или после публикации рукописи), редактирование текста рукописи, оформление рукописи, работа с графическим материалом.

Юрьева Алена Александровна — предоставление материалов, ресурсов, образцов для проведения исследования, сбор и систематизация данных, редактирование текста рукописи.

Гутник Игорь Нэрисович — координация и планирование исследования, редактирование текста рукописи.

Гребенкина Людмила Анатольевна — анализ и обобщение данных литературы, сбор данных литературы.

Лабыгина Альбина Владимировна — аккумуляция исследовательских данных, применение статистических, математических методов для анализа данных.

Колесникова Любовь Ильинична — координация и планирование исследования формулировка идеи, исследовательских целей и задач, осуществление контроля за проведением исследовательской деятельности, критический пересмотр текста рукописи.

Список литературы

1. Gielen S., Schuler G.G., Adams V. Cardiovascular effects of exercise training molecular mechanisms. *Circulation*. 2010; 122(12): 1221–1238. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.939959>
2. Rychkova L., Pogodina A., Ayurova Zh., Berdina O. Risk factors for obesity in adolescents living in rural areas of buryatia: a case-control study. *International Journal of Biomedicine*. 2019; 9(2): 190–195. [https://doi.org/10.21103/Article9\(2\)_OA20](https://doi.org/10.21103/Article9(2)_OA20)
3. Рыбина И.Л., Ширковец Е.А., Нехвядович А.И. Лабораторные маркеры адаптации организма биатлонистов высокой квалификации к тренировочным нагрузкам. *Наука в олимпийском спорте*. 2017; (2): 28–33.
4. Kosovtseva A.S., Bairova T.A., Rychkova L.V. et al. Prognostic risk models for the development of cardiovascular dysfunction in adolescents with essential hypertension. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2019; 166(4): 494–496. <https://doi.org/10.1007/s10517-019-04380-9>
5. Базарин К.П., Титова Н.М., Кузнецов С.А. Динамика показателей антиоксидантного статуса у спортсменов, членов команды по спортивному ориентированию. *Acta Biomedica Scientifica*. 2013; (5): 9–12.
6. Bogdanovskaya N.V., Kotsuruba A.V., Golubenko A.V. Induction of oxidative and nitrosative stress in boys in adapting to physical stress during training and competitive periods. *Fiziol. Zh.* 2016; 62(2): 47–56. <https://doi.org/10.15407/fz62.02.047>
7. Гунина Л.М. Окислительный стресс и адаптация: метаболические аспекты влияния физических нагрузок. *Наука в олимпийском спорте*. 2013; (4): 19–25.
8. Ачкасов Е.Е., Безуглов Э.Н., Ярдосвили А.Э., Усманова Э.М., Бурова М.Ю., Карлицкий И.Н., Патрина Е.В. Влияние энергии синглетного кислорода на скорость восстановления после максимальной физической работы у футболистов юного возраста. *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2012; (4): 24–28.

и неферментативного звеньев антиоксидантной защиты. В то же время, и в подготовительный период у борцов происходит интенсификация процессов ПОЛ и снижение системы АОЗ при сравнении с контрольной группой.

Author contributions:

Nadezhda A. Kurashova — writing the text of the manuscript, critical revision of the text of the manuscript (including stages before or after publication of the manuscript), editing the text of the manuscript, designing the manuscript, working with graphic material.

Alena A. Yuryeva — provision of materials, resources, samples for research, collection and systematization of data, editing the text of the manuscript.

Igor N. Gutnik — coordination and planning of the study, editing the manuscript text.

Lyudmila A. Grebenkina — analysis and synthesis of literature data, collection of literature data.

Albina V. Labygina — accumulation of research data, application of statistical and mathematical methods for data analysis

Lyubov I. Kolesnikova — coordination and planning of research, formulation of ideas, research goals and objectives, monitoring of research activities, critical revision of the manuscript text.

References

1. Gielen S., Schuler G.G., Adams V. Cardiovascular effects of exercise training molecular mechanisms. *Circulation*. 2010;122(12):1221–1238. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.939959>
2. Rychkova L., Pogodina A., Ayurova Zh., Berdina O. Risk factors for obesity in adolescents living in rural areas of buryatia: a case-control study. *International Journal of Biomedicine*. 2019; 9(2): 190–195. [https://doi.org/10.21103/Article9\(2\)_OA20](https://doi.org/10.21103/Article9(2)_OA20)
3. Rybina I.L., Shirkovets E.A., Nekhvyadovich A.I. Laboratory markers of the body's adaptation to training loads in highly qualified biathletes. *Science in Olympic sport*. 2017; (2): 28–33. (In Russ.)
4. Kosovtseva A.S., Bairova T.A., Rychkova L.V. et al. Prognostic risk models for the development of cardiovascular dysfunction in adolescents with essential hypertension. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2019; 166(4): 494–496. <https://doi.org/10.1007/s10517-019-04380-9>
5. Bazarin K.P., Titova N.M., Kuznetsov S.A. Dynamics of antioxidant status indices in orienteering team members. *Acta Biomedica Scientifica*. 2013; (5): 9–12. (In Russ.).
6. Bogdanovskaya N.V., Kotsuruba A.V., Golubenko A.V. Induction of oxidative and nitrosative stress in boys in adapting to physical stress during training and competitive periods. *Fiziol. Zh.* 2016; 62(2): 47–56. <https://doi.org/10.15407/fz62.02.047>
7. Gunina L.M. Oxidative stress and adaptation: metabolic aspects of physical activity impact. *Science in Olympic sport*. 2013; (4): 19–25. (In Russ.).
8. Achkasov E.E., Bezuglov E.N., Yardoshvili A.E., Usmanova E.M., Burova M.Yu., Karlitskiy I.N., Patrina E.V. The influence of energy of singlet oxygen on young football professional players' speed of recovery of performance after maximal physical load. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina = Exercise therapy and Sports Medicine*. 2012; (4): 24–28. (In Russ.).

9. Powers S.K., Ji L.L., Kavazis A.N., Jackson M.J. Reactive oxygen species: impact on skeletal muscle. *Compr. Physiol.* 2011; 1(2): 941–969. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100054>
10. Neubauer O., Reichhold S., Nics L., et al. Antioxidant responses to an acute ultra-endurance exercise: impact on DNA stability and indications for an increased need for nutritive antioxidants in the early recovery phase. *Br. J. Nutr.* 2010; 104(8): 1129–1138. <https://doi.org/10.1017/S0007114510001856>
11. Рычкова Л.В., Погодина А.В., Аюрова Ж.Г., Климкина Ю.Н. Ожирение и связанное со здоровьем качество жизни в этнических группах подростков, проживающих в сельских районах республики Бурятия. *Бюллетень сибирской медицины.* 2018; 17(3): 105–114. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-3-105-114>
12. Kolesnikova L.I., Kurashova N.A., Bairova T.A., Dolgikh M.I., Ershova O.A., Natyaganova L.V., Koroleva N.V., Dashiev B.G., Gutnik I.N. Features of lipoperoxidation, antioxidant defense, and thiol/disulfide system in the pathogenesis of infertility in males, carriers of nonfunctional variants of GSTT1 and GSTM1 gene polymorphisms. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2017; 163(3): 378–380. <https://doi.org/10.1007/s10517-017-3808-9>
13. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Grebenkina L.A., Osipova E.V., Dolgikh M.I., Semenova N.V. Adaptive-compensatory responses in the adolescents belonging to indigenous northern ethnic groups in Irkutsk oblast. *Human Physiology.* 2014; 40(2): 184–189. <https://doi.org/10.1134/S036211971402008X>
14. Охлопкова Е.Д., Яковлева А.И., Олесова Л.Д., Миронова Г.Е. Состояние перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у спортсменов. *Якутский медицинский журнал.* 2009; 25(1): 30–32.
15. 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; 7(2): 39–45. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2017.2.39>
16. Finaud J., Scislawski V., Lac G., Durand D., Vidalin H., Robert A., Filaire E. Antioxidant Status and Oxidative Stress in Professional Rugby Players: Evolution Throughout a Season. *Int. J. Sports Med.* 2006; 27(2): 87–93. <https://doi.org/10.1055/s-2005-837489>
17. Курашова Н.А., Юрева А.А., Долгих М.И., Гутник И.Н., Колесникова Л.И. Этнические особенности липидного профиля и процессов липопероксидации у спортсменов-борцов вольного стиля. *Человек. Спорт. Медицина.* 2019; 19(2): 37–44. <https://doi.org/10.14529/hsm190205>
18. Becatti M., Mannucci A., Barygina V., Mascherini G., Emmi G., Silvestri E., Wright D., Taddei N., Galanti G., Fiorillo C. Redox status alterations during the competitive season in elite soccer players: focus on peripheral leukocyte-derived ROS. *Intern. Emerg. Med.* 2017; 12(6): 777–788. <https://doi.org/10.1007/s11739-017-1653-5>
19. Concepcion-Huertas M., Chiroso L.J., De Haro T., Chiroso I.J., Romero V., Aguilar-Martinez D., et al. Germaine Changes in the redox status and inflammatory response in handball players during one-year of competition and training. *J. Sports Sci.* 2013; 31(11): 1197–1207. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.773404>
9. Powers S.K., Ji L.L., Kavazis A.N., Jackson M.J. Reactive oxygen species: impact on skeletal muscle. *Compr. Physiol.* 2011; 1(2): 941–969. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100054>
10. Neubauer O., Reichhold S., Nics L., et al. Antioxidant responses to an acute ultra-endurance exercise: impact on DNA stability and indications for an increased need for nutritive antioxidants in the early recovery phase. *Br. J. Nutr.* 2010; 104(8): 1129–1138. <https://doi.org/10.1017/S0007114510001856>
11. Rychkova L.V., Pogodina A.V., Ayurova Zh.G., Klimkina J.N. Obesity and health-related quality of life in adolescents from ethnic groups of rural areas of Buryatia, Russia. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2018; 17(3): 105–114. (In Russ.). <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2018-3-105-114>
12. Kolesnikova L.I., Kurashova N.A., Bairova T.A., Dolgikh M.I., Ershova O.A., Natyaganova L.V., Koroleva N.V., Dashiev B.G., Gutnik I.N. Features of lipoperoxidation, antioxidant defense, and thiol/disulfide system in the pathogenesis of infertility in males, carriers of nonfunctional variants of GSTT1 and GSTM1 gene polymorphisms. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2017; 163(3): 378–380. <https://doi.org/10.1007/s10517-017-3808-9>
13. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Grebenkina L.A., Osipova E.V., Dolgikh M.I., Semenova N.V. Adaptive-compensatory responses in the adolescents belonging to indigenous northern ethnic groups in Irkutsk oblast. *Human Physiology.* 2014; 40(2): 184–189. <https://doi.org/10.1134/S036211971402008X>
14. Okhlopova E.D., Jakovleva A.I., Olesova L.D., Mironova G.E. Condition of lipid peroxide oxidation and antioxidant protection in sportsmen. *Yakut medical journal.* 2009; 25(1): 30–32. (In Russ.).
15. Kolesov S.A., Rakhmanov R.S., Blinova T.V., Strakhova L.A., Chumakov N.V., Piskarev Y.G. Glutathione system during physical loads and alimentary factor impact on it. *Sports medicine: research and practice.* 2017; 7(2): 39–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2017.2.39>
16. Finaud J., Scislawski V., Lac G., Durand D., Vidalin H., Robert A., Filaire E. Antioxidant Status and Oxidative Stress in Professional Rugby Players: Evolution Throughout a Season. *Int. J. Sports Med.* 2006; 27(2): 87–93. <https://doi.org/10.1055/s-2005-837489>
17. Kurashova N.A., Yureva A.A., Dolgikh M.I., Gutnik I.N., Kolesnikova L.I. Ethnic features of lipid profile and lipid peroxidation in freestyle wrestlers. *Human. Sport. Medicine.* 2019; 19(2): 37–44. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/hsm190205>
18. Becatti M., Mannucci A., Barygina V., Mascherini G., Emmi G., Silvestri E., Wright D., Taddei N., Galanti G., Fiorillo C. Redox status alterations during the competitive season in elite soccer players: focus on peripheral leukocyte-derived ROS. *Intern. Emerg. Med.* 2017; 12(6): 777–788. <https://doi.org/10.1007/s11739-017-1653-5>
19. Concepcion-Huertas M., Chiroso L.J., De Haro T., Chiroso I.J., Romero V., Aguilar-Martinez D., et al. Germaine Changes in the redox status and inflammatory response in handball players during one-year of competition and training. *J. Sports Sci.* 2013; 31(11): 1197–1207. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.773404>

Информация об авторах:

Курашова Надежда Александровна*, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории патофизиологии, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», Россия, 664003, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16 (nakurashova@yandex.ru)

Юрьева Алена Александровна, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Россия, 664003, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, д. 1 (yurevaalena89@gmail.com)

Гутник Игорь Нэрисович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и психофизиологии, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Россия, 664003, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, д. 1 (medbio@biof.isu.ru)

Гребенкина Людмила Анатольевна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории патофизиологии, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», Россия, 664003, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16 (greblud@mail.ru)

Лабыгина Альбина Владимировна, доктор медицинских наук, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», Россия, 664003, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16 (albinalab2212@mail.ru)

Колесникова Любовь Ильинична, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», Россия, 664003, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16 (iphr@sbamsr.irk.ru)

Information about the authors:

Nadezhda A. Kurashova*, Dr. Sci. (Biology), leading researcher at the Laboratory of pathophysiology, Federal state public scientific institution «Scientific centre for family health and human reproduction problems», Russia, 664003, Irkutsk region, Irkutsk, st. Timiryazeva, 16 (nakurashova@yandex.ru)

Alena A. Yurieva, Irkutsk State University, Russia, 664003, Irkutsk region, Irkutsk, Karl Marx st., 1 (yurevaalena89@gmail.com)

Igor N. Gutnik, PhD, Professor, head of the Department of physiology and psychophysiology, Irkutsk State University, Russia, 664003, Irkutsk region, Irkutsk, Karl Marx st., 1 (medbio@biof.isu.ru)

Lyudmila A. Grebenkina, Dr. Sci. (Biology), leading researcher at the laboratory of pathophysiology, Federal state public scientific institution «Scientific centre for family health and human reproduction problems», Russia, 664003, Irkutsk region, Irkutsk, st. Timiryazeva, 16 (greblud@mail.ru)

Albina V. Labygina, Dr. Sci. (Medicine), Federal state public scientific institution «Scientific centre for family health and human reproduction problems», Russia, 664003, Irkutsk region, Irkutsk, st. Timiryazeva, 16 (albinalab2212@mail.ru)

Lyubov I. Kolesnikova, Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Medicine), Professor, scientific director of the Federal state public scientific institution «Scientific centre for family health and human reproduction problems», Russia, 664003, Irkutsk Region, Irkutsk, st. Timiryazeva, 16 (iphr@sbamsr.irk.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author