

АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС У СПОРТСМЕНОВ В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

О.А. Коленчукова^{1,2}, Okolenchukova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9552-447X>
Л.В. Степанова², lstepanova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5503-4898>
А.М. Вышедко², Avishedko@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2854-4662>
Н.Н. Демидко², ndemidko@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2595-2468>
Л.И. Александрова², lalexandrova@sfu-kras.ru

¹Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук», Красноярск, Россия

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель: изучить активность каталазы в слюне спортсменов до и после физической активности с использованием H₂O₂-люминол-зависимой хемилюминесценции. **Материалы и методы.** Для проведения эксперимента была отобрана группа спортсменов (n = 25) в возрасте от 20 до 30 лет. Спортсмены занимались профессиональным спортом (футбол) и имели спортивный разряд кандидата в мастера спорта. Забор слюны производили два раза: проба отбиралась до интенсивной тренировки и после интенсивной тренировки. Антиоксидантный статус оценивали по методу H₂O₂-люминол-зависимой хемилюминесценции. **Результаты.** В результате исследования обнаружены взаимосвязи антиоксидантного статуса слюны от физической нагрузки. Наблюдается деградация антиоксидантной защиты вследствие, предположительно, уменьшения активности ферментов пероксидазной защиты. Прооксидантная система тоже работает менее эффективно, о чем говорит спад таких индикаторов ХЛ-свечения, как максимальная интенсивность, амплитуда и светосумма, которые показывают количество АФК. Но к 4-му и 5-му дням показатели находятся уже на уровне первого дня тренировочного процесса. Наибольшее количество свободных радикалов (S_{max}) образовалось на 4-й день после тренировки. Можно отметить, что пик работы АОС приходится на 3-й день. При этом максимально увеличивается разрыв показателей ЧСС до и после физической нагрузки и снижается скорость нейтрализации свободных радикалов. **Заключение.** Таким образом, в результате исследования обнаружено снижение скорости нейтрализации АФК АОС к третьему дню тренировочного процесса, при этом начиная с 4-го дня наблюдается адаптация АОС к росту концентрации свободных радикалов в слюне и ее активизация. Результаты данной работы можно рассматривать в качестве начального этапа для выявления в слюне биологических маркеров стресса, по которым можно обнаружить это состояние у пациента и принять меры по охране здоровья. Таким образом, планируется осуществить персонализированный подход в спортивной медицине.

Ключевые слова: физическая нагрузка, слюна, антиоксидантная система, хемилюминесценция

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Красноярского краевого научного фонда по исследовательскому проекту «Разработка экспресс-интегральной методики оценки функционального состояния спортсмена с целью эффективного управления тренировочным процессом для достижения высокого спортивного результата» (Проект № KF-537) и при финансовой поддержке РФФИ и Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 19-416-240001.

Для цитирования: Антиоксидантный статус у спортсменов в период интенсивной физической нагрузки / О.А. Коленчукова, Л.В. Степанова, А.М. Вышедко и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2022. Т. 22, № 4. С. 51–58. DOI: 10.14529/hsm220406

ANTIOXIDANT STATUS IN ATHLETES DURING INTENSIVE EXERCISE

O.A. Kolenchukova^{1,2}, Okolenchukova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9552-447X>
L.V. Stepanova², Istepanova@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5503-4898>
A.M. Vyshedko², Avishedko@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2854-4662>
N.N. Demidko², ndemidko@sfu-kras.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2595-2468>
L.I. Aleksandrova², laalexandrova@sfu-kras.ru

¹Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. Aim. The paper investigates salivary catalase activity in athletes before and after exercise by using H₂O₂-luminol chemiluminescent reactions. **Materials and methods.** The study involved athletes aged 20–30 years (n = 25). All athletes are professional football players (Candidates for the Master of Sport degree). Saliva sampling was performed twice: before and after exercise. Antioxidant status was assessed by means of H₂O₂-luminol chemiluminescent reactions. **Results.** The study showed a relationship between salivary antioxidant status and exercise. Antioxidant degradation was observed, probably associated with a decrease in the activity of peroxidase enzymes. The pro-oxidant system demonstrated decreased performance, as evidenced by a decline in such CL-luminescence parameters as maximum intensity, amplitude, and light sum, which demonstrate reactive oxygen species. However, by days 4 and 5, the results were comparable with the baseline training values. The greatest number of ROS (Smax) was observed on day 4 after exercise. The peak performance of ROS was observed on day 3, as well as the greatest difference in HR before and after exercise and a decrease in the rate of ROS neutralization. **Conclusion.** Thus, a decrease in the rate of ROS neutralization by day 3 was observed. On day 4, the adaptation of the antioxidant system to salivary ROS levels and its activation were noted. The results obtained can be considered the initial stage for identifying biological stress markers for stress detection in subjects and health protection. Thus, it is planned to implement a personalized approach in sports medicine.

Keywords: exercise, saliva, antioxidant system, chemiluminescence

Acknowledgements. This work was financially supported by the Krasnoyarsk Regional Scientific Foundation under the research project “Development of an express-integral method for the assessment of the functional state of an athlete to effectively manage training and achieve high sports performance” (Project No. KF-537), the Russian Foundation for Basic Research, and the Krasnoyarsk Regional Foundation of Science (Project No. 19-416-240001).

For citation: Kolenchukova O.A., Stepanova L.V., Vyshedko A.M., Demidko N.N., Aleksandrova L.I. Antioxidant status in athletes during intensive exercise. *Human. Sport. Medicine.* 2022;22(4):51–58. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm220406

Введение. Развитие системы физической подготовки требует тренировочного процесса, который можно настраивать с помощью объективных критериев для оценки реакции организма на физические нагрузки. Нарушение адаптивного потенциала организма происходит из-за экстремальных физических нагрузок в современном спорте [2, 4, 9, 11, 13, 14]. Антиоксидантная система – это система, которая активно участвует в адаптивных процессах. Каталаза – это фермент с мощными антиоксидантными свойствами. Он действует против свободных радикалов кислорода (ROS) и участвует в метаболизме; он расщепляет перекись водорода на воду и молекулярный кис-

лород. Основные механизмы генерации АФК связаны с нарушением работы электронно-транспортных цепей митохондрий или микросом, особенно при низкой концентрации аденозиндифосфата, дефиците кислорода и при изменении свойств дегидрогеназ [1, 3, 10, 12, 21]. Учитывая, что физическая нагрузка в условиях гипоксии является характерной чертой некоторых видов спорта, в частности циклических, можно предположить, что в функционировании этой системы у спортсменов происходят значительные изменения. Экстремальные физические нагрузки, характерные для спорта, значительно влияют на систему ROS, вызывая изменения в ферментных системах.

Эти изменения могут быть как положительными, так и компенсирующими. В некоторых случаях они могут вызывать декомпенсацию, а также ингибировать антиоксидантные механизмы, накапливать радикалы кислорода в тканях и вызывать повреждение [5, 7, 8, 17, 18, 20]. Перекись водорода – один из самых мощных свободных радикалов. Он образуется в клетках организма под действием определенных ферментов в результате химических процессов. Накопление перекиси водорода в организме приводит к разрушению и гибели клеток. Каталаза, являясь гемопротеином, препятствует этому процессу. Однако для регулярных сокращений необходим незначительный физиологический уровень АФК в мышечных клетках, поскольку свободные радикалы, которые высвобождаются при разрушении мышечной ткани, служат важными регуляторами процессов восстановления, которые способствуют адаптации мышечной ткани к стрессу [4, 6, 15, 16, 19].

Методы и организация исследования.

Для исследования была выбрана группа спортсменов ($n = 25$) в возрасте от 20 до 30 лет. Спортсмены занимались профессиональным спортом (футбол) и являлись кандидатами в мастера спорта (КМ). Спортсмены обучались на Европейских студенческих играх (предсоревновательный период) в течение 5 дней. Они получили обычную физическую нагрузку на 90 минут. До и после физической активности брали пробы слюны и измеряли частоту сердечных сокращений (ЧСС). Тестовый материал (слюна) собирали, прося спортсменов

плюнуть в пробирку. Слюну брали дважды: до и после физической нагрузки.

Активность каталазы измеряли с помощью H_2O_2 -люминол-зависимой хемилюминесценции [1]. Хемилюминесцентное исследование (ХЛ) проводили на многоходовом микропланшетном ридере TriStarLB 941 (Berthold) по следующей методике: 200 мкл слюны, 25 мкл люминола и 25 мкл 3 % H_2O_2 . ХЛ проводили в течение 5 мин, во время которых получали график динамики люминесценции образцов. Были зарегистрированы следующие параметры: t_0 (начальное время реакции), t_{max} (время до пика), I_{max} (максимальная интенсивность), A (амплитуда), U_{max} (скорость спада кривой), S_{max} (площадь хемилюминесцентного отклика) и тангенс угла наклона.

Данные были проанализированы с помощью программы Statistica 10. Статистическую значимость средних значений оценивали с помощью непараметрического критерия Вилкоксона. Данные обрабатывались путем расчета медианы и межквартильного размаха (перцентили C_{25} – C_{75}). Для анализа силы корреляции между параметрами использовался метод Спирмена.

Результаты. Активность каталазы в слюне спортсменов анализировали до и после интенсивной физической нагрузки в течение 5 дней. Результаты коррелировали с параметрами ЧСС.

Показатели ЧСС у спортсменов достоверно различались до и после физической нагрузки на 3-и и 4-е сутки (рис. 1). График показывает, что ЧСС до и после физической активно-

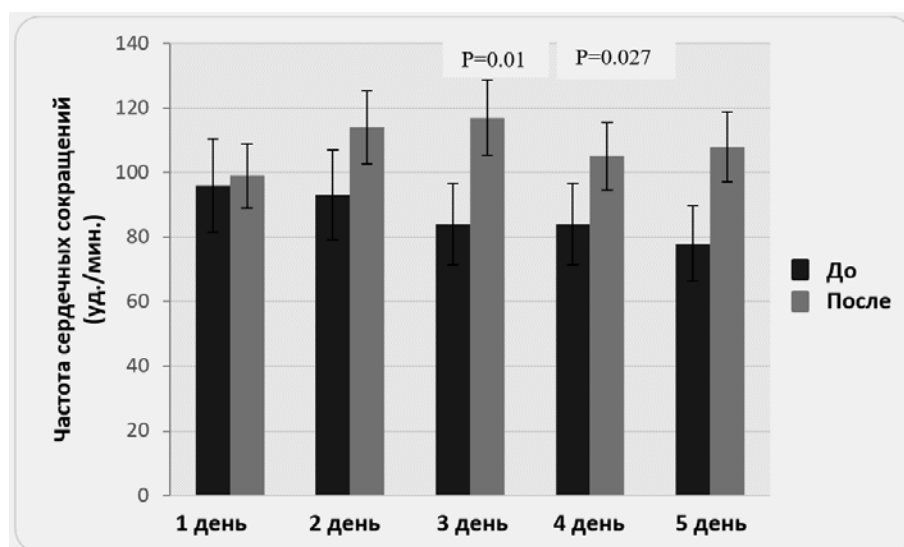


Рис. 1. ЧСС у спортсменов до и после тренировочного процесса в динамике
Fig. 1. HR in athletes before and after exercise over time

сти такая же, как и в 1-й день исследования. В последующие дни ЧСС после физических нагрузок была значительно выше.

Для активности каталазы в слюне спортсменов достоверная разница в t_0 и t_{max} наблюдалась до и после физической нагрузки на 2, 3, 4 и 5-й день тренировок (рис. 2, 3). Таким образом, результаты показали, что изучаемый параметр, характеризующий начало утилизации АФК, достоверно увеличивался после физических нагрузок на 2, 3 и 4-й день тренировок и снижался на 5-й день тренировок. После физической нагрузки t_{max} достоверно увеличивалось на 2-е сутки и снижалось на 3, 4 и 5-й день. Хемилюминесцентные параметры, в том числе интенсивность, амплитуда, скорость спада кривой и тангенс угла наклона, которые характеризуют активность каталазы в слюне, значительно увеличились после физической нагрузки на 3-й день тренировок

(рис. 4). По сравнению со значением, полученным до тренировки, S_{max} увеличилась после физической нагрузки на 5-й день тренировки (рис. 5). Таким образом, продукция каталазы увеличивается во время тренировки, что наблюдается по ее повышенной концентрации в слюне.

Максимальные значения U_{max} , характеризующие скорость утилизации свободных радикалов, наблюдались на 3-й день тренировки. Пик U_{max} также совпал с пиком ЧСС спортсменов. Максимальное количество свободных радикалов (S_{max}) наблюдалось после физических нагрузок на 4-й день тренировки. Следовательно, можно сказать, что пик выработки каталазы приходится на 3-й день тренировки. Разница показателей ЧСС до и после физической нагрузки увеличивается, а скорость нейтрализации свободных радикалов снижается. Таким образом, исследование

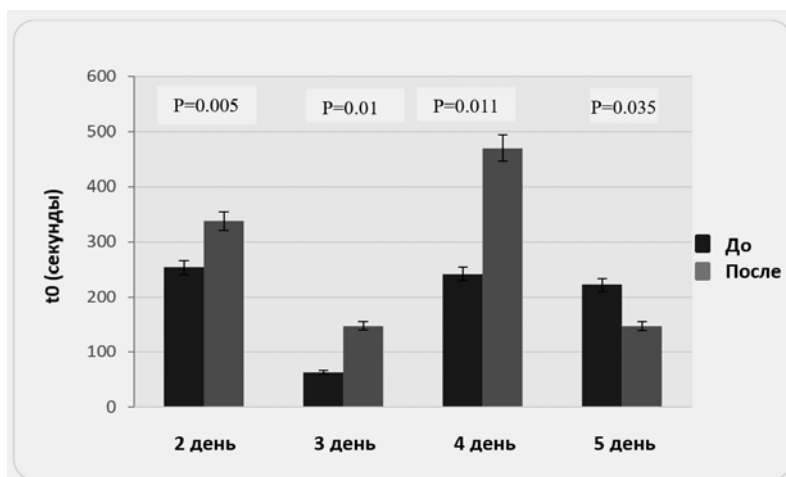


Рис. 2. Показатели t_0 у спортсменов до и после нагрузки в динамике
Fig. 2. t_0 values in athletes before and after exercise over time

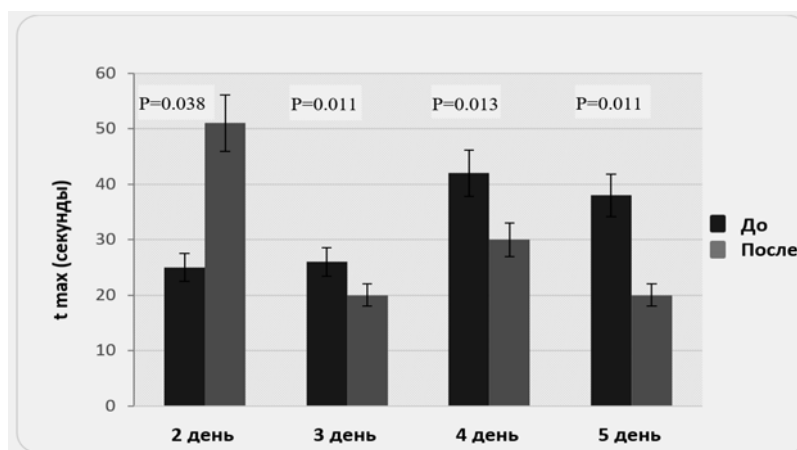


Рис. 3. Показатели t_{max} у спортсменов до и после нагрузки в динамике
Fig. 3. t_{max} values in athletes before and after exercise over time

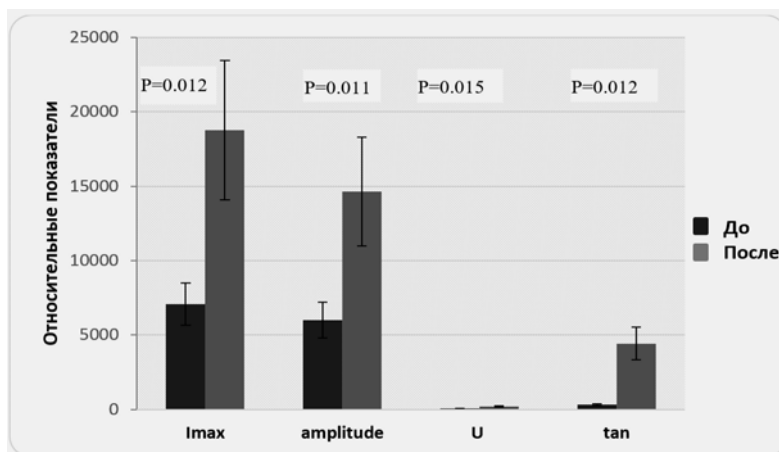


Рис. 4. Хемилюминесцентные показатели активности продукции каталазы (Imax (интенсивность), U (скорость), амплитуда кривой, тангенс угла наклона кривой) до и после физических нагрузок на 3-й день тренировочного процесса
Fig. 4. Chemiluminescent measurements of catalase activity (Imax [intensity], U (rate), curve amplitude, slope tangent) before and after exercise on day 3

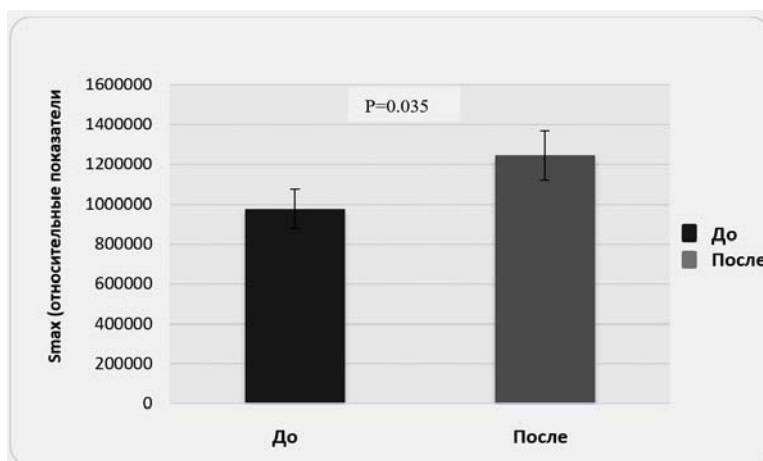


Рис. 5. Площадь хемилюминесцентной кривой у спортсменов до и после физической нагрузки на 5-й день тренировочного процесса
Fig. 5. Chemiluminescent curve area in athletes before and after exercise on day 5

продемонстрировало снижение скорости нейтрализации свободных радикалов пероксида каталазой на 3-й день тренировки. С 4-го дня активируется антиоксидантная система, которая адаптируется к увеличению концентрации свободных радикалов в слюне.

Заключение. В этом исследовании мы показали корреляцию между уровнем каталазы в слюне и физической активностью [16]. Физическая активность вызывает стресс для организма; увеличивает окислительный стресс. Однако организм может адаптироваться к этому стрессу. Эту адаптацию мы можем наблюдать, анализируя динамические параметры уровня каталазы с 1-го по 5-й день тренировки.

Известно, что антиоксидантная система менее интенсивно перехватывает радикалы при стрессе из-за пониженной скорости нейтрализации АФК. Таким образом, наблюдается деградация системы антиоксидантной защиты предположительно в результате снижения активности ферментов системы пероксидазной защиты. Прооксидантная система также работает менее эффективно, о чем свидетельствует снижение показателей ХЛ максимальной интенсивности, амплитуды и светосуммы, которые указывают на количество каталазы. Тем не менее к 4-му и 5-му дню показатели стабилизируются и соответствуют уровням, наблюдаемым в 1-й день тренировочного процесса.

Список литературы

1. Антиоксидантный статус как маркер здоровья студентов в период интенсивной умственной нагрузки / О.А. Коленчукова, Е.Н. Долгушина, А.А. Рюпина и др. // Гигиена и санитария. – 2018. – Т. 97. – № 4. – С. 332–336.
2. Базарин, К.П. Динамика показателей антиоксидантного статуса у спортсменов, членов команды по спортивному ориентированию / К.П. Базарин, Н.М. Титова, С.А. Кузнецов // Бюл. Вост.-Сибир. науч. центра Сибир. отд-ния Рос. академии мед. наук. – 2013. – Т. 5 (93). – С. 9–12.
3. Бельская, Л.В. Система перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты слюны при раке лёгкого / Л.В. Бельская, В.К. Косенок, Ж. Массард // Клинич. лабораторная диагностика. – 2018. – Т. 63, № 9. – С. 530–537.
4. Биофизический анализ слюны в оценке функционального состояния организма спортсмена / А.М. Вышедко, Л.В. Степанова, О.А. Коленчукова, В.А. Кратасюк // Теория и практика физ. культуры. – 2019. – № 7. – С. 65–67.
5. Показатели хеми- и биолюминесцентных тестов биологических жидкостей в оценке физического здоровья человека / С.Н. Деревцова, А.А. Романенко, О.А. Коленчукова и др. // Клинич. лабораторная диагностика. – 2020. – Т. 65, № 9. – С. 541–546.
6. A covalent triazine framework as an oxidase mimetic in the luminol chemiluminescence system: application to the determination of the antioxidant rutin / H. Tan, Y. Zhao, X. Xu et al. // *Mikrochim Acta*. – 2019. – Vol. 187 (1). – P. 42. DOI: 10.1007/s00604-019-4058-5
7. A non-invasive and qualitative bioluminescent assay for express diagnostics of athletes' response to physical exertion / V.A. Kratasjuk, L.V. Stepanova, R. Ranjan et al. // *Luminescence*. – 2020. DOI: 10.1002/bio.3954
8. Antioxidant capacity of human saliva and periodontal screening assessment in healthy adults / G.M. Tartaglia, N. Gagliano, L. Zarbin et al. // *Arch Oral Biol*. – 2017. – Vol. 78. – P. 34–38. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2017.02.003. Epub 2017 Feb 5
9. Antioxidants in Personalized Nutrition and Exercise / N.V. Margaritelis, V. Paschalis, A.A. Theodorou et al. // *Adv Nutr*. – 2018 – Vol. 9 (6) – P. 813–823. DOI: 10.1093/advances/nmy052
10. Assessment of oxidative damage and enzymatic antioxidant system activity on the umbilical cord blood and saliva from preterm newborns with risk factors for early-onset neonatal sepsis / F.G. Coutinho, E.M.A Diniz, I. Kandler et al. // *Rev Assoc Med Bras (1992)*. – 2018. – Vol. 164 (10). – P. 888–895. DOI: 10.1590/1806-9282.64.10.888
11. Li, G. Exercise and Cardiovascular Protection / G. Li, J. Li, F. Gao // *Adv Exp Med Biol*. – 2020. – Vol. 1228. – P. 205–216. DOI: 10.1007/978-981-15-1792-1_14
12. Metabolic Disease Risk in Children by Salivary Biomarker Analysis / J.M. Goodson, A. Kantarci, M. Hartman et al. // *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9 (6). – P. e98799. DOI: 10.1371/journal.pone.0098799
13. Peluso, I. Salivary and Urinary Total Antioxidant Capacity as Biomarkers of Oxidative Stress in Humans / I. Peluso, A. Raguzzini // *Patholog Res Int*. – 2016. – Vol. 2016. – P. 5480267. DOI: 10.1155/2016/5480267
14. Resistance Training, Antioxidant Status, and Antioxidant Supplementation / A. Ismaeel, M. Holmes, E. Papoutsis et al. // *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. – 2019. – Vol. 29 (5). – P. 539–547. DOI: 10.1123/ijsnem.2018-0339
15. Salivary Biomarkers for Detection of Systemic Diseases / N. Rathnayake, S. Åkerman, B. Klinge et al. // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8 (4). – P. e61356. DOI: 10.1371/journal.pone.0061356
16. Salivary Biomarkers: Toward Future Clinical and Diagnostic Utilities / J.M. Yoshizawa, Ch. A. Schafer, J.J. Schafer et al. // *Clin Microbiol Rev*. – 2013. – Vol. 26 (4). – P. 781–791. DOI: 10.1128/CMR.00021-13
17. Salivary markers of inflammation in response to acute stress / D.C. Slavish, J.E. Graham-Engeland, J.M. Smyth, Ch. G. Engeland // *Brain Behav Immun*. – 2015. – Vol. 44. – P. 253–269. DOI: 10.1016/j.bbi.2014.08.008
18. Salivary markers of oxidative stress in oral diseases / L. Tóthová, N. Kamodyová., T. Červenka, P. Celec // *Front Cell Infect Microbiol*. – 2015. – Vol. 5. – P. 73. DOI: 10.3389/fcimb.2015.00073
19. Spielmann, N. Saliva: diagnostics and therapeutic perspectives / N. Spielmann, D.T. Wong // *Oral Dis*. – 2011. – Vol. 17 (4). – P. 345–354. DOI: 10.1111/j.1601-0825.2010.01773.x

20. *The Role of Selenium Mineral Trace Element in Exercise: Antioxidant Defense System, Muscle Performance, Hormone Response, and Athletic Performance. A Systematic Review* / D. Fernández-Lázaro, C.I Fernández-Lázaro, J. Mielgo-Ayuso et al. // *J.Nutrients*. – 2020. – Vol. 12 (6). – P. 1790. DOI: 10.3390/nu12061790

21. *The role of the saliva antioxidant barrier to reactive oxygen species with regard to caries development* / A. Jurczak, D. Kościelniak, A. Skalniak et al. // *Redox Rep.* – 2017. – Vol. 22 (6). – P. 524–533. DOI: 10.1080/13510002.2017.1301625. Epub 2017 Mar 13

References

1. Kolenchukova O.A., Dolgushina E.N., Ryupina A.A. et al. [Antioxidant Status as a Marker of Students' Health During the Period of Intense Mental Stress]. *Gigiyena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 2018, vol. 97, no. 4, pp. 332–336. (in Russ.) DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-4-332-336

2. Bazarin K.P., Titova N.M., Kuznetsov S.A. [Dynamics of Antioxidant Status Indices in Orienteering Team Members]. *Byulleten vostochno sibirskogo nauchnogo centra sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii medicinskih nauk* [Bulletin of the East Siberian Scientific Center SBRAMS], 2013, no. 5 (93), pp. 9–12. (in Russ.)

3. Bel'skaya L.V., Kosenok V.K., Massard Z. [The System of Lipid Peroxidation and Antioxidant Protection of Saliva in Lung Cancer]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika* [Klin Lab Diagn], 2018, vol. 63 (9), pp. 530–537. (in Russ.) DOI: 10.18821/0869-2084-2018-63-9-530-537

4. Vyshedko A.M., Stepanova L.V., Kolenchukova O.A., Kratasyuk V.A. [Biophysical Analysis of Saliva in Assessing the Functional State of the Athlete's Body]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2019, no. 7, pp. 65–67. (in Russ.)

5. Derevtsova S.N., Romanenko A.A., Kolenchukova O.A. et al. [Indicators of Chemiluminescent and Bioluminescent Tests of Biological Liquids in the Assessment of Physical Health]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika* [Russian Clinical Laboratory Diagnostics], 2020, vol. 65, no. 9, pp. 541–546. (in Russ.) DOI: 10.18821/0869-2084-2020-65-9-541-546

6. Tan H., Zhao Y., Xu X. et al. A Covalent Triazine Framework as an Oxidase Mimetic in the Luminol Chemiluminescence System: Application to the Determination of the Antioxidant Rutin. *Mikrochim Acta*, 2019, vol. 187 (1), p. 42. DOI: 10.1007/s00604-019-4058-5

7. Kratasyuk V.A., Stepanova L.V., Ranjan R. et al. A Non-Invasive and Qualitative Bioluminescent Assay for Express Diagnostics of Athletes' Response to Physical Exertion. *Luminescence*, 2020. DOI: 10.1002/bio.3954

8. Tartaglia G.M., Gagliano N., Zarbin L. et al. Antioxidant Capacity of Human Saliva and Periodontal Screening Assessment in Healthy Adults. *Arch Oral Biology*, 2017, vol. 78, pp. 34–38. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2017.02.003 Epub 2017 Feb 5.

9. Margaritelis N.V., Paschalis V., Theodorou A.A. et al. Antioxidants in Personalized Nutrition and Exercise. *Adv Nutr*, 2018, vol. 9 (6), pp. 813–823. DOI: 10.1093/advances/nmy052

10. Coutinho F.G., Diniz E.M.A., Kandler I. et al. Assessment of Oxidative Damage and Enzymatic Antioxidant System Activity on the Umbilical Cord Blood and Saliva from Preterm Newborns with Risk Factors for Early-Onset Neonatal Sepsis. *Rev Assoc Medical Brazilian (1992)*, 2018, vol. 64 (10), pp. 888–895. DOI: 10.1590/1806-9282.64.10.888

11. Li G., Li J., Gao F. Exercise and Cardiovascular Protection. *Adv Experimental Medical Biological*, 2020, vol. 1228, pp. 205–216. DOI: 10.1007/978-981-15-1792-1_14

12. Goodson J.M., Kantarci A., Hartman M. et al. Metabolic Disease Risk in Children by Salivary Biomarker Analysis. *PLoS One*, 2014, vol. 9 (6), e98799. DOI: 10.1371/journal.pone.0098799

13. Peluso I., Raguzzini A. Salivary and Urinary Total Antioxidant Capacity as Biomarkers of Oxidative Stress in Humans. *Patholog Reserch Int*, 2016, vol. 2016, 5480267. DOI: 10.1155/2016/5480267

14. Ismaeel A., Holmes M., Papoutsi E. et al. Resistance Training, Antioxidant Status, and Antioxidant Supplementation. *International Journal Sport Nutrition Exercise Metab*, 2019, vol. 29 (5), pp. 539–547. DOI: 10.1123/ijsnem.2018-0339

15. Rathnayake N., Akerman S., Klinge B. et al. Salivary Biomarkers for Detection of Systemic Diseases. *PLoS One*, 2013, vol. 8 (4), e61356. DOI: 10.1371/journal.pone.0061356

16. Yoshizawa J.M., Schafer Ch.A., Schafer J.J. et al. Salivary Biomarkers: Toward Future Clinical and Diagnostic Utilities. *Clinical Microbiol Rev*, 2013, vol. 26 (4), pp. 781–791. DOI: 10.1128/CMR.00021-13
17. Slavish D.C., Graham-Engeland J.E., Smyth J.M., Engeland Ch.G. Salivary Markers of Inflammation in Response to Acute Stress. *Brain Behav Immun*, 2015, vol. 44, pp. 253–269. DOI: 10.1016/j.bbi.2014.08.008
18. Tóthová L., Kamodyová N., Červenka T., Celec P. Salivary Markers of Oxidative Stress in Oral Diseases. *Front Cell Infect Microbiol*, 2015, vol. 5, p. 73. DOI: 10.3389/fcimb.2015.00073
19. Spielmann N., Wong D.T. Saliva: Diagnostics and Therapeutic Perspectives. *Oral Dis*, 2011, vol. 17 (4), pp. 345–354. DOI: 10.1111/j.1601-0825.2010.01773.x
20. Fernández-Lázaro D., Fernandez-Lazaro C.I., Mielgo-Ayuso J. et al. The Role of Selenium Mineral Trace Element in Exercise: Antioxidant Defense System, Muscle Performance, Hormone Response, and Athletic Performance. A Systematic Review. *Journal Nutrients*, 2020, vol. 12 (6), p. 1790. DOI: 10.3390/nu12061790
21. Jurczak A., Kościelniak D., Skalniak A. et al. The Role of the Saliva Antioxidant Barrier to Reactive Oxygen Species with Regard to Caries Development. *Redox Rep*, 2017, vol. 22 (6), pp. 524–533. DOI: 10.1080/13510002.2017.1301625

Информация об авторах

Коленчукова Оксана Александровна, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-клеточной физиологии и патологии, Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; профессор кафедры биофизики, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Степанова Людмила Васильевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биофизики, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Выshedko Александра Михайловна, старший преподаватель кафедры физической культуры, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Демидко Наталия Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры и оздоровительных технологий, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Александрова Людмила Ивановна, доцент кафедры физической культуры, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия.

Information about the authors

Oksana A. Kolenchukova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Molecular Cell Physiology and Pathology, Research Institute of Medical Problems of the North, Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia; Professor, Department of Biophysics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Lyudmila V. Stepanova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biophysics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Alexandra M. Vyshedko, Senior Lecturer, Department of Physical Education, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Natalia N. Demidko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Medical and Biological Fundamentals of Physical Education and Health Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Lyudmila I. Aleksandrova, Associate Professor of the Department of Physical Education, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

Статья поступила в редакцию 12.08.2022

The article was submitted 12.08.2022