

Идиопатическое бесплодие у мужчин разных этнических групп: 8-гидрокси-2'-дезоксигуанозин как маркер окислительного стресса

Н.А. Курашова, Б.Г. Дашиев, С.И. Колесников, А.В. Лабыгина, Л.И. Колесникова

*Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека
664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 16*

Резюме

Окислительный стресс – доказанный фактор мужского бесплодия. В последнее время появляется все больше доказательств того, что 8-гидрокси-2'-дезоксигуанозин (8-OHdG) служит точным и чувствительным биомаркером окислительного повреждения ДНК. Исследования, выявившие этноспецифичность течения процессов липопероксидации, дают возможность предположить различия окисления не только липидов, но и ДНК у мужчин разных этногрупп. Цель исследования – оценить интенсивность процессов свободнорадикального окисления липидов и уровень 8-OHdG как возможного маркера окислительного стресса у мужчин разных этнических групп при идиопатическом бесплодии. **Материал и методы.** В исследовании приняли участие 672 мужчины с идиопатическим бесплодием, представители русского ($n = 225$) и бурятского ($n = 447$) этносов. Сформированы две контрольные группы практически здоровых мужчин соответствующих этнических групп с реализованной репродуктивной функцией. Содержание продуктов свободнорадикального окисления липидов и ДНК определяли с помощью спектрофотометрических, флуориметрических и иммуноферментных методов анализа. **Результаты.** Подтверждено, что окислительное повреждение ДНК может иметь важное значение в этиологии мужского бесплодия. У мужчин с идиопатической инфертильностью европеоидной этногруппы выявлен статистически значимо более высокий уровень 8-OHdG в сыворотке крови в сравнении с фертильными мужчинами, что свидетельствует о наличии изменений на уровне ДНК клетки. У монголоидов таких изменений не обнаружено, что указывает на различие степени интенсивности метаболических процессов у представителей разных этнических групп.

Ключевые слова: окислительный стресс, 8-гидрокси-2'-дезоксигуанозин, идиопатическое бесплодие, мужчины, этника.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Автор для переписки. Курашова Н.А., e-mail: nakurashova@yandex.ru

Для цитирования. Курашова Н.А., Дашиев Б.Г., Колесников С.И., Лабыгина А.В., Колесникова Л.И. Идиопатическое бесплодие у мужчин разных этнических групп: 8-гидрокси-2'-дезоксигуанозин как маркер окислительного стресса. *Сиб. науч. мед. ж.* 2025;45(5):268–274. doi: 10.18699/SSMJ20250524

Idiopathic infertility in men of different ethnic groups: 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine as a marker of oxidative stress

N.A. Kurashova, B.G. Dashiev, S.I. Kolesnikov, A.V. Labygina, L.I. Kolesnikova

*Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems
664003, Irkutsk, Timiryazeva st., 16*

Abstract

Oxidative stress is a proven factor in male infertility. Recently, there is increasing evidence that 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG) is considered an accurate and sensitive biomarker of oxidative DNA damage. Studies that revealed ethnospecificity of the course of lipoperoxidation processes suggest differences in oxidation of not only lipids but also DNA in men of different ethnogroups. Aim of the study was to evaluate free-radical lipid oxidation intensity and 8-OHdG level as a possible marker of oxidative stress in men of different ethnic groups in idiopathic infertility. **Material and methods.** The study involved 672 men with idiopathic infertility, representatives of Russian ($n = 225$)

and Buryat ($n = 447$) ethnic groups. Two control groups of practically healthy men of the corresponding ethnic groups with realized reproductive function were formed. Lipid and DNA free-radical oxidation product content was determined using spectrophotometric, fluorimetric and enzyme immunoassay methods. **Results.** It is confirmed that oxidative DNA damage may be important in the etiology of male infertility. In men with idiopathic infertility of the Caucasian ethnic group, a significantly higher level of 8-OHdG in serum was found compared to fertile men, indicating the presence of changes at the cellular DNA level. There were no such changes in the Mongoloids, which indicates a difference in the intensity of metabolic processes among representatives of different ethnic groups.

Key words: oxidative stress, 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine, idiopathic infertility, men, ethnicity.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Correspondence author. Kurashova N.A., e-mail: nakurashova@yandex.ru

Citation. Kurashova N.A., Dashiev B.G., Kolesnikov S.I., Labygina A.V., Kolesnikova L.I. Idiopathic infertility in men of different ethnic groups: 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine as a marker of oxidative stress. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal* = *Siberian Scientific Medical Journal*. 2025;45(5):268–274. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20250524

Введение

Свободнорадикальное окисление биологических субстратов – процесс, который сопровождает метаболизм живых организмов на протяжении всей истории жизни, от ее зарождения до высокоорганизованных животных [1–3]. Нарушение баланса между выработкой активных форм кислорода (АФК) и антиоксидантной защитой вызывает окислительный стресс, сопровождающий практически все патологические состояния организма и действие большинства стрессовых факторов [4–6]. Достаточно подтверждений свидетельствует о влиянии окислительного стресса на мужскую фертильность, способствующего нарушению гормонального баланса и репродуктивной функции мужчин, вызывающего патологические изменения эякулята, повреждение мембраны сперматозоидов, в результате чего увеличивается ее проницаемость, возникают структурные повреждения ДНК и клеточный апоптоз [7–10]. ДНК представляет собой один из наиболее восприимчивых к окислительному стрессу компонентов клеток. АФК окисляют азотистое основание гуанина в молекуле ДНК, приводя к образованию 8-гидрокси-2'-дезоксигуанозина (8-OHdG), обладающего мутагенными свойствами и являющегося клинико-лабораторным маркером окислительного стресса [11, 12]. В отличие от других модифицированных окисленных производных гуанина, 8-OHdG эффективно проникает из клеток в кровотоки и наиболее точно отражает уровень повреждений ДНК, вызванных действием АФК, таких как перекись водорода и супероксидный анион-радикал [5, 13–15]. Увеличение концентрации 8-OHdG связывают с различными патологиями, включая острые и хронические воспалительные заболевания, курение, злоупотребление алкоголем и животными жирами,

чрезмерное воздействие солнечного излучения, сахарный диабет [7, 13].

Исследования, свидетельствующие об этноспецифичности течения процессов липопероксидации, дают основание предположить различия в метаболизме мужчин разных этногрупп, что связано с окислением не только липидов, белков, но и ДНК [4, 16, 17]. Выявленные закономерности позволяют дать теоретическое обоснование для разработки новых алгоритмов обследования infertильных мужчин различной этнической принадлежности для назначения и проведения персонализированной коррекции.

Цель исследования – оценка уровня 8-OHdG как возможного маркера окислительного стресса при идиопатическом бесплодии у мужчин разной этнической принадлежности.

Материал и методы

Анализ результатов обследования мужчин двух этнических групп: европеоиды – на примере русских ($n = 407$, возраст $29,9 \pm 5,3$ года) и монголоиды – на примере бурят ($n = 225$, возраст $31,6 \pm 5,9$ года), из бесплодных супружеских пар, проходивших обследование и лечение на базе ГАУЗ Республиканский перинатальный центр МЗ РБ (г. Улан-Удэ) и ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (г. Иркутск), проведен ретроспективно. У 353 пациентов выявлена патозооспермия: у 222 мужчин европеоидной (возраст $30,2 \pm 5,4$ года) и у 131 монголоидной (возраст $31,4 \pm 6,0$ года) этногрупп. В контрольные группы вошли 100 мужчин европеоидной и 81 мужчина монголоидной этнической принадлежности с реализованной репродуктивной функцией.

Критерии включения пациентов в исследование: отсутствие беременности в паре более

12 месяцев при регулярной половой жизни без контрацепции, идиопатическая олиго-, астен- или тератозооспермия, отсутствие инфекций репродуктивного тракта и признаков воспалительного процесса. Критерии включения в контрольную группу: наличие у партнерши в анамнезе беременности, закончившейся родами; нормозооспермия. Критерии исключения: возраст младше 20 или старше 45 лет, азооспермия, пиоспермия, психосексуальная и эякуляторная дисфункция, гипогонадизм, варикоцеле, иммунная форма бесплодия (MAR-test IgG > 50 %), соматическая патология.

Мужчины подписали информированное добровольное согласие в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (пересмотр 2024 г.). Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике при ФГБНУ Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека (протокол № 5 от 07.11.2019). Клиническое обследование проводилось всем подписавшим согласие на включение в исследование в соответствии с клиническими рекомендациями «Мужское бесплодие» Российского общества урологов. Материалом служили эякулят, эритроциты, плазма и сыворотка крови. Кровь забирали в утренние часы, натощак, из локтевой вены в вакуумные пробирки с ЭДТА-КЗ и активатором сгустка для получения плазмы и сыворотки соответственно.

Интенсивность процессов перекисного окисления липидов оценивали по содержанию в плазме крови диеновых конъюгатов (ДК), кетодиенов и сопряженных триенов (КД и СТ) по методу И.А. Волчегорского [18], продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-АП), – по методу В.Б. Гаврилова и соавт. [19], концентрацию α -токоферола и ретинола – по методу Р.Ч. Черняускене и соавт. [20]. В гемолизате, приготовленном из эритроцитов цельной крови, определяли уровень восстановленного глутатиона (GSH) по методу P.Y. Hissin et al. [21] и активность супероксиддисмутазы (СОД) по методу Н.Р. Misra et al. [22]. Измерения проводили на спектрофлуориметре 02 АБФФ-Т (Россия) и биохимическом анализаторе BTS-350 (Biosystems S.A., Испания). Для расчета индивидуального коэффициента окислительного стресса (КОС) пользовались формулой (рисунк), где i – показатели пациентов; n – показатели лиц контрольной группы; чем больше КОС, тем активнее процессы липопероксидации

и меньше эффективность антиоксидантной защиты [23]. Уровень 8-OHdG измеряли в сыворотке крови на анализаторе ELx808 (BioTek, США) при $\lambda = 450$ нм, используя коммерческий набор AssayDesigns DNA Damage ELISA Kit (Biocompare, США).

Статистический анализ проводили с помощью пакета программ STATISTICA 6.1 StatSoft Inc. (США). Количественные данные представлены при нормальном распределении в виде среднего арифметического и среднеквадратического отклонения ($M \pm SD$), при распределении, отличном от нормального – в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей (Me [Q1; Q3]), для оценки различий использовали соответственно t -критерий Стьюдента и критерий Манна – Уитни. Качественные данные представлены в виде относительных частот объектов исследования (n , %), для оценки различий использовали критерий χ^2 . Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы (p) принимали равным 0,05.

Результаты

Анализ количественных и качественных показателей сперматогенеза выявил патозооспермию у 58,2 % монголоидов и 54,6 % европеоидов, причем ни по частоте выявления патозооспермии ($p = 0,42$), ни по ее различным формам статистически значимых различий между мужчинами разных этнических групп из бесплодных супружеских пар не выявлено (табл. 1).

Оценка величины КОС у мужчин с идиопатическим бесплодием исследуемых этногрупп показала нарушение редокс-баланса в сторону увеличения активности свободнорадикальных окислительных процессов, приводящих к разрушению липидов и дегградации мембранного комплекса клеток; величина КОС у европеоидов с идиопатическим бесплодием составила 2,96 [0,99; 5,74] (у фертильных доноров – 0,73 [0,17; 2,44], $p = 0,000$), у монголоидов – соответственно 1,68 [0,70; 3,55] и 0,95 [0,27; 2,22] ($p = 0,0029$).

У европеоидов с идиопатическим бесплодием установлен статистически значимо более высокий уровень 8-OHdG в сыворотке крови по сравнению с мужчинами в группе соответствующего контроля (табл. 2). Это предполагает наличие изменений на уровне генома клетки, а склонность молекул ДНК к окисляемости характеризует

$$\text{КОС} = \frac{(\text{ДК}i/\text{ДК}n) \times (\text{КД и СТ}i/\text{КД и СТ}n) \times (\text{ТБК-АП}i/\text{ТБК-АП}n)}{(\text{СОД}i/\text{СОД}n) \times (\text{GSH}i/\text{GSH}n) \times (\alpha\text{-токоферол}i/\alpha\text{-токоферол}n) \times (\text{ретинол}i/\text{ретинол}n)}$$

Формула расчета индивидуального КОС

Formula for calculating an individual's oxidative stress index

Таблица 1. Структура нарушений спермограммы у мужчин европеоидной и монголоидной этногрупп, n (%)

Table 1. Structure of spermogram disorders in men of Caucasian and Mongoloid ethnic groups, n (%)

Форма патозооспермии	Европеоиды	Монголоиды	p
Азооспермия	22 (5,4 %)	11 (4,9 %)	0,926
Тератозооспермия в сочетании с астено-и/или олигозооспермией	8 (2,0 %)	5 (2,2 %)	0,940
Астеноолигозооспермия	37 (9,1 %)	24 (10,7 %)	0,616
Олигозооспермия	12 (3,0 %)	5 (2,2 %)	0,777
Астенозооспермия	143 (35,1 %)	86 (38,2 %)	0,492

интенсивность метаболических нарушений. По содержанию 8-OHdG монголоиды с идиопатическим бесплодием и лица группы соответствующего контроля не различались. Уровень 8-OHdG в крови как у фертильных мужчин двух этнических групп, так и у пациентов с идиопатическим бесплодием достоверно не различался (см. табл. 2).

Окислительный стресс – доказанный фактор мужского бесплодия. Ранее нами показано, что общим механизмом патогенеза репродуктивных нарушений у европеоидов и монголоидов является развитие окислительного стресса с накоплением ТБК-АП на фоне снижения активности СОД [24]. Недостаточное содержание α -токоферола в плазме крови у европеоидов и значительное увеличение общей антиокислительной активности крови у монголоидов являются принципиальными отличиями в метаболическом механизме нарушений репродуктивной функции [5, 17].

Таблица 2. Содержание 8-OHdG в сыворотке крови мужчин европеоидной и монголоидной этногрупп, нг/мл

Table 1. 8-OHdG content in blood serum of men of Caucasian and Mongoloid ethnic groups, ng/ml

Наличие идиопатического бесплодия	Европеоиды	Монголоиды	p
Нет	3,1 [1,7; 4,4]	3,6 [1,7; 6,9]	> 0,05
Есть	3,8 [3,4; 6,2]	3,6 [2,7; 9,4]	> 0,05
p	< 0,05	> 0,05	

Обсуждение

Увеличение уровня 8-OHdG выявлено при ряде воспалительных, аллергических, онкологических, аутоиммунных, нейродегенеративных, сердечно-сосудистых заболеваний, при стрессе [11, 12]. Установлены различия уровня 8-OHdG у женщин разных этнических групп в различных фазах климактерического периода [5, 13].

Результаты изучения содержания 8-OHdG при репродуктивных нарушениях у мужчин довольно скудны. X. Wang et al. установили, что концентрация 8-OHdG в сперме мужчин с идиопатической астенозооспермией выше, чем у здоровых мужчин, и выявили отрицательную корреляцию между процентом прогрессивно-подвижных сперматозоидов и концентрацией 8-OHdG в эякуляте [4]. Исследования M. Gholinezhad et al. демонстрируют, что уровень 8-OHdG в плазме спермы бесплодных мужчин достоверно выше, чем у фертильных, тогда как общая антиоксидантная способность – меньше, при этом содержание 8-OHdG отрицательно коррелирует с объемом спермы, общим количеством и морфологией сперматозоидов [16].

Значимые изменения у мужчин после перенесенной коронавирусной инфекции COVID-19 (увеличение фрагментации ДНК сперматозоидов, количества круглых клеток и уровня 8-OHdG наряду со снижением общей антиоксидантной активности и концентрации цинка) указывают на то, что усиление фрагментации ДНК и ухудшение качественных и количественных характеристик спермы у мужчин, возможно, являются следствием дисбаланса про- и антиоксидантных компонентов спермы [25].

Установленное нами статистически значимое повышение уровня 8-OHdG у европеоидов с идиопатическим бесплодием в отличие от мужчин бурятской этнической группы может являться этнически детерминированным. Неоднократно показано, что при оценке эпидемиологии, причин, течения и исходов многих заболеваний необходимо учитывать этнические и расовые факторы. Для разработки эффективных методов защиты от воздействий, угнетающих сперматогенную функцию мужчин, безусловно, требуется значительно более детальное понимание механизмов их повреждающего эффекта [24]. Исследование состояния процессов перекисного окисления липидов, систем регуляции их активности и выявление новых маркеров позволит подойти к пониманию патогенетических особенностей редокс-гомеостаза при нарушениях репродуктивной функции у мужчин разной этнической принадлежности [24].

Заключение

Выявлены межэтнические различия в уровне 8-OHdG, наибольшее его содержание отмечено у европеоидов с идиопатическим бесплодием. Полученные результаты позволяют рекомендовать определение 8-OHdG в сыворотке крови в качестве потенциального биомаркера идиопатического бесплодия у представителей русской этнической группы. Выявление региональных особенностей возникновения и патогенеза идиопатического мужского бесплодия позволит учитывать их для выбора оптимальной стратегии коррекции и восстановления фертильности.

Список литературы

- Белик О.С., Корчин В.И. Особенности состояния окислительного метаболизма у проживающих в северном регионе пациентов с идиопатическим мужским бесплодием. *Технологии живых систем*. 2024;21(4):54–62. doi: 10.18127/j20700997-202404-06
- Корнеев И.А. Мужское бесплодие при окислительном стрессе: пути решения проблемы. *Урология*. 2022;(1):102–108. doi: 10.18565/urology.2022.1.102-108
- Zhang H.Y., Mu Y., Chen P., Liu D.D., Chen K.H., Yu Q., He J., Sun F., Xing J.P., Tang K.F. Metabolic enzyme gene polymorphisms predict the effects of antioxidant treatment on idiopathic male infertility. *Asian J. Androl.* 2022;24(4):430–435. doi: 10.4103/aja202180
- Wang X., Liu N. Sperm DNA oxidative damage in patients with idiopathic asthenozoospermia. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2012;37(1):100–105. doi: 10.3969/j.issn.1672-7347.2012.01.018
- Курашова Н.А., Дашиев Б.Г., Колесникова Л.И. Этнические особенности антиоксидантного статуса у мужчин с бесплодием. *Экол. человека*. 2022;(10):699–707. doi: 10.17816/humeco105642
- Семёнова Н.В., Мадаева И.М., Бричагина А.С., Колесников С.И., Колесникова Л.И. 8-гидрокси-2'-деоксигуанозин как маркер окислительного стресса при инсомнии. *Бюл. эксперим. биол. и мед.* 2021;171(3):369–372. doi: 10.47056/0365-9615-2021-171-3-369-372
- Даренская М.А., Чугунова Е.В., Колесников С.И., Гребенкина Л.А., Семенова Н.В., Никитина О.А., Колесникова Л.И. Уровень маркеров окислительного повреждения липидов и ДНК у мужчин с сахарным диабетом 1 типа и разным уровнем альбуминурии. *Сах. диабет*. 2022;25(2):120–127. doi: 10.14341/DM12765
- Shcherbitskaia A.D., Komarova E.M., Milyutina Y.P., Ishchuk M.A., Sagurova Y.M., Safaryan G.K., Lesik E.A., Gzgzyan A.M., Bespalova O.N., Kogan I.Y. Oxidative stress markers and sperm DNA fragmentation in men recovered from COVID-19. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23(17):10060. doi: 10.3390/ijms231710060
- Vaughan D.A., Tirado E., Garcia D., Datta V., Sakkas D. DNA fragmentation of sperm: a radical examination of the contribution of oxidative stress and age in 16945 semen samples. *Hum. Reprod.* 2020;35(10):2188–2196. doi: 10.1093/humrep/deaa159
- Dai Y., Liu J., Yuan E., Li Y., Shi Y., Zhang L. Relationship among traditional semen parameters, sperm DNA fragmentation, and unexplained recurrent miscarriage: a systematic review and meta-analysis. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2022;12:802632. doi: 10.3389/fendo.2021.802632
- Мармий Н.В., Есипов Д.С. 8-оксо-2'-дезоксигуанозин – биомаркер, сигнальная молекула, потенциальный фармацевтический агент. *Вестн. Волгогр. гос. ун-та. сер. II. Естеств. науки*. 2018;8(1):49–52. doi: 10.15688/jvolsu11.2018.1.9
- Ock C.Y., Kim E.H., Choi D.J., Lee H.J., Hahm K.B., Chung M.H. 8-Hydroxydeoxyguanosine: not mere biomarker for oxidative stress, but remedy for oxidative stress-implicated gastrointestinal diseases. *World J. Gastroenterol.* 2012;18(4):302–308. doi: 10.3748/wjg.v18.i4.302
- Сухопаров П.Д., Вольхина И.В. Потенциальные маркеры болезни Паркинсона. *Современные достижения химико-биологических наук в профилактической и клинической медицине: сб. тр. конф., Санкт-Петербург, 01–02 декабря 2022 г. СПб.*, 2022. С. 323–329.
- Valavanidis A., Vlachogianni T., Fiotakis C. 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG): A critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis. *J. Environ. Sci. Health C. Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.* 2009;27(2):120–39. doi: 10.1080/10590500902885684
- Семёнова Н.В., Бричагина А.С., Никитина О.А., Мадаева И.М., Колесников С.И., Колесникова Л.И. Параметры карбонильного стресса и окислительная модификация ДНК при возрастной менопаузе у женщин русской и бурятской этнических групп. *Экол. человека*. 2022;(6):415–423. doi: 10.17816/humeco105578
- Gholinezhad M., Aliarab A., Abbaszadeh-Goudarzi G., Yousefnia-Pasha Y., Samadaian N., Rasolpour-Roshan K., Aghagolzadeh-Haji H., Mohammad-Khorasani M. Nitric oxide, 8-hydroxydeoxyguanosine, and total antioxidant capacity in human seminal plasma of infertile men and their relationship with sperm parameters. *Clin. Exp. Reprod. Med.* 2020;47(1):54–60. doi: 10.5653/cerm.2020.00423
- Колесникова Л.И., Колесников С.И., Курашова Н.А., Осадчук Л.В., Осадчук А.В., Долгих М.И., Дашиев Б.Г., Шантанова Л.Н. Состояние репродуктивного здоровья и особенности функционирования системы «перекисное окисление липидов-антиоксидантная защита» у мужчин основных этнических групп Прибайкалья. *Бюл. эксперим. биол. и мед.* 2015;160(7):38–40.

18. Волчегорский И.А., Налимов А.Г., Яровинский Б.Г. Сопоставление различных подходов к определению продуктов перекисного окисления липидов в гептан-изопропанольных 225 экстрактах крови. *Вопр. мед. химии*. 1989;35(1):127–131.

19. Гаврилов В.Б., Гаврилова А.Р., Мажуль Л.М. Анализ методов определения продуктов перекисного окисления липидов в сыворотке крови по тесту с тиобарбитуровой кислотой. *Вопр. мед. химии*. 1987;33(1):118–122.

20. Черняускене Р.Ч., Варшкявичене З.З., Грибаускас П.С. Одновременное определение концентраций витаминов Е и А в сыворотке крови. *Лаб. дело*. 1984;(6):362–365.

21. Hissin P.J., Hilf R. Fluorimetric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues. *Anal. Biochem*. 1976;74(1):214–226. doi: 10.1016/0003-2697(76)90326-2

22. Misra H.P., Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *J. Biol. Chem*. 1972;247(10):3170–3175.

23. Даренская М.А., Рычкова Л.В., Колесников С.И., Семенова Н.В., Колесникова Л.И. Интегральная оценка неспецифических реакций липопероксидации крови у девушек-подростков – представительниц сибирских этносов. *Экол. человека*. 2023;(1):29–39. doi: 10.17816/humeco105586

24. Курашова Н.А. Оценка репродуктивного потенциала мужского населения. *Бюл. Вост.-Сиб. науч. центра СО РАМН*. 2014;2(96):104–109.

25. Курашова Н.А., Дашиев Б.Г., Колесников С.И., Колесникова Л.И. Оценка влияния антиоксидантного комплекса на процессы липопероксидации и антиоксидантной защиты у мужчин с нарушениями сперматогенеза, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19. *Урология*. 2024;(5):76–80. doi: 10.18565/urology.2024.5.76-80

References

1. Belik O.S., Korchin V.I. Features of the state of oxidative metabolism in patients with idiopathic male infertility living in the northern region. *Tekhnologii zhivyykh sistem = Living Systems Technologies*. 2024;21(4):54–62. [In Russian]. doi: 10.18127/j20700997-202404-06

2. Korneev I.A. Oxidative stress and male infertility – a clinical perspective. *Urologiya = Urology*. 2022;(1):102–108. [In Russian]. doi:10.18565/urology.2022.1.102-108

3. Zhang H.Y., Mu Y., Chen P., Liu D.D., Chen K.H., Yu Q., He J., Sun F., Xing J.P., Tang K.F. Metabolic enzyme gene polymorphisms predict the effects of antioxidant treatment on idiopathic male infertility. *Asian J. Androl*. 2022;24(4):430–435. Doi: 10.4103/aja202180

4. Wang X., Liu N. Sperm DNA oxidative damage in patients with idiopathic asthenozoospermia. *Zhong*

Nan Da XueXueBao Yi Xue Ban. 2012;37(1):100–105. doi: 10.3969/j.issn.1672-7347.2012.01.018

5. Kurashova N.A., Dashiev B.G., Kolesnikova L.I. Ethnic characteristics of antioxidant status in men with infertility. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2022;(10):699–707. [In Russian]. doi: 10.17816/humeco105642

6. Semenova N.V., Madaeva I.M., Brichagina A.S., Kolesnikov S.I., Kolesnikova L.I. 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine as an oxidative stress marker in insomnia. *Bull. Exp. Biol. Med*. 2021;171(3):384–387. doi: 10.1007/s10517-021-05233-0

7. Darenskaya M.A., Chugunova E.V., Kolesnikov S.I., Grebenkina L.A., Semenova N.V., Nikitina O.A., Kolesnikova L.I. Markers of oxidative damage lipids and dna in men with type 1 diabetes mellitus and different levels of albuminuria. *Sakharnyy diabet = Diabetes Mellitus*. 2022;25(2):120–127. [In Russian]. doi: 10.14341/DM12765

8. Shcherbitskaia A.D., Komarova E.M., Milyutina Y.P., Ishchuk M.A., Sagurova Y.M., Safaryan G.K., Lesik E.A., Gzgzryan A.M., Bepalova O.N., Kogan I.Y. Oxidative stress markers and sperm DNA fragmentation in men recovered from COVID-19. *Int. J. Mol. Sci*. 2022;23(17):10060. doi: 10.3390/ijms231710060

9. Vaughan D.A., Tirado E., Garcia D., Datta V., Sakkas D. DNA fragmentation of sperm: a radical examination of the contribution of oxidative stress and age in 16945 semen samples. *Hum. Reprod*. 2020;35(10):2188–2196. doi: 10.1093/humrep/deaa159

10. Dai Y., Liu J., Yuan E., Li Y., Shi Y., Zhang L. Relationship among traditional semen parameters, sperm DNA fragmentation, and unexplained recurrent miscarriage: a systematic review and meta-analysis. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2022;12:802632. doi: 10.3389/fendo.2021.802632

11. Marmiy N.V., Yesipov D.S. 8-oxo-2'-deoxyguanosine – biomarker, signal molecule, potential pharmaceutical agent. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennye nauki = Science Journal of Volgograd State University. Natural Sciences*. 2018;8(1):49–52. [In Russian]. doi: 10.15688/jvolsu11.2018.1.9

12. Ock C.Y., Kim E.H., Choi D.J., Lee H.J., Hahm K.B., Chung M.H. 8-Hydroxydeoxyguanosine: not mere biomarker for oxidative stress, but remedy for oxidative stress-implicated gastrointestinal diseases. *World J. Gastroenterol*. 2012;18(4):302–308. doi: 10.3748/wjg.v18.i4.302

13. Sukhoparov P.D., Volkhina I.V. Potential markers of Parkinson's disease. *Modern achievements of chemical and biological sciences in preventive and clinical medicine: proc. conf.*, St. Petersburg, December 01–02, 2022. Saint-Petersburg, 2022. p. 323–329. [In Russian].

14. Valavanidis A., Vlachogianni T., Fiotakis C. 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG): A critical biomarker of oxidative stress and carcinogenesis. *J. Envi-*

ron. Sci. Health C. Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev. 2009;27(2):120–39. doi: 10.1080/10590500902885684

15. Semenova N.V., Brichagina A.S., Nikitina O.A., Madaeva I.M., Kolesnikov S.I., Kolesnikova L.I. Carbonil stress parameters and dna oxidative modification in ussian and buryat women with age-related menopause. *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. 2022;(6):415–423. [In Russian]. doi: 10.17816/humeco105578

16. Gholinezhad M., Aliarab A., Abbaszadeh-Goudarzi G., Yousefnia-Pasha Y., Samadaian N., Rasolpour-Roshan K., Aghagolzadeh-Haji H., Mohammadoo-Khorasani M. Nitric oxide, 8-hydroxydeoxyguanosine, and total antioxidant capacity in human seminal plasma of infertile men and their relationship with sperm parameters. *Clin. Exp. Reprod. Med.* 2020;47(1):54–60. doi: 10.5653/cerm.2020.00423

17. Kolesnikova L.I., Kolesnikov S.I., Kurashova N.A., Osadchuk L.V., Osadchuk A.V., Dolgikh M.I., Dashiev B.G., Shantanova L.N. Reproductive health and peculiarities of lipid peroxidation–antioxidant defense system in men of the main ethnic groups of the Baikal region. *Bul. Exp. Biol. Med.* 2015;160(1):32–34. doi: 10.1007/s10517-015-3091-6

18. Volchegorskiy I.A., Nalimov A.G., Yarovinsky B.G. Comparison of different approaches to the determination of lipid peroxidation products in heptane-isopropanol 225 blood extracts. *Voprosy meditsinskoy khimii = Problems of Medical Chemistry*. 1989;35(1):127–131. [In Russian].

19. Gavrilov V.B., Gavrilova A.R., Mazhul L.M. Analysis of methods for the determination of lipid peroxidation products in blood serum using a test with thiobarbituric acid. *Voprosy meditsinskoy khimii = Ques-*

tions of medicinal chemistry. 1987;33(1):118–122. [In Russian].

20. Chernyauksene R.Ch., Varshkyavichene Z.Z., Grybauskas P.S. Simultaneous determination of vitamin E and A concentrations in blood serum. *Laboratornoe delo = Laboratory Business*. 1984;(6):362–365. [In Russian].

21. Hissin P.J., Hilf R. Fluorimetric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues. *Anal. Biochem.* 1976;74(1):214–226. doi: 10.1016/0003-2697(76)90326-2

22. Misra H.P., Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *J. Biol. Chem.* 1972;247(10):3170–3175.

23. Darenskaya M.A., Rychkova L.V., Kolesnikov S.I., Semenova N.V., Kolesnikova L.I. Integral assessment of non-specific lipid peroxidation reactions blood in adolescent girls of the Siberian ethnoses. *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. 2023;(1):29–39. [In Russian]. doi: 10.17816/Humeco105586

24. Kurashova N.A. Assessment of reproductive potential of men. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk = Bulletin of East Siberian Scientific Center of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences*. 2014;2(96):104–109. [In Russian].

25. Kurashova N.A., Dashiev B.G., Kolesnikov S.I., Kolesnikova L.I. Evaluation of the effect of the antioxidant complex on the processes of lipid peroxidation and antioxidant protection in men with impaired spermatogenesis who underwent a new coronavirus infection COVID-19. *Urologiya = Urology*. 2024;(5):76–80. [In Russian]. doi: 10.18565/uroLOGY.2024.5.76-80

Сведения об авторах:

Курашова Надежда Александровна, д.б.н., ORCID: 0000-0001-8591-8619, e-mail: nakurashova@yandex.ru

Дашиев Баир Гомбоевич, к.м.н., ORCID: 0000-0003-2698-0687, e-mail: bairdashiev@mail.ru

Колесников Сергей Иванович, д.м.н., проф., акад. РАН, ORCID: 0000-0003-2124-6328, e-mail: sikolesnikov1@rambler.ru

Лабыгина Альбина Владимировна, д.м.н., ORCID: 0000-0001-8190-6143, e-mail: albinalab2212@mail.ru

Колесникова Любовь Ильинична, д.м.н., проф., акад. РАН, ORCID : 0000-0003-3354-2992, e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Information about the authors:

Nadezhda A. Kurashova, doctor of biological sciences, ORCID: 0000-0001-8591-8619, e-mail: nakurashova@yandex.ru

Bair G. Dashiev, candidate of medical sciences, ORCID: 0000-0003-2698-0687, e-mail: bairdashiev@mail.ru

Sergey I. Kolesnikov, doctor of medical sciences, professor, academician of the RAS, ORCID: 0000-0003-2124-6328, e-mail: sikolesnikov1@rambler.ru

Albina V. Labygina, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0001-8190-6143, e-mail: albinalab2212@mail.ru

Lyubov I. Kolesnikova, doctor of medical sciences, professor, academician of the RAS, ORCID: 0000-0003-3354-2992, e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Поступила в редакцию 09.06.2025

После доработки 24.09.2025

Принята к публикации 24.09.2025

Received 09.06.2025

Revision received 24.09.2025

Accepted 24.09.2025