

Оценка параметров перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у мужчин с патологическими вариантами спермограмм

Курашова Н.А.¹, Кудеярова Е.А.², Кузнецова Е.О.³

¹ ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 16, Россия)

² Педагогический институт ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» (664011, г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5, Россия)

³ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» (664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, Россия)

Автор, ответственный за переписку: Кузнецова Екатерина Олеговна, e-mail: katya-i-95@mail.ru

Резюме

Обоснование. Одной из причин нарушений мужской фертильности является окислительный стресс. В статье представлен сравнительный анализ параметров процессов липопероксидации и антиоксидантной защиты у мужчин с бесплодием и патологическими вариантами спермограмм.

Цель исследования: выявить особенности показателей интенсивности процессов липопероксидации и антиоксидантного статуса в эякуляте мужчин с патологическими вариантами спермограмм.

Методы. В качестве материала для биохимических исследований использовали эякулят. Применялись современные спектрофотометрические, флуориметрические и статистические методы.

Результаты. У мужчин с бесплодием и астенозооспермией установлено снижение общей антиокислительной активности спермы на 50 % и снижение α -токоферола на 52 %. У мужчин с бесплодием и олигозооспермией установлено увеличение концентрации первичных продуктов процесса липопероксидации диеновых конъюгатов на 28 %, уменьшение концентрации конечных продуктов на 26 %, снижение общей антиокислительной активности спермы на 47 % и снижение α -токоферола на 41 %. Низкий уровень общей антиокислительной активности и содержание концентрации токоферола в данных группах свидетельствуют об активации процесса перекисного окисления липидов, поскольку отсутствие достаточного количества антиоксидантов не позволяет антиокислительной системе реализовать свои защитные функции. Срыв антиоксидантной защиты характеризуется развитием синдрома липопероксидации разных компонентов клеток и тканей и может привести к повреждению мембран, инактивации или трансформации ферментов, подавлению деления клеток, накоплению в клетке инертных продуктов полимеризации.

Заключение. Таким образом, в зависимости от варианта патологического состояния эякулята у мужчин репродуктивного возраста процессы липопероксидации имеют свои особенности, в частности у мужчин с олигозооспермией процессы перекисного окисления протекают более интенсивно. В связи с тем, что тонкий баланс антиоксидантной системы организма легко нарушить, антиоксидантная терапия может быть частью лечения при нарушениях сперматогенеза в пределах адекватного уровня суточного потребления.

Ключевые слова: мужчины, сперма, перекисное окисление липидов, антиоксиданты

Для цитирования: Курашова Н.А., Кудеярова Е.А., Кузнецова Е.О. Оценка параметров перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у мужчин с патологическими вариантами спермограмм. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(1): 14-18. doi: 10.29413/ABS.2019-4.1.2.

Parameters of Lipid Peroxidation and Antioxidant Protection in Men with Pathological Spermogram Variants

Kurashova N.A.¹, Kudayarova E.A.², Kuznetsova E.O.³

¹ Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (ul. Timiryazeva 16, 664003 Irkutsk, Russian Federation)

² Teaching Institute, Irkutsk State University (ul. Sukhe-Batora 5, 664011 Irkutsk, Russian Federation)

³ Irkutsk State University (ul. Karla Marksa 1, 664003 Irkutsk, Russian Federation)

Corresponding author: Ekaterina O. Kuznetsova, e-mail: katya-i-95@mail.ru

Abstract

Background. Today infertile marriage is not only a serious medical, but also a socio-demographic and economic problem. Male factor contributes averagely to half of the cases of the disease in couples. Such factors as high levels of reactive oxygen species and oxidative stress have been reported to compromise the process of spermatogenesis and sperm function in men. Oxidative stress is a significant risk factor for male infertility. A pro-oxidant testicular environment may alter the expression profile of functional sperm proteins and result in poor sperm quality.

Aims. To study the characteristics of the intensity of the processes of lipoperoxidation and antioxidant status in the ejaculate of men with different variants of spermograms.

Materials and methods. We examined 69 men with primary infertility and 155 fertile men. The content of lipid peroxidation components and antioxidant protection was determined by spectrophotometric method.

Results. The results of the study in men with infertility and asthenozoospermia showed decreased total antioxidant activity of sperm by 50 % and α -tocopherol by 52 %, and in men with infertility and oligozoospermia, decreased total antioxidant activity of sperm by 47 % and α -tocopherol by 41 %.

Conclusions. The analysis indicates a change in the parameters of the system of lipid peroxidation – antioxidant defense system and confirms the development of oxidative stress in them. Depending on the pathological state of the ejaculate

in men of reproductive age, lipid peroxidation processes have their own characteristics. In men with oligozoospermia, peroxidation processes occur more intensively. Activation of lipid peroxidation – antioxidant defense system processes can be both a consequence and a cause of various metabolic changes in the human body.

Key words: male, sperm, lipid peroxidation, antioxidants

For citation: Kurashova N.A., Kudayarova E.A., Kuznetsova E.O. Parameters of lipid peroxidation and antioxidant protection in men with pathological spermogram variants. *Acta biomedica scientifica*. 2019; 4(1): 14-18. doi: 10.29413/ABS.2019-4.1.2.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день бесплодный брак представляет собой очень сложную и серьёзную медико-социальную проблему [1, 2, 3, 4]. Несмотря на совершенствование клинико-лабораторных обследований и методов и внедрение в широкую клиническую практику вспомогательных репродуктивных технологий, частота бесплодия в браке колеблется в широких пределах (7–28 %) и не имеет тенденции к снижению как в России, так и за рубежом [5]. В 40–60 % случаев причиной отсутствия детей в семье является мужской фактор [4, 6, 7]. Установлено, что оксидативный стресс (ОС) играет негативную роль в функционировании мужских половых клеток. Активные формы кислорода (АФК) необходимы при нормальных физиологических условиях: они способствуют реакции капацитации, регуляции созревания сперматозоидов и развитию клеточных сигнальных путей. Более высокие уровни АФК индуцируют процесс липопероксидации, повреждение ДНК спермиев и апоптоз [8]. Для преодоления этих нежелательных последствий АФК естественным образом стабилизируются компонентами антиоксидантной защиты организма. Однако в случаях, когда наблюдается избыточное количество АФК и система антиоксидантной защиты не справляется, развивается состояние ОС [1, 9, 10]. Сперматозоиды особенно уязвимы для ОС, поскольку не обладают необходимыми цитоплазматическими антиоксидантными системами восстановления. 20–40 % инфертильных мужчин имеют более высокий уровень АФК в сперме, нежели здоровые [11].

Липидный состав клеточных мембран сперматозоидов влияет на их функциональные характеристики [12]. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты в высокой концентрации присутствуют в мужских половых клетках. Их количество по отношению к насыщенным жирным кислотам и холестерину тесно связано с текучестью мембран сперматозоидов [13]. Благодаря значительному количеству двойных связей, полиненасыщенные жирные кислоты в мембранах спермиев особо восприимчивы к перекисному окислению липидов, когда наблюдается увеличение общего количества образовавшихся активных соединений кислорода и нарушение баланса компонентов антиоксидантной системы. Между генерацией АФК, антиоксидантной активностью спермоплазмы и сочетанием нарушения данных показателей с мужским бесплодием установлена корреляция [2, 14].

Исходя из вышеизложенного **целью** исследования явилось выявление особенностей показателей интенсивности процессов липопероксидации и антиоксидативного статуса в эякуляте мужчин с различными вариантами спермограмм.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ ретроспективно проведён анализ результатов обследования мужчин с различными нарушениями эякулята (24 мужчины с олигозооспермией, 45 мужчин с астенозооспермией; средний возраст

31,9 ± 7,5 и 30,2 ± 3,6 года соответственно) из бесплодных семейных пар г. Иркутска. Сформирована контрольная группа из 155 практически здоровых мужчин с нормозооспермией и реализованной репродуктивной функцией (средний возраст 31,6 ± 5,9 года). Критериями исключения как для основной, так и для контрольной группы служили: ожирение; сахарный диабет 1-го и 2-го типов; артериальная гипертензия 1-й и 2-й степени; эндокринное бесплодие; воспалительные заболевания уrogenитального тракта, в том числе инфекции, передающиеся половым путём.

Методы стандартного клинического обследования фертильных и инфертильных мужчин включали: УЗИ органов мошонки и предстательной железы; макро- и микроскопическую оценку эякулята; биохимический анализ. Исследования эякулята проводили в соответствии с рекомендациями ВОЗ (2010). В работе с обследуемыми мужчинами соблюдались этические принципы, предъявляемые Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki (1964, пересмотр октябрь 2013)). Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в семенной жидкости мужчин оценивали по содержанию диеновых конъюгатов (ДК), используя метод В.Б. Гаврилова с соавт. (1983), и активных продуктов тиобарбитуровой кислоты (ТБК-АП), которые определяли флуориметрическим методом В.Б. Гаврилова с соавт. (1987). Систему антиоксидантной защиты (АОЗ) оценивали по уровню общей антиокислительной активности (АОА) крови по методу Г.И. Клебанова с соавт. (1988) и по содержанию её неферментативных компонентов – α-токоферола и ретинола – методом Р.Ч. Черняускене с соавт. (1984). Измерения проводили на спектрофлуорофотометре «Shimadzu RF-1501» (Япония).

Статистический анализ данных проводили с применением программы Statistica 6.1 (StatSoft Inc., США; правообладатель лицензии – ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека»). Данные представлены в виде среднegrupповых значений показателей и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$, где M – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение). Для оценки статистически значимых различий полученных данных использовали критерий Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оксидативный стресс – распространённый вариант патологии, сопровождающий или являющийся одним из ключевых механизмов в развитии репродуктивных нарушений у мужчин. Показано, что в 30–80 % случаев мужского бесплодия патозооспермии обусловлены высоким уровнем АФК в семенной плазме [2, 11, 12].

При сравнении показателей системы ПОЛ–АОЗ у практически здоровых мужчин и у мужчин с астенозооспермией (табл. 1) было установлено, что антиоксидантная система защиты у пациентов с астенозоо-

Таблица 1

Сравнительная характеристика показателей системы ПОЛ–АОЗ у практически здоровых мужчин и у мужчин с астенозооспермией (M ± σ)

Comparison of lipid peroxidation – antioxidant protection parameters between healthy men and men with asthenozoospermia (M ± σ)

Table 1

Показатели	Нормозооспермия (n = 155)	Астенозооспермия (n = 45)	p
ДК, мкМ/л	1,27 ± 0,81	1,31 ± 0,94	0,791
ТБК-АП, мкМ/л	1,06 ± 0,61	0,89 ± 0,46	0,091
АОА, усл. ед.	3,86 ± 2,26	1,94 ± 1,41*	0,000
VIT_E, мкМ/л	5,27 ± 2,99	2,53 ± 1,90*	0,000

Примечание. * – статистически значимые различия между группами при p < 0,05.

Таблица 2

Сравнительная характеристика показателей системы ПОЛ–АОЗ у практически здоровых мужчин и у мужчин с олигозооспермией (M ± σ)

Comparison of lipid peroxidation – antioxidant protection parameters between healthy men and men with asthenozoospermia (M ± σ)

Table 2

Показатели	Нормозооспермия (n = 155)	Астенозооспермия (n = 45)	p
ДК, мкМ/л	1,27 ± 0,81	1,77 ± 0,73*	0,005
ТБК-АП, мкМ/л	1,06 ± 0,61	0,78 ± 0,29*	0,031
АОА, усл. ед.	3,86 ± 2,26	2,44 ± 1,61*	0,003
VIT_E, мкМ/л	5,27 ± 2,99	3,14 ± 2,10*	0,001

Примечание. * – статистически значимые различия между группами при p < 0,05.

спермией характеризуется снижением уровня общей антиокислительной активности (АОА) спермы на 50 % и концентрации α-токоферола на 52 %. Как известно, развитие оксидативного стресса сопровождается снижением концентрации α-токоферола, нивелирующего действия свободных радикалов, в том числе стабилизацией биомембран, и, как следствие, создаются условия для повышения окислительной деструкции белков и липидов. А-токоферол защищает компоненты мембран сперматозоидов от повреждения ОС. Установлена прямая связь между уровнями α-токоферола в семенной плазме и процентом подвижных сперматозоидов в сперме. Кроме того, более низкие уровни α-токоферола наблюдались в сперме бесплодных мужчин [15]. Ряд исследований подтвердили положительный эффект антиоксидантов в отношении нарушений сперматогенеза, вызванных ОС [17, 18].

При сравнении показателей системы ПОЛ–АОЗ у мужчин с нормозооспермией с таковыми у мужчин с олигозооспермией (табл. 2) было установлено увеличение концентрации первичных продуктов процесса липопероксидации (ДК) на 28 %, уменьшение концентрации ТБК-АП на 26 % при одновременном снижении уровня общей антиокислительной активности спермы на 47 % и концентрации α-токоферола на 41 % у пациентов с олигозооспермией. Возрастание диеновых конъюгатов указывает на вовлечение процессов ПОЛ в патогенетические механизмы развивающихся структурно-функциональных нарушений в мужских половых клетках. Первичные продукты процесса ПОЛ, как правило, являются очень неустойчивыми веществами и легко подвергаются дальнейшим превращениям с образованием более стабильных компонентов окисления: альдегидов, кетонов, низкомолекулярных кислот, – вследствие чего отмечается широкий диапазон их изменений. Снижение значений ТБК-АП у мужчин с олигозооспермией может свидетельствовать об активации ферментативного

звена антиоксидантной защиты, в частности ферментов супероксиддисмутазы, окисленного и восстановленного глутатиона [1, 17, 19].

Таким образом, низкий уровень общей АОА и концентрации α-токоферола в группах мужчин как с олигозооспермией, так и с астенозооспермией (табл. 1, 2) свидетельствуют об активации процесса ПОЛ, поскольку отсутствие достаточного количества антиоксидантов не позволяет антиокислительной системе реализовать свои защитные функции. Срыв антиоксидантной защиты характеризуется развитием синдрома липопероксидации разных компонентов клеток и тканей и может привести к следующим изменениям: повреждению мембран, инактивации или трансформации ферментов, подавлению деления клеток, накоплению в клетке инертных продуктов полимеризации [3]. Нарушение подвижности сперматозоидов (астенозооспермия) и их концентрации (олигозооспермия) является значимой причиной недостаточности репродуктивной функции мужчин. Их происхождение разнообразно и в ряде случаев не может быть установлено. Снижение подвижности сперматозоидов часто может быть связано с ультраструктурными нарушениями жгутика, что является следствием генетического характера, а также результатом воздействия внешних факторов – неблагоприятная окружающая среда, табакокурение, алкоголь, скудная и обеднённая микроэлементами диета, малоподвижный образ жизни и многое другое. Оксидативный стресс на ранних стадиях сперматогенеза вызывает мейотический арест и усиление апоптоза, приводящее к олигозооспермии [21]. Повышенный уровень АФК приводит к развитию мутаций ДНК и повреждению клеточных структур с развитием тератозооспермии [12]. Врачи-андрологи рекомендуют мужчинам принимать антиоксиданты при планировании беременности. Перспективным в отношении предотвращения оксидативного стресса и снижения его негативного влияния на сперматогенез является

одновременное применение жирорастворимых витаминов [8]. В экспериментах по изучению эффектов α -токоферола установлено повышение подвижности, функционирования сперматозоидов и частоты оплодотворения [22, 23, 24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом анализ полученных данных обследования мужчин с различными вариантами спермограмм свидетельствует об изменении показателей системы ПОЛ–АОЗ и подтверждает развитие у них оксидативного стресса. Таким образом, можно отметить, что в зависимости от патологического состояния эякулята у мужчин репродуктивного возраста липоперекисные процессы имеют свои особенности, а у мужчин с олигозооспермией процессы перекисного окисления протекают более интенсивно. Активация процессов ПОЛ–АОЗ может являться как следствием, так и причиной различных метаболических изменений в организме.

ЛИТЕРАТУРА

- Kolesnikova LI, Kurashova NA, Bairova TA, Dolgikh MI, Ershova OA, Korytov LI, et al. Role of glutathione-s-transferase family genes in male infertility. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017; 163(5): 643-645. doi: 10.1007/s10517-017-3869-9
- Николаев А.А., Логинов П.В., Ветошкин Р.В. Участие свободных радикалов в функции сперматозоидов. *Астраханский медицинский журнал*. 2014; 9(1): 23-29.
- Galimov SN, Akhmetov RM, Galimova EF, Bairamgulov FM, Bikkulova LR. Molecular aspects of the impact of the Speroton complex on the male fertility in idiopathic infertility. *Urologiia*. 2017; (2): 88-92.
- Шантанова Л.Н., Осадчук Л.В., Дашиев Б.Г., Клещев М.А., Гуторова Н.В., Осадчук А.В., и др. Оценка репродуктивного здоровья у молодых мужчин Республики Бурятия. *Acta biomedica scientifica*. 2012; 6(88): 44-46.
- Артифексова М.С., Бородачева И.В., Сергеев М.Ю., Артифексов С.Б., Жабин С.Г. Показатели качества жизни мужчин, состоящих в бесплодном браке. *Проблемы репродукции*. 2015; 21(5): 84-88.
- Moretti E, Collodel G, Fiaschi AI, Micheli L, Iacoponi F, Cerretani D. Nitric oxide, malondialdehyde and non-enzymatic antioxidants assessed in viable spermatozoa from selected infertile men. *Reprod Biol*. 2017; 17(4): 370-375. doi: 10.1016/j.repbio.2017.10.003.
- Dorostghoal M, Kazeminejad SR, Shahbazian N, Pourmehdi M, Jabbari A. Oxidative stress status and sperm DNA fragmentation in fertile and infertile men. *Andrologia*. 2017; 49(10): e12762. doi: 10.1111/and.12762.
- Ходос М.Я., Казаков Я.Е., Видревич М.Б., Брайнина Х.З. Окислительный стресс и его роль в патогенезе. *Вестник уральской медицинской академической науки*. 2017; 14(4): 381-398. doi: 10.22138/2500-0918-2017-14-4-381-398.
- Колесникова Л.И., Даренская М.А., Колесников С.И. Свободнорадикальное окисление: взгляд патофизиолога. *Бюллетень сибирской медицины*. 2017; 16(4): 16-29. doi: 10.20538/1682-0363-2017-4-16-29
- Darenskaya MA, Kolesnikov SI, Rychkova LV, Grebenkina LA, Kolesnikova LI. Oxidative stress and antioxidant defense parameters in different diseases: ethnic aspects *Free Radic Biol Med*. 2018; 120(S1): S60. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.04.199
- Ломтева С.В., Савикина К.Г., Шестель А.Н., Сагамонова К.Ю., Шкурат Т.П. Окислительный стресс и мужская репродуктивная система. *Валеология*. 2015; (1): 59-67.
- Плосконос М.В. Биохимические изменения в мембране сперматозоидов фертильных мужчин под воздействием индуктора оксидативного стресса и коррекция этих изменений. *Проблемы репродукции*. 2015; 21(5): 102-108.

13. Руднева С.А., Брагина Е.Е., Арифуди Е.А., Сорокина Т.М., Шилейко Л.В., Ермолаева С.А., и др. Фрагментация ДНК в сперматозоидах и ее взаимосвязь с нарушением сперматогенеза. *Андрология и генитальная хирургия*. 2014; (4): 26-33.

14. Kurashova NA, Dolgikh MI, Ershova OA, Gavrilova OA, Osipova EV, Dashiev BG, et al. Associations of polymorphic variants of the biotransformation genes with the components of the glutathione system in men with infertility. *Int J Biomed*. 2017; 7(3): 226-230. doi: 10.21103/Article7(3)_OA13

15. Kolesnikova LI, Darenskaya MA, Rychkova LV, Grebenkina LA, Dolgikh MI, Gavrilova OA. Ethnic peculiarities of the lipid profile in adolescent representatives of some indigenous ethnic groups of Siberia. *J Evol Biochem Physiol*. 2018; 54(5): 356-362. doi: 10.1134/S0022093018050034

16. Kulchenko NG. Principal antioxidant therapy patospermia. *Bulletin Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health*. 2018; 31(1): 41-48.

17. Ahmadi S, Bashiri R, Ghadiri-Anari A, Nadjarzadeh A. Antioxidant supplements and semen parameters: An evidence based review. *Int J Reprod Biomed*, 2016; 14(12): 729-736.

18. Kolesnikova LI, Kurashova NA, Bairova TA, Osipova EV. Activity of components of lipid peroxidation system and antioxidant protection in men with infertility, carriers of non-functional genotypes GSTT1 and GSTM1, *Free Radic Biol Med*. 2018; 120(1): 72-73. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.04.240

19. Kao SH, Chao HT, Chen HW, Huang Y-S, Liao TL, Wei YH. Increase of oxidative stress in human sperm with lower motility. *Fertil Steril*. 2008; 89(5): 1183-1190. doi: 10.1016/j.fertnstert.2007.05.029

20. Madaeva IM, Berdina ON., Semenova NV., Madaev VV., Kolesnikova LI. Erectile dysfunction and sleep apnea syndrome are risk factors of cardiovascular diseases. *Eur J Prevent Cardiol*. 2017; 24(S1): S288.

21. Walczak-Jedrzejska R, Wolski JK, Slowikowska-Hilczek J. The role of oxidative stress and antioxidants in male fertility. *Central Eur J Urol*. 2013; 66(1): 60-67. doi: 10.5173/cej.2013.01.art19

22. Belenkaia LV, Sholohov LF, Kolesnikova LI. Levels of essential elements in pubic hair of men with type 1 diabetes. *Endocrine Rev*. 2017; 38(S3): 169-170.

23. Ammar O, Haouas Z, Hamouda B, Hamdi H, Hellara I, Jlali A, et al. Relationship between sperm DNA damage with sperm parameters, oxidative markers in teratozoospermic men. *European J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2018; 233: 70-75. doi: 10.1016/j.ejogrb.2018.12.003.

24. Intasqui P, Antoniassi MP, Camargo M, Nichi M, Carvalho VM, Cardozo KH, et al. Differences in the seminal plasma proteome are associated with oxidative stress levels in men with normal semen parameters. *Fertil Steril*. 2015; 104(2): 292-301. doi: 10.1016/j.fertnstert.2015.04.037

REFERENCES

- Kolesnikova LI, Kurashova NA, Bairova TA, Dolgikh MI, Ershova OA, Korytov LI, et al. Role of glutathione-s-transferase family genes in male infertility. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017; 163(5): 643-645. doi: 10.1007/s10517-017-3869-9
- Nikolaev AA, Loginov PV, Vetoshkin RV. Free radicals in spermatozoa function. *Astrakhanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2014; 9(1): 23-29. (In Russ.)
- Galimov SN, Akhmetov RM, Galimova EF, Bairamgulov FM, Bikkulova LR. Molecular aspects of the impact of the Speroton complex on the male fertility in idiopathic infertility. *Urologiia*. 2017; (2): 88-92.
- Shantanova LN, Osadchuk LV, Dashiev BG, Kleshchev MA, Gutorova NV, Osadchuk AV, et al. Assessment of reproductive health in young men of the Buryat Republic. *Acta biomedica scientifica*. 2012; 6(88): 44-46. (In Russ.)
- Artifeksova MS, Borodacheva IV, Sergeev My, Artifeksov SB, Shabin SG. Indices of life quality of men from infertile couples. *Problemy reproduksii*. 2015; 21(5): 84-88. (In Russ.)

6. Moretti E, Collodel G, Fiaschi AI, Micheli L, Iacoponi F, Cerretani D. Nitric oxide, malondialdehyde and non-enzymatic antioxidants assessed in viable spermatozoa from selected infertile men. *Reprod Biol.* 2017; 17(4): 370-375. doi: 10.1016/j.repbio.2017.10.003.
7. Dorostghoal M, Kazeminejad SR, Shahbazian N, Pourmehdi M, Jabbari A. Oxidative stress status and sperm DNA fragmentation in fertile and infertile men. *Andrologia.* 2017; 49(10): e12762. doi: 10.1111/and.12762.
8. Khodos MYa, Kazakov YaE, Vidrevich MB, Braynina KhZ. Oxidative stress and its role in pathogenesis. *Vestnik ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki.* 2017; 14(4): 381-398. doi: 10.22138/2500-0918-2017-14-4-381-398. (In Russ.)
9. Kolesnikova LI, Darenskaya MA, Kolesnikov SI. Free-radical oxidation: pathophysiological opinion. *Byulleten' sibirskoy meditsiny.* 2017; 16(4): 16-29. doi: 10.20538/1682-0363-2017-4-16-29. (In Russ.)
10. Darenskaya MA, Kolesnikov SI, Rychkova LV, Grebenkina LA, Kolesnikova LI. Oxidative stress and antioxidant defense parameters in different diseases: ethnic aspects *Free Radic Biol Med.* 2018; 120(S1): S60. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.04.199
11. Lomteva SV, Savikina KG, Shestel AN, Sagamonova KYu, Shkurat TP. Oxidative stress and male reproductive system. *Valeologiya.* 2015; (1): 59-67. (In Russ.)
12. Ploskonos MV. Biochemical changes in spermatozoa membranes of fertile men under the influence of oxidative stress inductor, and the correction of these changes. *Problemy reproduktivnoy meditsiny.* 2015; 21(5): 102-108. (In Russ.)
13. Rudneva SA, Bragina EE, Arifulin EA, Sorokina TM, Shileyko LV, Ermolayeva SA, et al. DNA fragmentation in spermatozoa and its relationship with spermatogenesis disorder. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya.* 2014; (4): 26-33. (In Russ.)
14. Kurashova NA, Dolgikh MI, Ershova OA, Gavrilova OA, Osipova EV, Dashiev BG, et al. Associations of polymorphic variants of the biotransformation genes with the components of the glutathione system in men with infertility. *Int J Biomed.* 2017; 7(3): 226-230. doi: 10.21103/Article7(3)_OA13
15. Kolesnikova LI, Darenskaya MA, Rychkova LV, Grebenkina LA, Dolgikh MI, Gavrilova OA. Ethnic peculiarities of

- the lipid profile in adolescent representatives of some indigenous ethnic groups of Siberia. *J Evol Biochem Physiol.* 2018; 54(5): 356-362. doi: 10.1134/S0022093018050034
16. Kulchenko NG. Principal antioxidant therapy patospermia. *Bulletin Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor and Health.* 2018; 31(1): 41-48.
17. Ahmadi S, Bashiri R, Ghadiri-Anari A, Nadjarzadeh A. Antioxidant supplements and semen parameters: An evidence based review. *Int J Reprod Biomed.* 2016; 14(12): 729-736.
18. Kolesnikova LI, Kurashova NA, Bairova TA, Osipova EV. Activity of components of lipid peroxidation system and antioxidant protection in men with infertility, carriers of non-functional genotypes GSTT1 and GSTM1. *Free Radic Biol Med.* 2018; 120(1): 72-73. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.04.240
19. Kao SH, Chao HT, Chen HW, Huang Y-S, Liao TL, Wei YH. Increase of oxidative stress in human sperm with lower motility. *Fertil Steril.* 2008; 89(5): 1183-1190. doi: 10.1016/j.fertnstert.2007.05.029
20. Madaeva IM, Berdina ON., Semenova NV., Madaev VV., Kolesnikova LI. Erectile dysfunction and sleep apnea syndrome are risk factors of cardiovascular diseases. *Eur J Prevent Cardiol.* 2017; 24(S1): S288.
21. Walczak-Jedrzejska R, Wolski JK, Slowikowska-Hilczek J. The role of oxidative stress and antioxidants in male fertility. *Central Eur J Urol.* 2013; 66(1): 60-67. doi: 10.5173/ceju.2013.01.art19
22. Belenkaia LV, Sholohov LF, Kolesnikova LI. Levels of essential elements in pubic hair of men with type 1 diabetes. *Endocrine Rev.* 2017; 38(S3): 169-170.
23. Ammar O, Haouas Z, Hamouda B, Hamdi H, Hellara I, Jlali A, et al. Relationship between sperm DNA damage with sperm parameters, oxidative markers in teratozoospermic men. *European J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2018; 233: 70-75. doi: 10.1016/j.ejogrb.2018.12.003.
24. Intasqui P, Antoniassi MP, Camargo M, Nichi M, Carvalho VM, Cardozo KH, et al. Differences in the seminal plasma proteome are associated with oxidative stress levels in men with normal semen parameters. *Fertil Steril.* 2015; 104(2): 292-301. doi: 10.1016/j.fertnstert.2015.04.037

Сведения об авторах

Курашова Надежда Александровна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории патофизиологии репродукции, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», e-mail: nakurashova@yandex.ru <http://orcid.org/0000-0001-8591-8619>

Кудеярова Екатерина Александровна – студентка, Педагогический институт ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», e-mail: ekaterina.kudeyarova2015@yandex.ru

Кузнецова Екатерина Олеговна – магистрант кафедры физиологии и психофизиологии биолого-почвенного факультета, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», e-mail: katya-i-95@mail.ru

Information about the authors

Nadezhda A. Kurashova – Dr. Sc. (Biol.), Senior Research Officer at the Laboratory of Reproductive Pathophysiology, Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, e-mail: nakurashova@yandex.ru <http://orcid.org/0000-0001-8591-8619>

Ekaterina A. Kudeyarova – Student, Teaching Institute, Irkutsk State University, e-mail: ekaterina.kudeyarova2015@yandex.ru

Ekaterina O. Kuznetsova – Master's Degree Student at the Department of Physiology and Psychophysiology of the Faculty of Biology and Soil Science, Irkutsk State University, e-mail: katya-i-95@mail.ru