

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105642>

Этнические особенности антиоксидантного статуса у мужчин с бесплодием

Н.А. Курашова, Б.Г. Дашиев, Л.И. Колесникова

Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, Иркутск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Исследование влияния этнического фактора на здоровье человека актуально в настоящее время.

Цель. Оценить антиоксидантный статус крови и эякулята у мужчин с бесплодием в разных этнических группах.

Материалы и методы. Проведён ретроспективный анализ результатов обследования 222 европеоидов и 143 монголоидов с патозооспермией из бесплодных семейных пар. Контрольные группы составили практически здоровые мужчины с реализованной репродуктивной функцией (97 — монголоиды и 104 — европеоиды). Материалом для биохимических исследований служили плазма крови и эякулят. В работе использованы спектрофотометрические, флуориметрические и статистические методы исследования. В крови и эякуляте обследованных мужчин определяли общую антиокислительную активность как показатель, характеризующий суммарную активность ингибиторов липопероксидации и определяющий её буферную ёмкость; концентрации жирорастворимых витаминов ретинола и α -токоферола; уровень супероксиддисмутазы.

Результаты. В крови у инфертильных мужчин-европеоидов по сравнению с фертильными донорами выявлено снижение концентрации ретинола на 27% ($p=0,0001$) и α -токоферола — на 25% ($p < 0,0001$), а также активности супероксиддисмутазы на 5% ($p=0,0002$). В эякуляте мужчин-европеоидов с бесплодием установлено снижение концентрации α -токоферола на 17% ($p=0,0011$) и повышение общей антиокислительной активности на 21% ($p=0,0004$). Система антиоксидантной защиты крови у мужчин-монголоидов характеризуется повышением концентрации ретинола на 24% ($p=0,0002$) и общей антиокислительной активности — на 13% ($p=0,0261$) на фоне снижения активности супероксиддисмутазы на 8% ($p=0,0001$). Результаты исследования системы антиоксидантной защиты в эякуляте у монголоидов с бесплодием показали снижение концентрации α -токоферола на 15% ($p=0,0322$) и повышение уровня общей антиокислительной активности на 17% ($p=0,0432$).

Заключение. Полученные данные позволили оценить особенности и вклад антиоксидантного статуса в обеспечение общего гомеостаза организма мужчин репродуктивного возраста различной этнической принадлежности с бесплодием. Общим механизмом при нарушении репродуктивной функции для двух этнических групп является недостаточность концентрации α -токоферола и компенсаторное повышение общей антиокислительной активности в эякуляте, а также снижение активности супероксиддисмутазы в крови обследованных мужчин. В крови монголоидов установлено компенсаторно-приспособительное повышение общей антиокислительной активности и концентрации ретинола, в отличие от европеоидов, антиоксидантный статус крови которых характеризуется угнетением неферментативного звена антиоксидантной защиты.

Ключевые слова: репродуктивное здоровье; мужское бесплодие; этника; антиоксидантный статус.

Как цитировать:

Курашова Н.А., Дашиев Б.Г., Колесникова Л.И. Этнические особенности антиоксидантного статуса у мужчин с бесплодием // Экология человека. 2022. Т. 29, № 10. С. 699–707. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105642>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105642>

Ethnic features of antioxidant status in men with infertility

Nadezhda A. Kurashova, Bair G. Dashiev, Lyubov I. Kolesnikova

Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The study of the influence of ethnicity on human health is relevant at present.

AIM: To evaluate the antioxidant status of blood and ejaculation in infertile men in different ethnic groups.

MATERIALS AND METHODS: Results of a survey of 222 Caucasians and 143 Mongoloids with pathozoospermia from infertile couples were used for the current retrospective analysis. The control groups comprised healthy men with realized reproductive function (97 Mongoloids and 104 Caucasians). The materials for biochemical studies were blood plasma and ejaculate. The analyses involved the use of spectrophotometric, fluorometric, and statistical methods of research. In the blood and ejaculate of the examined men, the total antioxidant activity was determined as an indicator characterizing the total activity of lipid peroxidation inhibitors and determining its buffer capacity, the concentration of fat-soluble vitamins retinol and α -tocopherol, and the level of superoxide dismutase.

RESULTS: The blood of Caucasian men with infertility was compared with that of fertile donors. The analysis revealed a decrease in the concentration of retinol by 27% ($p=0.0001$) and α -tocopherol by 25% ($p < 0.0001$), as well as the activity of superoxide dismutase by 5% ($p=0.0002$). In the ejaculation of male Caucasians with infertility, we discovered a decrease in the concentration of α -tocopherol by 17% ($p=0.0011$) and an increase in total antioxidant activity by 21% ($p=0.0004$). The antioxidant defense system in Mongoloid men was characterized by an increase in retinol concentration by 24% ($p=0.0002$) and total antioxidant activity by 13% ($p=0.0261$), as well as a decrease in superoxide dismutase activity by 8% ($p=0.0001$). The results of the study of the antioxidant defense system in the ejaculate of Mongoloid men with infertility showed a decrease in the concentration of α -tocopherol by 15% ($p=0.0322$) and an increase in the level of total antioxidant activity by 17% ($p=0.0432$).

CONCLUSION: The data gathered allowed for an evaluation of the characteristics and the role of the antioxidant status in the general homeostasis of the organism of males of various ethnicity, who are infertile, despite being of reproductive age. A common mechanism for reproductive dysfunction present in the two ethnic groups is the lack of α -tocopherol concentration and a compensatory increase in the total antioxidant activity in the ejaculate, as well as a decrease in the activity of superoxide dismutase in the blood of the examined men. The blood of Mongoloids is characterized by a compensatory-adaptive increase in the total antioxidant activity and retinol concentration, which contrasts with Caucasians, whose antioxidant status of blood is characterized by the inhibition of the non-enzymatic link of antioxidant protection.

Keywords: reproductive health; male infertility; ethnicity; antioxidant status.

To cite this article:

Kurashova NA, Dashiev BG, Kolesnikova LI. Ethnic features of antioxidant status in men with infertility. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2022;29(10): 699–707. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105642>

ВВЕДЕНИЕ

Мужское бесплодие — это синдромокомплекс, характеризующийся широким спектром нарушений, симптом множества разнообразных патологических состояний, затрагивающих половую, эндокринную, нервную и иммунную системы организма [1–4]. Одной из причин, снижающих мужскую фертильность, является гиперпродукция активных форм кислорода (АФК) [5–7]. Следствием избыточного количества АФК в сперме является нарушение целостности мембран, приводящее к снижению подвижности и оплодотворяющей способности сперматозоидов [8, 9]. В условиях интенсификации процессов перекисного окисления липидов и белков возникают патологические состояния, ведущие к повреждению ДНК и апоптозу сперматозоидов [1, 9, 10]. В отличие от соматических клеток, половые более чувствительны к перекисному окислению липидов в связи с отсутствием необходимой системы репарации цитоплазматических ферментов. Кроме того, в цитоплазматической мембране имеется большое количество полиненасыщенных жирных кислот и мембраносвязанной НАДФН-оксидазы 5, что делает гамету особо восприимчивыми к атакам АФК [3, 8]. Равновесие между окислительным и антиокислительным компонентами в мужской репродуктивной системе является залогом её нормального функционирования. Антиоксидантная система семенной жидкости представлена неферментативными (ретинол, α -токоферол, аскорбат, пируват, глутатион, глицин, цинк) и ферментативными антиоксидантами (супероксиддисмутаза (СОД), глутатионтрансфераза, глутатионпероксидаза, глутатионредуктаза, каталаза) [11–13]. В современных исследованиях продемонстрирована этноспецифичность липоперекисных процессов как у здоровых людей [14–16], так и при различных патологических состояниях [17, 18], вследствие чего учёт этнического фактора необходим для понимания патогенетических механизмов развития патологических процессов с последующей разработкой дифференцированных профилактических программ и корректирующих мероприятий для представителей различных этносов.

Целью исследования явилась оценка антиоксидантного статуса в крови и эякуляте мужчин с патозооспермией в разных этнических группах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования. В исследование включены мужчины-монголоиды (на примере бурят) и европеоиды (на примере русских), родившиеся и проживающие на территории Восточной Сибири. Проведён ретроспективный анализ результатов обследования 143 бурят и 222 русских мужчин с патозооспермией (средний возраст — $29,9 \pm 5,3$ года) из бесплодных семейных пар, обратившихся в Республиканский перинатальный центр г. Улан-Удэ в период с января 2019 по октябрь 2021 года. Обязательным

условием включения в исследование явилось наличие бесплодия в браке, т.е. беременность не наступала при регулярной половой жизни пары (без предохранения) в течение не менее одного года. Контрольную группу составили практически здоровые мужчины с реализованной репродуктивной функцией (97 — монголоиды и 104 — европеоиды, средний возраст — $30,2 \pm 3,6$ года). Все пациенты предоставили информацию о хронических заболеваниях, инфекциях в острой фазе, а также соблюдали 3 положенных дня полового воздержания перед обследованием. Этническую принадлежность оценивали по генеалогическому анамнезу (представители, имеющие в двух поколениях родителей одной этнической группы) и самоидентификации с учётом элементов фенотипа. По возрасту, ростовесовым показателям, этнической принадлежности группы обследования были сопоставимы. Все данные представлены анонимно, а исследования не предполагали финансовых вложений со стороны пациентов.

В качестве материала для исследования компонентов антиоксидантной защиты использовали эякулят, плазму крови и гемолизат эритроцитов. Забор крови осуществляли утром, натощак, из локтевой вены. Критериями исключения из исследования служили инфекции, передающиеся половым путём; ожирение; сахарный диабет; артериальная гипертензия; воспалительные заболевания уrogenитального тракта; генетические аномалии (AZF-делеции; CFTR-мутации; мутационные изменения числа CAG-повторов, контролируемые андрогеновыми рецепторами) и эндокринное бесплодие. Молекулярно-генетический анализ генетических факторов мужского бесплодия проводили методом полимеразно-цепной реакции в реальном времени. В работе с пациентами соблюдались этические принципы, предъявляемые Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki, последний пересмотр — Форталеза, Бразилия, 2013 год). Подписание информированного согласия являлось обязательной процедурой для включения мужчин в исследование.

Методы исследования эякулята. Основополагающим звеном в диагностике мужского бесплодия явилось исследование эякулята, которое проводили согласно документу «Руководство ВОЗ по лабораторному исследованию эякулята человека и взаимодействия сперматозоидов с цервикальной слизью. 4-е изд., 2001» двукратно с минимальным интервалом 2 нед. Образец спермы, оставшейся после анализа спермограммы, центрифугировали в течение 10 мин при 1000 г. Отделяли осадок и хранили семенную плазму (без сперматозоидов) при температуре -40 °С до проведения анализа. Замораживание проводили однократно. Размораживали семенную плазму в течение 1 ч при температуре $22-25$ °С непосредственно перед анализом.

Методы исследования компонентов антиоксидантной активности. На базе Научного центра

проблем здоровья семьи и репродукции человека общепринятыми методами определяли концентрацию ретинола, α -токоферола, общую антиокислительную активность (АОА) и активность СОД. Измерения проводили на спектрофотометре СФ-2000 («ОКБ Спектр», Россия), биохимическом анализаторе BTS-350 (BioSystems S.A., Испания) и флюорате 02 АБФФ-Т («Люмэкс», Россия). Все реагенты и химические вещества, используемые для биохимического анализа, были высокой аналитической чистоты и получены от стандартных коммерческих поставщиков.

Статистический анализ. При анализе межгрупповых различий для независимых выборок использовали методы математической статистики, реализованные в лицензионном интегрированном статистическом пакете комплексной обработки данных Statistica 6.10 (Stat Soft Inc., США). Данные представлены в виде средней (M), дисперсии (σ), медианы (Me), $L-H$, где L — 25-й (нижний)

квартиль, H — 75-й (верхний) квартиль. Статистически значимыми считали результаты при уровне $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В крови у инфертильных мужчин-европеоидов по сравнению с фертильными донорами выявлено снижение концентрации ретинола на 27% ($p=0,0001$), α -токоферола — на 25% ($p < 0,0001$), активности СОД — на 5% ($p=0,0001$) (рис. 1).

Антиоксидантная система защиты эякулята у мужчин-европеоидов с бесплодием характеризуется повышением общей АОА на 21% ($p=0,0004$) и снижением концентрации α -токоферола на 17% ($p=0,0011$) (рис. 2).

В системе антиоксидантной защиты крови у мужчин-монголоидов с бесплодием установлено повышение концентрации ретинола на 24% ($p=0,0002$) и общей АОА — на 13% ($p=0,0261$), а также снижение активности СОД на 8% ($p=0,0001$) (рис. 3).

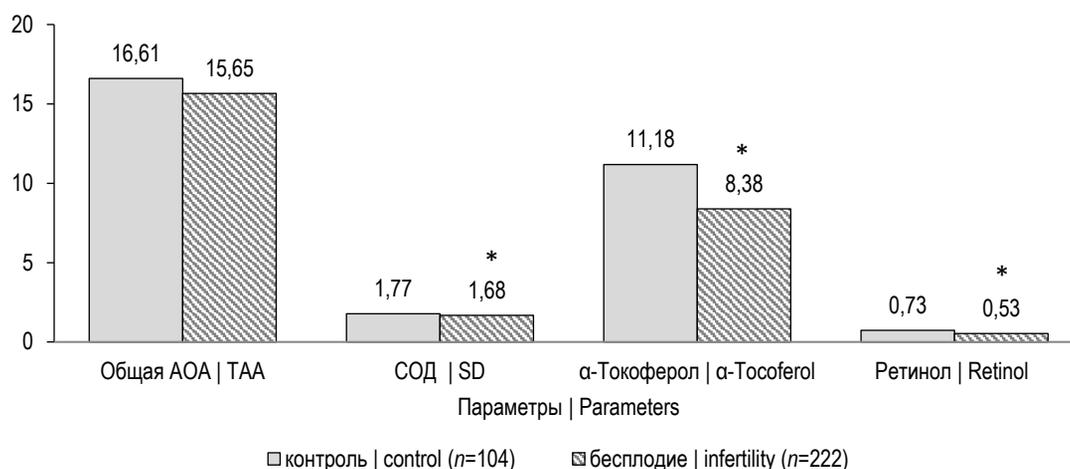


Рис. 1. Параметры антиоксидантной защиты в крови мужчин-европеоидов с бесплодием. Здесь и на рис. 2–4: АОА — антиокислительная активность; СОД — супероксиддисмутаза; * $p < 0,05$.

Fig. 1. Parameters of antioxidant protection in the blood of Caucasian men with infertility. Here and on Figs. 2–4: TAA — total antioxidant activity; SD — superoxide dismutase; * $p < 0,05$.

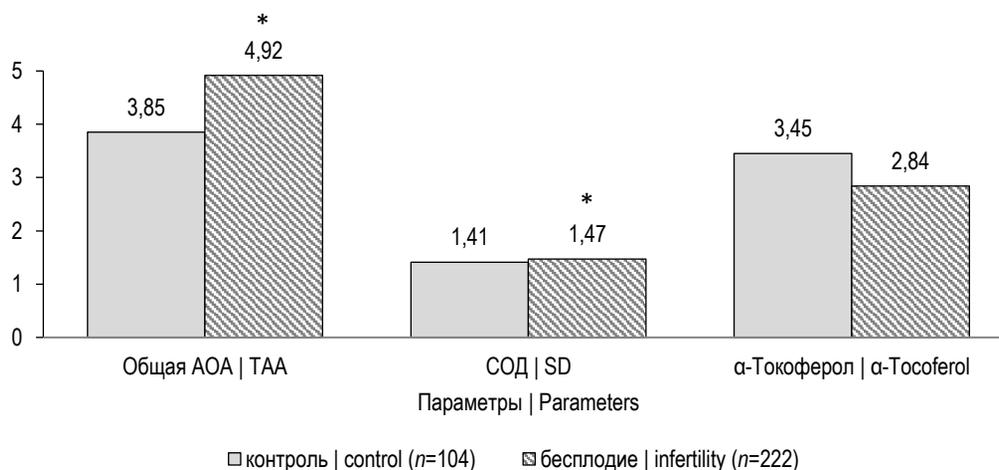


Рис. 2. Параметры антиоксидантной защиты в эякуляте мужчин-европеоидов с бесплодием. * $p < 0,05$.

Fig. 2. Parameters of antioxidant protection in the ejaculate of Caucasian men with infertility. * $p < 0,05$.

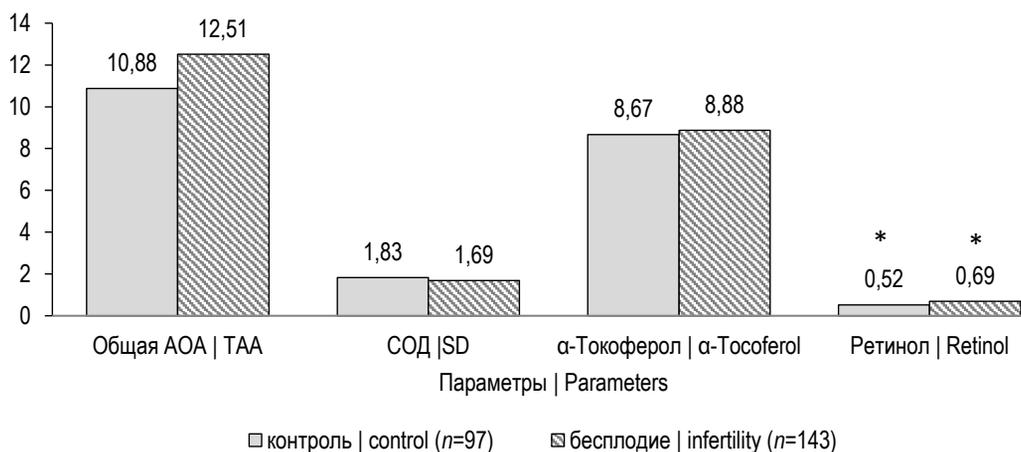


Рис. 3. Параметры антиоксидантной защиты в крови мужчин-монголоидов с бесплодием. * $p < 0,05$.
Fig. 3. Parameters of antioxidant protection in the blood of Mongoloid men with infertility. * $p < 0.05$.

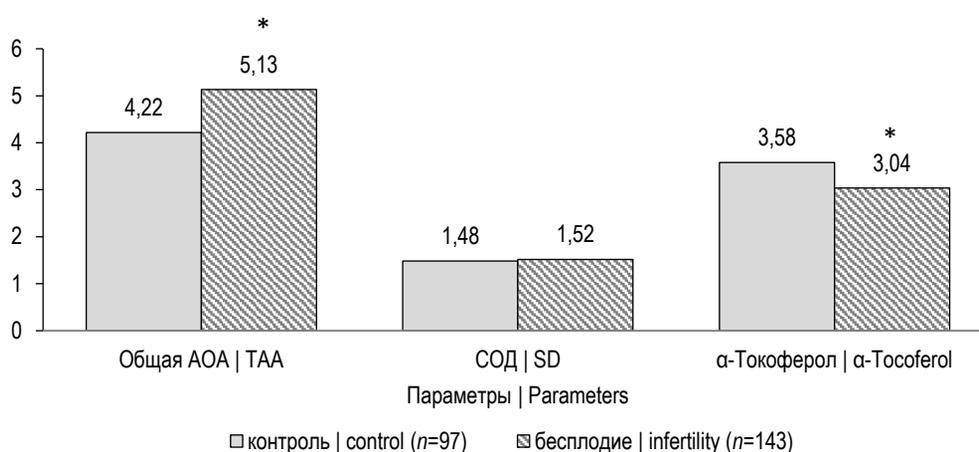


Рис. 4. Параметры антиоксидантной защиты в эякуляте мужчин-монголоидов с бесплодием. * $p < 0,05$.
Fig. 4. Parameters of antioxidant protection in the ejaculate of Mongoloid men with infertility. * $p < 0.05$.

Результаты исследования антиоксидантной системы защиты в эякуляте у монголоидов с бесплодием показали снижение концентрации α -токоферола на 15% ($p=0,0322$) и повышение общей АОА на 17% ($p=0,0432$) (рис. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние этнического фактора на здоровье человека в настоящее время изучают многие исследователи [19–22]. Установлены адаптивные и дизадаптивные механизмы свободнорадикальных реакций в различных популяциях, возрастных и гендерных группах [14, 16, 18, 19], показано развитие окислительного стресса у мужчин разных этнических групп в крови и эякуляте [2, 10, 14].

Водо- и жирорастворимые низкомолекулярные антиоксиданты, содержащиеся в семенной плазме, вносят значительный вклад в борьбу с окислительным стрессом [13]. Уровни большинства соединений в эякуляте строго зависят от их относительных концентраций в кровотоке, при этом они диктуются режимом питания, которого придерживаются индивидуумы. α -токоферол накапливается

в основном в клеточных мембранах, нейтрализует свободные радикалы и супероксидные анионы, уменьшая интенсивность перекисного окисления липидов и белков [23]. Между уровнем α -токоферола в семенной плазме и количеством подвижных сперматозоидов обнаружена прямая связь [24, 25]. Результаты нашего исследования демонстрируют снижение концентрации α -токоферола в эякуляте как у европеоидов, так и у монголоидов с бесплодием, что подтверждает роль витамина в репродуктивной функции мужчин. Снижение концентрации α -токоферола у европеоидов с бесплодием установлено также и в плазме крови, в то время как у инфертильных монголоидов концентрация данного антиоксиданта не отличается от уровня контрольной группы. Кроме вышеуказанного, α -токоферол участвует в превращении β -каротина в ретинол, который в свою очередь влияет на пролиферацию и дифференцировку клеток. Ретинол принимает участие в синтезе кортикостероидных и половых гормонов [22]. Снижение концентрации ретинола объясняется не только более низким антиоксидантным статусом плазмы крови мужчин с бесплодием, но и тем,

что ретинол при своем окислении превращается в ретиновую кислоту, которая рассматривается как липофильный гормон и взаимодействует в ядре клеток-мишеней подобно стероидным гормонам [23, 26]. Наличие в молекуле ретинола сопряженных двойных связей, обеспечивающих сохранение функциональной стабильности клеточных мембран и блокаду процессов перекисного окисления липидов, позволяет ему проявлять антиоксидантные свойства. Ретинол участвует в механизме сигнализации иницирования мейоза в мужских половых железах постнатально, в первом раунде сперматогенеза [11, 12]. При недостаточности ретинола эпителий придатка, простаты и семенных пузырьков заменяется многослойным плоским ороговевающим эпителием, что блокирует сперматогенез [12]. Исследования свидетельствуют, что одним из ранних проявлений дефицита ретинола может быть задержка сперматогенеза, которая проявляется после 50-дневной диеты с ограничением поступления в организм жирорастворимого витамина [22]. В нашем исследовании у европеоидов с бесплодием в крови отмечается более низкий уровень ретинола, в то время как у инфертильных монголоидов концентрация ретинола значительно выше, чем в контрольной группе, что может быть связано как с национальной спецификой пищевого поведения, так и с генетическими особенностями, детерминирующими адаптивные возможности организма.

Супероксиддисмутаза — важнейший элемент антиоксидантной защиты организма. Она играет ключевую роль, обеспечивая первичное антиокислительное звено благодаря способности регулировать уровень супероксида, который является основным прооксидантом клетки. Фермент обладает совершенно феноменальной активностью: одна молекула СОД за одну секунду способна разложить около миллиона молекул пероксида водорода. Активности СОД обычно достаточно для того, чтобы инактивировать АФК в месте их образования, не допуская диффузии в среде макромолекул ткани [27, 28]. D.K. Sahoo и соавт. [29] показали, что активация перекисного окисления липидов и снижение активности СОД оказывают влияние на такие физиологические функции, как стероидогенез и сперматогенез. В результате нашего исследования у европеоидов и монголоидов с бесплодием в крови установлено снижение активности СОД, что свидетельствует о расходовании фермента на обезвреживание АФК.

В эякуляте инфертильных мужчин исследуемых этнических групп не установлено статистически значимых отличий активности СОД от значений в контрольных группах, что можно объяснить компенсаторным участием фермента в восстановительных реакциях. Однако уровня эндогенного фермента может быть недостаточно, учитывая, что СОД способна инактивироваться образующимся при окислительном стрессе пероксинитритом. Можно также предположить, что стабильный уровень реакции дисмутации супероксида обеспечивают неповрежденные молекулы фермента за счёт повышения

своей функциональной активности. Полученные данные согласуются с проведёнными ранее исследованиями Л.В. Бельской и соавт. [30].

Общая АОА зависит как от относительного количества ферментативных и неферментативных биоантиоксидантов и их взаимовлияния, так и от присутствия веществ, которые сами не оказывают антиоксидантного или прооксидантного действия, но способны усиливать или ослаблять действие биоантиоксидантов, а также от присутствия компонентов, способных ускорять окислительные реакции. Установленное повышение общей АОА в крови и эякуляте инфертильных монголоидов можно рассматривать в качестве фактора развития адаптивных реакций. Для представителей коренных народностей характерна более высокая АОА крови, что свидетельствует о широких резервных возможностях, вероятно выработанных в процессе эволюции [14]. Повышение общей АОА в эякуляте, установленное у мужчин обеих этнических групп, может свидетельствовать об активации показателей ферментативного звена антиоксидантной защиты, в частности ферментов системы глутатиона [2, 10, 28].

Таким образом, анализируя изменение концентрации того или иного антиоксиданта, необходимо иметь в виду, что значительное количество метаболитов являются полифункциональными, что позволяет более гибко регулировать и интегрировать различные пути метаболизма в зависимости от возникающих потребностей. Выявленные особенности позволяют дать теоретическое обоснование для разработки дифференцированных алгоритмов обследования мужчин различных этнических групп с бесплодием для проведения персонализированной коррекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Любой патологический процесс — это целый комплекс развивающихся в организме последовательных реакций в ответ на действие факторов различной природы, и роль свободных радикалов в нём не всегда чётко обозначена. При этом вклад различных звеньев свободно-радикального окисления в развитие определённых патологий может отличаться. Для одних характерны реакции перекисного окисления липидов, для других — окислительное повреждение белков, а фактором их активации может служить недостаточность в организме ферментов антиоксидантной защиты. Полученные данные позволили оценить особенности и вклад антиоксидантного статуса в обеспечение общего гомеостаза организма мужчин репродуктивного возраста различной этнической принадлежности с бесплодием. Общим механизмом при нарушении репродуктивной функции для двух этнических групп является недостаточность концентрации α -токоферола и компенсаторное повышение общей антиокислительной активности в эякуляте, а также снижение активности супероксиддисмутазы в крови обследованных мужчин.

В крови монголоидов установлено компенсаторно-приспособительное повышение общей антиокислительной активности и концентрации ретинола, в отличие от европеоидов, антиоксидантный статус крови которых характеризуется угнетением неферментативного звена антиоксидантной защиты. Разработка комплекса мероприятий, основанных на результатах исследования, может способствовать персонализированной диагностике, профилактике репродуктивных нарушений у мужского населения различных этносов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFORMATION

Вклад авторов: Н.А. Курашова — разработка концепции и дизайна исследования; получение, анализ, интерпретация данных; подготовка рукописи; Б.Г. Дашиев — обследование, анкетирование пациентов; формирование групп для исследования; Л.И. Колесникова — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, окончательное утверждение присланной в редакцию рукописи. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Authors' contribution: N.A. Kurashova — development of the concept and design of the study; acquisition, analysis, interpretation of data; preparation of the manuscript; B.G. Dashiev — examination, questioning of patients; formation of groups for research;

L.I. Kolesnikova — a significant contribution to the concept and design of the study, the final approval of the manuscript sent to the editors. All authors confirm that their authorship complies with the international icmje criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Финансирование исследования. Публикация осуществлена при поддержке гранта, полученного Научно-исследовательским центром адаптации человека в Арктике, филиалом Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук» (НИЦ МБП медико-биологических проблем КНЦ РАН) на тему «The contribution of reproductive health and the quality of the Arctic environment to the Wellbeing of the Kola Sami», софинансируемого через сквозные фонды Международного арктического научного комитета (IASC) при участии Рабочих групп IASC: по социальным и гуманитарным вопросам (SHWG) и Международной научной инициативы в Российской Арктике (ISIRA).

Funding sources. The publication was supported by a grant received by the research center for human adaptation in the arctic, a branch of the federal research center "Kola scientific center of the Russian academy of sciences" (research center for biomedical problems of the KSC RAS) on the topic "The contribution of reproductive health and the quality of the arctic environment to the wellbeing of the Kola sami", co-financed through the through funds of the international arctic science committee (IASC) with the participation of the IASC social and humanitarian working groups (SHWG) and the international science initiative in the Russian Arctic (ISIRA).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Competing interests. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kolesnikova L.I., Kurashova N.A., Bairova T.A., et al. Role of glutathione-S-transferase family genes in male infertility // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017. Vol. 163, N 5. P. 643–645. doi: 10.1007/s10517-017-3869-9
2. Kolesnikova L.I., Kurashova N.A., Bairova T.A., et al. 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 // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017. Vol. 163, N 3. P. 378–380. doi: 10.1007/s10517-017-3808-9
3. Walters J.L.H., Gadella B.M., Sutherland J.M., et al. Male infertility: shining a light on lipids and lipid-modulating enzymes in the male germlin // *J Clin Med*. 2020. Vol. 9, N 2. P. 327. doi: 10.3390/jcm9020327
4. Ahmad M.K., Mahdi A.A., Shukla K.K., et al. Withania somnifera improves semen quality by regulating reproductive hormone levels and oxidative stress in seminal plasma of infertile males // *Fertil Steril*. 2010. Vol. 94, N 3. P. 989–996. doi: 10.1016/j.fertnstert.2009.04.046
5. Dutta S., Majzoub A., Agarwal A. Oxidative stress and sperm function: a systematic review on evaluation and management // *Arab J Urol*. 2019. Vol. 17, N 2. P. 87–97. doi: 10.1080/2090598X.2019.1599624
6. Benedetti S., Tagliamonte M.C., Catalani S., et al. Differences in blood and semen oxidative status in fertile and infertile men, and their relationship with sperm quality // *Reprod Biomed Online*. 2012. Vol. 25, N 3. P. 300–306. doi: 10.1016/j.rbmo.2012.05.011
7. Peña F.J., O'Flaherty C., Ortiz Rodríguez J.M., et al. Redox regulation and oxidative stress: the particular case of the stallion spermatozoa // *Antioxidants (Basel)*. 2019. Vol. 8, N 11. P. 567. doi: 10.3390/antiox8110567
8. Panner Selvam M.K., Finelli R., Agarwal A., Henkel R. Evaluation of seminal oxidation-reduction potential in male infertility // *Andrologia*. 2021. Vol. 53, N 2. e13610. doi: 10.1111/and.13610
9. Barik G., Chaturvedula L., Bobby Z. Role of oxidative stress and antioxidants in male infertility: an interventional study // *J Hum Reprod Sci*. 2019. Vol. 12, N 3. P. 204–209. doi: 10.4103/jhrs.JHRS_135_18
10. Kolesnikova L.I., Kurashova N.A., Dolgikh M.I., et al. Parameters of pro- and antioxidant status in ejaculate of men of fertile age // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2015. Vol. 159, N 6. P. 726–728. doi: 10.1007/s10517-015-3059-6
11. Kandár R., Drábková P., Myslíková K., Hampl R. Determination of retinol and α -tocopherol in human seminal plasma using an HPLC with UV detection // *Andrologia*. 2014. Vol. 46, N 5. P. 472–478. doi: 10.1111/and.12103
12. Ghyasvand T., Goodarzi M.T., Amiri I., et al. Serum levels of lycopene, beta-carotene, and retinol and their correlation with sperm DNA damage in normospermic and infertile men // *Int J Reprod Biomed*. 2015. Vol. 13, N 12. P. 787–792.

13. Lazzarino G., Listorti I., Bilotta G., et al. Water- and fat-soluble antioxidants in human seminal plasma and serum of fertile males // *Antioxidants (Basel)*. 2019. Vol. 8, N 4. P. 96. doi: 10.3390/antiox8040096
14. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Гребенкина Л.А., и др. Особенности состояния антиоксидантной системы у здоровых лиц основных этнических групп Прибайкалья // *Вопросы питания*. 2012. Т. 81, № 3. С. 46–51.
15. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Долгих В.В., и др. Особенности процессов перекисного окисления липидов — антиоксидантной защиты в различных этнических группах Восточной Сибири // *Экология человека*. 2010. № 2. С. 26–29.
16. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Гребенкина Л.А., и др. Тиреоидный статус и витамины-антиоксиданты у девушек различных этносов // *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2015. Т. 101, № 2. С. 214–221.
17. Семёнова Н.В., Мадаева И.М., Даренская М.А., Колесникова Л.И. Процессы липопероксидации и система антиоксидантной защиты у женщин в менопаузе в зависимости от этнической принадлежности // *Экология человека*. 2019. Т. 26, № 6. С. 30–38. doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-30-38
18. Колесникова Л.И., Колесников С.И., Загарских Е.Ю., и др. Особенности перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты у мальчиков-подростков Иркутска // *Репродуктивное здоровье детей и подростков*. 2009. № 5. С. 63–67.
19. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Долгих В.В., и др. Про- и антиоксидантный статус у подростков — тофов и европеоидов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010. Т. 12, № 1-7. С. 1687–1691.
20. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Гребенкина Л.А., и др. Проблемы этноса в медицинских исследованиях (обзор литературы) // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2013. № 4. С. 153–159.
21. Рычкова Л.В., Астахова Т.А., Климкина Ю.Н., и др. Динамика антропометрических характеристик подростков бурятской национальности в сельской местности Восточной Сибири в период с 2003 по 2018 год // *Экология человека*. 2021. Т. 28, № 4. С. 47–54. doi: 10.33396/1728-0869-2021-4-47-54
22. Лабыгина А.В., Колесникова Л.И., Гребенкина Л.А., и др. Содержание ретинола и репродуктивные нарушения у жителей Восточной Сибири (обзор литературы) // *Экология человека*. 2018. Т. 25, № 4. С. 51–58. doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-51-58
23. Showell M.G., Mackenzie-Proctor R., Brown J., et al. Antioxidants for male subfertility // *Cochrane Database Syst Rev*. 2014. N 12. P. CD007411. doi: 10.1002/14651858.CD007411.pub3
24. Turner T.T., Lysiak J.J. Oxidative stress: a common factor in testicular dysfunction // *J Androl*. 2008. Vol. 29, N 5. P. 488–498. doi: 10.2164/jandrol.108.005132
25. Panner Selvam M.K., Agarwal A., Henkel R., et al. The effect of oxidative and reductive stress on semen parameters and functions of physiologically normal human spermatozoa // *Free Radic Biol Med*. 2020. Vol. 152. 375–385. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.03.008
26. Martin-Hidalgo D., Bragado M.J., Batista A.R., et al. Antioxidants and male fertility: from molecular studies to clinical evidence // *Antioxidants*. 2019. Vol. 8, N 4. P. 89. doi: 10.3390/antiox8040089
27. Papas M., Catalán J., Fernandez-Fuertes B., et al. Specific activity of superoxide dismutase in stallion seminal plasma is related to sperm cryotolerance // *Antioxidants (Basel)*. 2019. Vol. 8, N 11. P. 539. doi: 10.3390/antiox8110539
28. Колесникова Л.И., Курашова Н.А., Долгих М.И., и др. Качество спермы и особенности системы антиоксидантной защиты у мужчин, проживающих в различных регионах Сибири // *Урология*. 2016. № 6. С. 107–109.
29. Sahoo D.K., Roy A., Chainy G.B. Rat testicular mitochondrial antioxidant defence system and its modulation by aging // *Acta Biol Hung*. 2008. Vol. 59, N 4. P. 413–424. doi: 10.1556/ABiol.59.2008.4.3
30. Беленькая Л.В., Колесникова Л.И., Шолохов Л.Ф., и др. Состояние системы перекисного окисления липидов и антиокислительной защиты у больных с сахарным диабетом 1 типа и нарушением сперматогенеза // *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2010. № 6-2. С. 16–19.

REFERENCES

1. Kolesnikova LI, Kurashova NA, Bairova TA, et al. Role of glutathione-S-transferasefamily genes in male infertility. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017;163(5):643–645. doi: 10.1007/s10517-017-3869-9
2. Kolesnikova LI, Kurashova NA, Bairova TA, et al. 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. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2017;163(3):378–380. doi: 10.1007/s10517-017-3808-9
3. Walters JLH, Gadella BM, Sutherland JM, et al. Male infertility: shining a light on lipids and lipid-modulating enzymes in the male gremlin. *J Clin Med*. 2020;9(2):327. doi: 10.3390/jcm9020327
4. Ahmad MK, Mahdi AA, Shukla KK, et al. Withania somnifera improves semen quality by regulating reproductive hormone levels and oxidative stress in seminal plasma of infertile males. *Fertil Steril*. 2010;94(3):989–996. doi: 10.1016/j.fertnstert.2009.04.046
5. Dutta S, Majzoub A, Agarwal A. Oxidative stress and sperm function: a systematic review on evaluation and management. *Arab J Urol*. 2019;17(2):87–97. doi: 10.1080/2090598X.2019.1599624
6. Benedetti S, Tagliamonte MC, Catalani S, et al. Differences in blood and semen oxidative status in fertile and infertile men, and their relationship with sperm quality. *Reprod Biomed Online*. 2012;25(3):300–306. doi: 10.1016/j.rbmo.2012.05.011
7. Peña FJ, O'Flaherty C, Ortiz Rodríguez JM, et al. Redox regulation and oxidative stress: the particular case of the stallion spermatozoa. *Antioxidants (Basel)*. 2019. Vol. 8, N 11. P. 567. doi: 10.3390/antiox8110567
8. Panner Selvam MK, Finelli R, Agarwal A, Henkel R. Evaluation of seminal oxidation-reduction potential in male infertility. *Andrologia*. 2021;53(2):e13610. doi: 10.1111/and.13610
9. Barik G, Chaturvedula L, Bobby Z. Role of oxidative stress and antioxidants in male infertility: an interventional study. *J Hum Reprod Sci*. 2019;12(3):204–209. doi: 10.4103/jhrs.JHRS_135_18

10. Kolesnikova LI, Kurashova NA, Dolgikh MI, et al. Parameters of pro- and antioxidant status in ejaculate of men of fertile age. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2015;159(6):726–728. doi: 10.1007/s10517-015-3059-6
11. Kandár R, Drábková P, Myslíková K, Hampl R. Determination of retinol and α -tocopherol in human seminal plasma using an HPLC with UV detection. *Andrologia*. 2014;46(5):472–478. doi: 10.1111/and.12103
12. Ghyasvand T, Goodarzi MT, Amiri I, et al. Serum levels of lycopene, beta-carotene, and retinol and their correlation with sperm DNA damage in normospermic and infertile men. *Int J Reprod Biomed*. 2015;13(2):787–792.
13. Lazzarino G, Listorti I, Bilotta G, et al. Water- and fat-soluble antioxidants in human seminal plasma and serum of fertile males. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(4):96. doi: 10.3390/antiox8040096
14. Kolesnikova LI, Darenskaja MA, Grebenkina LA, et al. State features of the antioxidant system at healthy people of the basic ethnic groups of Baikal lake. *Problems of Nutrition*. 2012;81(3):46–51. (In Russ).
15. Kolesnikova LI, Darenskaja MA, Dolgih VV, et al. Specific features of the processes of lipid peroxidation — antioxidant protection in various ethnic groups of East Sibirea. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2010. N 2. P. 26–29. (In Russ).
16. Kolesnikova LI, Darenskaja MA, Grebenkina LA, et al. Thyroid status and antioxidant vitamins in the girls of different ethnic groups. *Russian Journal of Physiology*. 2015;101(2):214–221. (In Russ).
17. Semjonova NV, Madaeva IM, Darenskaja MA, Kolesnikova LI. Lipid peroxidation and antioxidant defense system in menopausal women of different ethnic groups. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019;26(6):30–38. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2019-6-30-38
18. Kolesnikova LI, Kolesnikov SI, Zagarskih EYu, et al. Lipid peroxide oxidation and antioxidant protection peculiarities in adolescent boys living in Irkutsk. *Pediatric and Adolescent Reproductive Health*. 2009;5(5):63–67. (In Russ).
19. Kolesnikova LI, Darenskaja MA, Dolgih VV et al. Pro- and anti-oxidatic status at teenagers — tofs and europoids. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2010;12(1-7):1687–1691. (In Russ).
20. Kolesnikova LI, Darenskaja MA, Grebenkina LA, et al. The ethnos in medical researches (literature review). *Bjulleten" Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Centra Sibirskogo Otdelenija Rossijskoj Akademii Medicinskih Nauk*. 2013;4(4):153–159. (In Russ).
21. Rychkova LV, Astahova TA, Klimkina YuN, et al. Secular trends in anthropometric characteristics in Eastern Siberian rural buryat adolescents from 2003 to 2018. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(4):47–54. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-4-47-54
22. Labygina AV, Kolesnikova LI, Grebenkina LA, et al. Retinol content and reproductive disorders in residents of Eastern Siberia (literature review). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2018;25(4):51–58. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2018-4-51-58
23. Showell MG, Mackenzie-Proctor R, Brown J, et al. Antioxidants for male subfertility. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;(12):CD007411. doi: 10.1002/14651858.CD007411.pub3
24. Turner TT, Lysiak JJ. Oxidative stress: a common factor in testicular dysfunction. *J Androl*. 2008;29(5):488–498. doi: 10.2164/jandrol.108.005132
25. Panner Selvam MK, Agarwal A, Henkel R, et al. The effect of oxidative and reductive stress on semen parameters and functions of physiologically normal human spermatozoa. *Free Radic Biol Med*. 2020;152:375–385. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2020.03.008
26. Martin-Hidalgo D, Bragado MJ, Batista AR, et al. Antioxidants and male fertility: from molecular studies to clinical evidence. *Antioxidants*. 2019;8(4):89. doi: 10.3390/antiox8040089
27. Papas M, Catalán J, Fernandez-Fuertes B, et al. Specific activity of superoxide dismutase in stallion seminal plasma is related to sperm cryotolerance. *Antioxidants (Basel)*. 2019;8(11):539. doi: 10.3390/antiox8110539
28. Kolesnikova LI, Kurashova NA, Dolgih MI, et al. Sperm quality and features of the antioxidant defense system in men living in various regions of Siberia. *Urologija*. 2016;(6):107–109. (In Russ).
29. Sahoo DK, Roy A, Chainy GB. Rat testicular mitochondrial antioxidant defence system and its modulation by aging. *Acta Biol Hung*. 2008;59(4):413–424. (In Russ). doi: 10.1556/ABiol.59.2008.4.3
30. Belenkaya LV, Kolesnikova LI, Sholokhov LF, et al. The state of the lipid peroxidation system and antioxidant protection in patients with type 1 diabetes mellitus and impaired spermatogenesis. *Bjulleten" Vostochno-Sibirskogo Nauchnogo Centra Sibirskogo Otdelenija Rossijskoj Akademii Medicinskih Nauk*. 2010;(6-2):16–19. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

***Курашова Надежда Александровна**, д.б.н.;
адрес: Россия, 664003, Иркутск, ул. Тимирязева, 16;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8591-8619>;
eLibrary SPIN: 9160-2008; e-mail: nakurashova@yandex.ru

Дашиев Баир Гомбоевич, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2698-0687>;
eLibrary SPIN: 4121-8351; e-mail: bairdashiev@mail.ru

Колесникова Любовь Ильинична,
академик РАН, д.м.н., профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3354-2992>;
eLibrary SPIN: 1584-0281; e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

AUTHORS INFO

***Nadezhda A. Kurashova**, Dr. Sci. (Biol.);
address: 16 Timiryazev street , 664003, Irkutsk, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8591-8619>;
eLibrary SPIN: 9160-2008; e-mail: nakurashova@yandex.ru

Bair G. Dashiev, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2698-0687>;
eLibrary SPIN: 4121-8351; e-mail: bairdashiev@mail.ru

Lyubov I. Kolesnikova, academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3354-2992>;
eLibrary SPIN: 1584-0281; e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author