

Научная статья
УДК 612.017.2
doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.016

АДАПТИВНЫЕ И ДИЗАДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА У ПРЕДСТАВИТЕЛЬНИЦ КОРЕННОГО ЭТНОСА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

А. С. Лесная^{1✉}, М. А. Даренская,² Н. В. Семёнова³, Л. И. Колесникова⁴

^{1–4}Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Анастасия Сергеевна Лесная, tasi121212@mail.ru✉

Аннотация

В статье представлены результаты исследования процессов перекисного окисления липидов — антиоксидантной защиты у девушек и женщин, представителей европеоидов и монголоидов, страдающих сахарным диабетом 1-го типа. Показано, что при наличии сахарного диабета 1-го типа девушки и женщины — монголоиды имеют более низкую интенсивность процессов липопероксидации и более высокую активность антиоксидантной системы по сравнению с девушками и женщинами — европеоидами. Выявленные этнические различия метаболизма при сахарном диабете 1-го типа предполагают проявление адаптационных возможностей у коренного населения Сибири (монголоидов) и развитие дизадаптации у пришлого населения (европеоидов).

Ключевые слова:

сахарный диабет, адаптация, дизадаптация, этнос, окислительный стресс

Финансирование:

исследование выполнено при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (№ НШ-3382.2022.1.4).

Для цитирования:

Лесная А. С., Даренская М. А., Семёнова Н. В., Колесникова Л. И. Адаптивные и дизадаптивные реакции организма у представительниц коренного этноса Восточной Сибири // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2024. Т. 3, № 1. С. 137–145. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.016.

Original article

ADAPTIVE AND DISADAPTIVE REACTIONS OF THE BODY IN REPRESENTATIVES OF THE INDIGENOUS ETHNIC GROUP OF EASTERN SIBERIA

Anastasia S. Lesnaya^{1✉}, Marina A. Darinskaya², Natalya V. Semenova³, Lyubov I. Kolesnikova⁴

^{1–4}Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia

Corresponding author: Anastasia S. Lesnaya, tasi121212@mail.ru✉

Abstract

The article presents the results of a study of the processes of lipid peroxidation – antioxidant protection in girls and women, representatives of Caucasians and Mongoloids suffering from type 1 diabetes. It has been shown that in the presence of type 1 diabetes mellitus, Mongoloid girls and women have a lower intensity of lipoperoxidation processes and a higher activity of the antioxidant system compared to Caucasian girls and women. The revealed ethnic differences in metabolism in type 1 diabetes suggest the manifestation of adaptive capabilities in the indigenous population of Siberia (Mongoloids) and the development of disadaptation in the alien population (Caucasians).

Keywords:

diabetes mellitus, adaptation, disadaptation, ethnicity, oxidative stress

Funding:

the study was carried out with the financial support of the Presidential Grants Council of the Russian Federation (№ NSH-3382.2022.1.4).

For citation:

Lesnaya A. S., Darinskaya M. A., Semenova N. V., Kolesnikova L. I. Adaptive and disadaptive reactions of the body in representatives of the indigenous ethnic group of Eastern Siberia. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities*, 2024, Vol. 3, No. 1, pp. 137–145. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.016.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения, в последние годы увеличилось количество летальных исходов от сахарного диабета, который является одной из ведущих причин смерти в мире. Причины развития сахарного диабета 1-го типа (СД1) до сих пор остаются неизвестными, а меры профилактики не разработаны. При этом общепризнанным патогенетическим механизмом СД1 является окислительный стресс (ОС), вызванный гипергликемией [1; 2].

Окислительный стресс может формироваться в организме при усилении интенсификации свободнорадикальных процессов, где наибольший вклад в формирование свободнорадикальной патологии вносят процессы перекисного окисления липидов (ПОЛ) [3]. В роли механизмов компенсации, с нарушением которых снижаются функциональные возможности организма, выступают процессы антиоксидантной защиты, ингибирующие цепи окисления липидных субстратов [4].

В свою очередь, реакции перекисного окисления липидов — антиоксидантной защиты (ПОЛ-АОЗ) являются неотъемлемой частью жизненно важных процессов и играют существенную роль в механизмах адаптации. Изучение адаптационно-компенсаторных реакций при СД1 является одним из приоритетных медико-биологических направлений, которые в последние годы исследуют с учетом возрастных особенностей, половой принадлежности и этнических факторов, так как данный тип процессов специфичен для разных этнических групп, возрастных категорий и пола [5]. Одним из самых многочисленных коренных народов на территории Восточной Сибири являются представители монголоидов (бурятский этнос), адаптивные возможности которых определяют по отношению к пришлому населению — европеоидам (русский этнос) [6–8].

В связи с этим целью исследования стала оценка адаптивных/дизадаптивных изменений в системе перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита у девушек и женщин, представителей европеоидов и монголоидов, страдающих СД1.

Материалы и методы

Объектом исследования явились 62 девушки подросткового (13–17 лет, средний возраст — $14,8 \pm 1,6$ лет) и 72 женщины репродуктивного (19–40 лет, средний возраст — $31,7 \pm 9,7$ лет) возрастов, представительницы европеоидов (на примере русского этноса) и монголоидов (на примере бурятского этноса). Этнические группы формировались с учетом длительности проживания на определенной территории (минимум одно поколение) и генеалогического анамнеза (два поколения родителей одной этнической группы), а также самоидентификации с учетом элементов фенотипа. Все испытуемые (европеоиды и монголоиды, девушки подросткового и женщины репродуктивного периодов) проживали в г. Улан-Удэ, Республика Бурятия.

Диагноз СД1 устанавливался на основании классификации СД (ВОЗ, 1999 г.), диагностических критериев СД (ВОЗ, 1999–2006 гг.) и алгоритмов специализированной медицинской помощи при сахарном диабете (2023 г.). В группы с СД1 вошли 17 девушек-европеоидов (средний возраст — $14,5 \pm 0,3$ лет, длительность диабета составляла $5,4 \pm 1,0$ лет), 11 девушек-монголоидов (средний возраст — $14,1 \pm 0,9$ лет, длительность диабета — $6,8 \pm 1,7$ лет), 15 женщин-европеоидов (средний возраст — $35,0 \pm 3,4$ лет, длительность диабета — $12,8 \pm 2,0$ лет) и 15 женщин-монголоидов (средний возраст — $33,1 \pm 3,4$ лет, длительность заболевания — $12,1 \pm 1,5$ лет). Все девушки и женщины с СД1 на момент исследования находились в стадии декомпенсации, что было обусловлено погрешностями в диете, плохим самоконтролем, нарушением режимных мероприятий. Все пациентки получали заместительную инсулинотерапию по интенсифицированной схеме. Критериями исключения из основных групп послужили выраженная сопутствующая соматическая патология и тяжелые проявления диабетических осложнений (хроническая почечная недостаточность, макроангиопатии).

Контрольные группы были сформированы из 19 девушек-европеоидов (средний возраст — $14,5 \pm 0,2$ лет), 15 девушек-монголоидов (средний возраст — $14,8 \pm 0,5$ лет), 20 женщин-европеоидов (средний возраст — $28,2 \pm 1,5$ года) и 22 женщин-монголоидов (средний возраст — $29,8 \pm 1,6$ лет). Контрольные группы состояли из практически здоровых лиц сопоставимого возраста, не имеющих родственников, больных СД.

При работе с испытуемыми соблюдалось соответствие этическим принципам (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации (Форталеа, Бразилия, 2013 г.)).

В качестве материала для исследований использовали сыворотку, плазму крови и лизат эритроцитов. Забор крови проводили из локтевой вены, натощак, с учетом фаз менструального цикла (3–9-й день цикла) в соответствии с общепринятыми требованиями.

Среди показателей ПОЛ, характеризующих интенсивность окислительных процессов, измеряли уровень субстратов с изолированными двойными связями (Дв. св.), диеновых конъюгатов (ДК), кетодиенов и сопряженных триенов (КД и СТ) [9] и ТБК-активных продуктов (ТБК-АП) [10]. Содержание Дв. св., КД и СТ выражали в усл. ед., ДК — в мкмоль/л., ТБК-АП — в мкмоль/л.

Оценка компонентов антиоксидантной защиты, характеризующих адаптивный ответ, включала определение активности супероксиддисмутазы (СОД) [11], общей антиокислительной активности крови (АОА) [12], концентрации α -токоферола и ретинола [13], уровня восстановленного (GSH) и окисленного глутатиона (GSSG) с расчетом их соотношения (GSH/GSSG) [14]. Активность СОД выражали в усл. ед., общую АОА — в усл. ед. оптической плотности, концентрацию α -токоферола и ретинола — в мкмоль/л, GSH и GSSG — в ммоль/л.

Статистический анализ проводили с помощью пакета статистических и прикладных программ STATISTICA 10 Stat-Soft Inc., США. Для определения близости к нормальному закону распределения количественных признаков использовали визуально-графический метод и критерии согласия Колмогорова — Смирнова с поправкой Лиллиефорса и Шапиро — Уилка. Оценку различий количественных показателей между изучаемыми группами проводили непараметрическими методами статистического анализа для независимых выборок с использованием критериев Манна — Уитни (Mann — Whitney (U-test), Вальда — Вольфовица (Wald — Wolfowitz Runs Test (W-W test) и Колмогорова — Смирнова (Kolmogorov — Smirnov Two-Sample Test (K-S test)). Описательные статистики представлены в виде медианы и 25-го, 75-го процентилей. Различия сравниваемых показателей считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования параметров системы «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита» у девушек основных и контрольных групп представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состояние системы «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита»
у девушек европеоидов и монголоидов в норме и при СД1

Показатель	Девушки				Р-значение
	Европеоиды		Монголоиды		
	Контроль (n = 19)	СД ₁ (n = 17)	Контроль (n = 15)	СД ₁ (n = 11)	
	1	2	3	4	
Параметры перекисного окисления липидов					
Дв. св., усл.ед.	1,02 [0,62; 1,58]	1,40 [1,20; 1,78]	1,76 [1,48; 1,86]	2,05 [1,20; 3,06]	—
ДК, мкмоль/л	0,78 [0,56; 1,08]	1,62 [1,28; 2,10]	0,82 [0,42; 1,00]	0,86 [0,50; 1,18]	p ₁₋₂ <0,001 p ₂₋₄ <0,01
КД и СТ, усл. ед.	0,10 [0,04; 0,24]	0,20 [0,10; 0,36]	0,24 [0,12; 0,26]	0,21 [0,14; 0,36]	
ТБК-АП, мкмоль/л	2,02 [1,45; 2,27]	2,40 [2,26; 2,75]	1,61 [1,33; 1,84]	1,51 [0,94; 1,71]	p ₁₋₂ <0,001 p ₂₋₄ <0,001
Параметры системы антиоксидантной защиты					
Общая АОА, усл. ед.	18,32 [14,34; 21,53]	18,98 [17,05; 21,68]	18,68 [15,11; 20,98]	17,52 [13,24; 21,89]	—
СОД, усл. ед.	1,60 [1,49; 1,92]	1,50 [1,22; 1,59]	1,45 [1,32; 1,64]	1,17 [1,10; 1,20]	p ₁₋₂ <0,01 p ₃₋₄ <0,001 p ₂₋₄ <0,01
α-токоферол, мкмоль/л	8,10 [5,85; 8,72]	6,76 [4,51; 7,82]	6,93 [5,23; 8,76]	5,41 [4,64; 5,68]	p ₃₋₄ <0,01
Ретинол, мкмоль/л	1,25 [1,06; 1,50]	1,50 [1,11; 1,60]	1,35 [1,20; 1,65]	1,33 [1,15; 1,70]	—
GSH, ммоль/л	2,65 [2,36; 2,89]	2,75 [1,95; 3,03]	2,72 [2,30; 2,82]	2,77 [2,48; 2,88]	—
GSSG, ммоль/л	1,33 [1,15; 1,88]	2,39 [2,07; 2,58]	2,01 [1,70; 2,28]	2,07 [1,78; 2,43]	p ₁₋₂ <0,001
GSH/GSSG	1,83 [1,51; 2,29]	1,04 [0,88; 1,40]	1,35 [1,17; 1,56]	1,33 [1,15; 1,62]	p ₁₋₂ <0,001

Изучение показателей ПОЛ у девушек-европеоидов, страдающих СД1, выявило увеличение уровня ДК и ТБК-АП по сравнению с группой контроля. При этом была отмечена тенденция к росту концентрации Дв. св. и КД-СТ, что, наряду с выраженным увеличением первичных (ДК) и конечных продуктов ПОЛ (ТБК-АП), указывает на высокую интенсивность окислительных процессов. В параметрах антиоксидантного звена было выявлено снижение активности СОД и отношения глутатионовых форм на фоне увеличения уровня GSSG. Снижение активности ферментов антиоксидантного звена может быть обусловлено действием свободных радикалов, образуемых в условиях патологии. Во-первых, избыток свободных радикалов запускает каскад окислительных реакций в организме, в результате чего возрастает потребность в антиоксидантных компонентах и увеличивается их расход. Во-вторых, свободные радикалы способны оказывать прямое модифицирующее действие на ферментативные белки, тем самым снижая активность ферментов [15]. В итоге чрезмерное увеличение интенсивности ПОЛ и снижение активности защитных механизмов характеризуют низкие адаптационные возможности у пациенток-европеоидов подросткового возраста, что в конечном счете можно рассматривать как преобладание дизадаптационных процессов.

В группе девушек-монголоидов при наличии декомпенсированного СД1 можно наблюдать тенденцию к увеличению первичных продуктов (Дв. св., ДК) и снижению промежуточных (КД и СТ) и конечных (ТБК-АП) продуктов липопероксидации, но значительных различий в этих показателях не выявлено. Изменения в показателях антиоксидантного звена заключались в снижении активности СОД и концентрации α -токоферола. Недостаточность данных антиоксидантов может свидетельствовать об их усиленном использовании в качестве наиболее важных при данной патологии. Так, СОД катализирует дисмутацию супероксидного радикала, являющегося предшественником других свободных радикалов, поэтому биологический смысл в высокой потребности фермента заключается в снижении окислительной нагрузки на организм в условиях патологии [16]. α -токоферол является основным жирорастворимым антиоксидантом, антиоксидантное действие которого направлено как на прямое взаимодействие со свободными радикалами в мембранах, так и на стабилизацию липидного состава последних [17]. Учитывая эти особенности, можно предположить, что цепь окислительных реакций липипероксидации ингибируется на первых этапах развития. Поэтому у девушек-монголоидов с СД1 не наблюдается значительных изменений в системе «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита», что можно рассматривать как проявление адаптационных возможностей.

Анализ этнических различий между девушками основных групп показал более низкие уровни ДК, ТБК-АП и активности СОД у девушек-монголоидов по сравнению с девушками-европеоидами. Рассматривая тенденции показателей между этническими группами у девушек-монголоидов, также можно наблюдать стремление к снижению остальных исследуемых значений, за исключением уровня Дв. св. Данные результаты могут свидетельствовать о различном течении метаболических процессов у девушек с СД1 в зависимости от этнической принадлежности: у девушек-монголоидов процессы липопероксидации — антиоксидантной защиты более стабилизированы, чем у девушек-европеоидов, у которых наблюдается активное окисление липидных структур и напряжение в состоянии системы ПОЛ-АОЗ.

Следующим этапом нашего исследования стала оценка состояния системы ПОЛ-АОЗ в группах женщин (табл. 2).

У женщин-европеоидов с СД1 в параметрах перекисного окисления липидов выявлено увеличение Дв. св., ДК, ТБК-АП и снижение КД-СТ. В параметрах антиоксидантной защиты обнаружено снижение активности СОД и увеличение окисленных форм глутатиона — GSSG. Полученная картина результатов (аналогично результатам, полученным в группе девушек) демонстрирует высокую интенсивность процессов ПОЛ без закономерного увеличения компонентов системы АОЗ, что является признаком развития ОС и требует незамедлительной коррекции, так как может привести к необратимому окислительному повреждению ДНК [18]. Однако снижение промежуточных продуктов ПОЛ, вероятно, связано с активацией определенных компонентов антиоксидантной защиты, которые в настоящей работе не рассматриваются. Данное предположение также подтверждает тенденция увеличения уровня общей АОА.

Таблица 2

Состояние системы «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита»
у женщин европеоидов и монголоидов в норме и при СД1

Показатель	Женщины				Р-значение
	Европеоиды		Монголоиды		
	Контроль (n = 20)	СД ₁ (n = 15)	Контроль (n = 22)	СД ₁ (n = 15)	
	1	2	3	4	
Параметры перекисного окисления липидов					
Дв. св., усл.ед.	1,75 [1,37; 3,24]	2,94 [2,36; 4,20]	1,86 [1,24; 2,14]	2,34 [1,64; 3,06]	p ₁₋₂ <0,05 p ₃₋₄ <0,01 p ₂₋₄ <0,05
ДК, мкмоль/л	1,32 [0,82; 2,30]	2,40 [1,68; 3,44]	1,19 [0,74; 1,62]	1,94 [1,34; 2,14]	p ₁₋₂ <0,01 p ₃₋₄ <0,001
КД и СТ, усл. ед.	1,33 [0,15; 0,48]	0,56 [0,38; 0,78]	0,19 [0,12; 0,40]	0,40 [0,20; 0,56]	p ₁₋₂ <0,01
ТБК-АП, мкмоль/л	1,33 [0,73; 1,89]	1,86 [1,61; 2,54]	1,71 [1,13; 2,06]	1,71 [1,08; 2,68]	p ₁₋₂ <0,01
Параметры системы антиоксидантной защиты					
Общая АОА, усл. ед.	14,55 [9,95; 18,82]	16,55 [11,69; 9,40]	15,12 [12,36; 7,42]	23,23 [18,19; 7,57]	p ₃₋₄ <0,001 p ₂₋₄ <0,01
СОД, усл. ед.	1,61 [1,40; 1,66]	1,37 [1,15; 1,46]	1,37 [1,27; 1,64]	1,21 [1,09; 1,45]	p ₁₋₂ <0,01 p ₃₋₄ <0,05
α-токоферол, мкмоль/л	7,45 [6,81; 9,40]	7,08 [4,62; 11,09]	6,56 [5,91; 7,49]	6,13 [5,38; 7,09]	—
Ретинол, мкмоль/л	1,23 [0,78; 1,61]	1,26 [0,87; 1,48]	1,40 [1,12; 1,62]	1,12 [0,74; 1,20]	—
GSH, ммоль/л	2,53 [2,11; 2,89]	2,39 [2,27; 3,03]	2,62 [2,19; 3,86]	2,63 [2,36; 3,18]	—
GSSG, ммоль/л	1,90 [1,74; 2,05]	2,21 [2,05; 2,27]	1,95 [1,76; 2,53]	2,16 [1,81; 2,37]	p ₁₋₂ <0,01
GSH/GSSG	1,33 [1,00; 1,64]	1,18 [1,00; 1,43]	1,42 [1,03; 2,03]	1,30 [0,91; 1,52]	—

Сравнение показателей системы ПОЛ-АОЗ у пациенток-европеоидов в возрастном аспекте (между девушками и женщинами) показало увеличение концентрации Дв. св. (p < 0,0001), ДК (p = 0,0121), КД и СТ (p = 0,0014) и снижение значений общей АОА (p = 0,0427) у женщин, что предполагает более выраженные нарушения в системе ПОЛ-АОЗ, возникающие с возрастом. Помимо патологических процессов, к повышению количества свободных радикалов в организме могут приводить и некоторые физиологические факторы, например биологическое старение [19; 20]. Соответственно, «двойная» окислительная нагрузка в разы увеличивает риск развития свободнорадикальной патологии, быстрее приводит к истощению системы АОЗ и накоплению окисленных биомолекул, в числе которых встречаются ферментативные антиоксиданты. Окисленные ферменты антиоксидантной защиты теряют свою активность, в связи с этим и общая АОА становится меньше, на что указывают полученные результаты.

У женщин-монголоидов при наличии СД1 обнаружено увеличение значений Дв. св., ДК, общей АОА и снижение активности СОД. В условиях дефицита инсулина происходит активация процесса липолиза, который приводит к увеличению концентрации субстратов ПОЛ, вследствие чего отмечается увеличение первичных продуктов липопероксидации — Дв. св. и ДК [21]. Стоит обратить внимание на увеличение уровня общей АОА крови у пациенток, что, возможно, способствует устойчивости к повреждающему воздействию ОС и может рассматриваться как защитная реакция, благоприятно влияющая на течение заболевания. Также полученные ранее клинические данные установили, что при

наличии СД1 поздние сосудистые осложнения (такие как диабетическая ретинопатия, диабетическая нефропатия) у монголоидов встречаются реже, чем у пациентов европеоидов [22]. В связи с этим можно предположить, что увеличение мощности антиоксидантной системы создает определенную гарантию против интенсификации липопероксидных процессов.

При сравнении параметров липопероксидации у девушек и женщин монголоидов с СД1 было выявлено увеличение ДК ($p < 0,0001$) и содержания α -токоферола ($p = 0,0291$) в группе женщин по сравнению с группой девушек. Несмотря на то что с возрастом у женщин отмечаются начальные изменения в балансе системы ПОЛ-АОЗ (накопления первичных продуктов ПОЛ), в уровне общей АОО значимых изменений не обнаружено и даже наблюдается тенденция к его увеличению, где одним из доказано повышающихся значений является α -токоферол. Из этого можно сделать вывод, что с возрастом у пациенток-монголоидов сохраняется низкая интенсивность процессов липопероксидации, что говорит о высоких адаптивных возможностях коренного населения.

Этнические различия параметров ПОЛ-АОЗ между женщинами с СД1 показали более интенсивное течение процессов ПОЛ в группе женщин-европеоидов, которое заключалось в увеличенной концентрации Дв. св. ($p = 0,0267$), также была отмечена тенденция к накоплению КД и СТ и ТБК-АП. При этом в системе АОЗ у пациенток-европеоидов наблюдалось снижение значений общей АОО крови ($p = 0,0015$) по отношению к пациенткам-монголоидам. Накопление токсичных липопероксидных продуктов при сниженной активности компонентов АОЗ может оказывать негативное влияние на течение диабета у женщин-европеоидов, и, наоборот, отсутствие значимых изменений в состоянии системы ПОЛ-АОЗ предполагает благоприятное течение СД1 у женщин-монголоидов.

Заключение

Результаты проведенного исследования демонстрируют более низкую интенсивность процессов липопероксидации и более высокую активность антиоксидантной системы у пациенток-монголоидов по сравнению с пациентками-европеоидами в обеих возрастных группах, что способствует устойчивости к формированию дисрегуляторных процессов у коренного населения Сибири.

Список источников

1. Чистякова О. В., Сухов И. Б., Шпаков А. О. Роль окислительного стресса и антиоксидантных ферментов в развитии сахарного диабета // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2017 Т. 103, № 9. С. 987–1003.
2. Lipid peroxidation products and endogenous intoxication levels in patients with type 1 diabetes mellitus and different stages of albuminuria / M. A. Darenkaya, S. I. Kolesnikov, E. V. Chugunova [et al.] // Diabetes Technology and Therapeutics. 2023. Vol. 25, № S2. P. 200. doi:10.1089/dia.2023.2525.abstracts.
3. Connecting the "Dots": From free radical lipid autoxidation to cell pathology and disease / M. K. Foret, R. Lincoln, S. Do Carmo [et al.] // Chem Rev. 2020. Vol. 120, № 23. P. 12757–12787. doi:10.1021/acs.chemrev.0c00761.
4. Role of antioxidants in the protection from aging-related diseases / D. M. Monti, M. M. Rigano, S. M. Monti, H. S. Peixoto // Oxid Med Cell Longev. 2019. Vol. 2019. P. 7450693. doi:10.1155/2019/7450693.
5. Eiland L. Thangavelu T., Drincic A. Has technology improved diabetes management in relation to age, gender, and ethnicity? // Curr Diab Rep. 2019. Vol. 19, № 11. P. 111. doi:10.1007/s11892-019-1231-5.
6. Даренская М. А. Особенности метаболических реакций у коренного и пришлого населения Севера и Сибири // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2014. № 2 (96). С. 97–103.
7. Этногенетические и молекулярно-метаболические аспекты нарушений сна в климактерическом периоде / Л. И. Колесникова [и др.]. М.: Российская академия наук, 2019. 138 с.
8. Сравнительный эмпирический анализ жизнеспособности русской и бурятской молодежи / А. В. Махнач, Н. М. Сараева, С. Б. Дагбаева [и др.] // Социальная психология и общество. 2023. Т. 14, № 2. С. 66–84. doi:10.17759/sps.2023140205.

9. Сопоставление различных подходов к определению продуктов перекисного окисления липидов в гептан-изопропанольных экстрактах крови / И. А. Волчегорский, А. Г. Налимов, Б. Г. Яровинский [и др.] // Вопросы медицинской химии. 1989. № 1. С. 127–131.
10. Гаврилов В. Б., Гаврилова А. Р., Мажуль Л. М. Анализ методов определения продуктов перекисного окисления липидов в сыворотке крови по тесту с тиобарбитуровой кислотой // Вопросы медицинской химии. 1987. № 1. С. 118–122.
11. Misra H. P., Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase // Journal of Biological chemistry. 1972. Vol. 247. P. 3170–3175.
12. Оценка антиокислительной активности плазмы крови с применением желточных липопротеидов / Г. И. Клебанов, И. В. Бабенкова, Ю. О. Теселкин [и др.] // Лабораторное дело. 1988. № 5. С. 59–62.
13. Черняускене Р. Ч., Варшкявичене З. З., Грибаускас П. С. Одновременное определение концентраций витаминов Е и А в сыворотке крови // Лабораторное дело. 1984. № 6. С. 362–365.
14. Hissin P. J., Hilf R. Fluorometric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues // Anal Biochem. 1976. Vol. 74. P. 214–226.
15. Кяримов И. А., Шевченко В. Д., Арушанова В. В. Свободно-радикальное окисление как фактор изменения функционального состояния белковых молекул // Повышение эффективности реализации фундаментальных научных исследований как условие долгосрочного устойчивого развития России. 2020. С. 5–10.
16. Superoxide dismutase as multipotent therapeutic antioxidant enzyme: Role in human diseases / P. Saxena, K. Selvaraj, S. K. Khare, N. Chaudhary // Biotechnol Lett. 2022. Vol. 44, № 1. P. 1–22. doi:10.1007/s10529-021-03200-3.
17. Thompson M. D., Cooney R. V. The potential physiological role of γ -tocopherol in human health: A qualitative review // Nutrition and cancer. 2020. Vol. 72, № 5. P. 808–825. doi:10.1080/01635581.2019.1653472.
18. 8-hydroxy-2-deoxyguanosine concentration in men with type 1 diabetes mellitus and albuminuria / M. A. Darenskaya, S. I. Kolesnikov, E. V. Chugunova [et al.] // Diabetes technology and therapeutics. 2023. Vol. 25, № S2. P. 236. doi:10.1089/dia.2023.2525.abstracts.
19. Activity of erythrocyte antioxidant enzymes in healthy women depends on age, BMI, physical activity, and diet / E. Cecerska-Heryć, K. Krauze, A. Szczeńniak [et al.] // J Health Popul Nutr. 2022. Vol. 41, № 1. P. 35. doi:10.1186/s41043-022-00311-z.
20. Мезенцев Ю. А., Осипова О. А. Обзор современной информации о влиянии оксидативного стресса на преждевременное старение // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2022. № 5. С. 249–269.
21. FGF1 and insulin control lipolysis by convergent pathways / G. Sancar, S. Liu, E. Gasser [et al.] // Cell Metab. 2022. Vol. 34, № 1. P. 171–183. doi:10.1016/j.cmet.2021.12.004.
22. Даренская М. А., Колесникова Л. И., Колесников С. И. Этнические аспекты метаболических реакций женщин при дисрегуляционной патологии. М.: Российская академия наук, 2020. 168 с.

References

1. Chistyakova O. V., Sukhov I. B., Shpakov A. O. Rol' okislitel'nogo stressa i antioksidantnyh fermentov v razvitii saharnogo diabeta [The role of oxidative stress and antioxidant enzymes in the development of diabetes mellitus]. *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal* [Russian journal of physiology], 2017, Vol. 103, No. 9, pp. 987–1003. (In Russ.).
2. Darenskaya M. A., Kolesnikov S. I., Chugunova E. V., Semenova N. V., Kolesnikova L. I. Lipid peroxidation products and endogenous intoxication levels in patients with type 1 diabetes mellitus and different stages of albuminuria. *Diabetes Technology and Therapeutics*, 2023, Vol. 25, No. S2, p. 200. doi:10.1089/dia.2023.2525.abstracts.
3. Foret M. K., Lincoln R., Do Carmo S., Cuello A. C., Cosa G. Connecting the "Dots": From free radical lipid autoxidation to cell pathology and disease. *Chem Rev*, 2020, Vol. 120, No. 23, pp. 12757–12787. doi:10.1021/acs.chemrev.0c00761.

4. Monti D. M., Rigano M. M., Monti S. M., Peixoto H. S. Role of antioxidants in the protection from aging-related diseases. *Oxid Med Cell Longev*, 2019, Vol. 2019, p. 7 450693. doi:10.1155/2019/7450693.
5. Eiland L., Thangavelu T., Drincic A. Has technology improved diabetes management in relation to age, gender, and ethnicity? *Curr Diab Rep*, 2019, Vol. 19, No. 11, p. 111. doi:10.1007/s11892-019-1231-5.
6. Darenskaya M. A. Osobennosti metabolicheskikh reakcij u korenno i prishlogo naselenija Severa i Sibiri [Peculiarities of metabolic reactions in indigenous and migrant populations of the north and Siberia]. *Bjulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra Sibirskogo otdelenija Rossijskoj akademii medicinskih nauk* [Bulletin of the East Siberian scientific center of the Siberian branch of the Russian academy of medical sciences], 2014, No. 2 (96), pp. 97–103. (In Russ.).
7. Kolesnikova L. I., Kolesnikov S. I., Madaeva I. M., Semenova N. V. *Jetnogeneticheskie i molekulyarno-metabolicheskie aspekty narushenij sna v klimaktericheskom periode* [Ethnogenetic and molecular-metabolic aspects of sleep disorders in the menopausal period]. Moscow, Russian Academy of Sciences, 2019, 138 p. (In Russ.).
8. Makhnach A. V., Saraeva N. M., Dagbayeva S. B., Laktionova A. I., Postyljakova Ju. V., Suhanov A. A. Sravnitel'nyj jempiricheskij analiz zhiznesposobnosti russkoj i burjatskoj molodezhi [Comparative empirical analysis of the Russian and Buryat youth resilience]. *Sotsial'naya psikhologiya i obshchestvo* [Social Psychology and Society], 2023, Vol. 14, No. 2, pp. 66–84. doi:10.17759/sps.2023140205. (In Russ.).
9. Volchegorsky I. A., Nalimov A. G., Yarovinsky B. G., Lifshic R. I. Sopostavlenie razlichnyh podhodov k opredeleniju produktov perekisnogo okislenija lipidov v heptan-izopropanol'nyh jekstraktah krovi [Comparison of different approaches to the determination of lipid peroxidation products in heptane-isopropanol extracts of blood]. *Voprosy medicinskoj himii* [Questions of medical chemistry], 1989, No. 1, pp. 127–131. (In Russ.).
10. Gavrilov V. B., Gavrilova A. R., Mazhul L. M. Analiz metodov opredelenija produktov perekisnogo okislenija lipidov v syvorotke krovi po testu s tiobarbiturovoj kislotoj [Analysis of methods for determining the products of lipid peroxidation in blood serum by a test with thiobarbituric acid]. *Voprosy medicinskoj himii* [Questions of medical chemistry], 1987, No. 1, pp. 118–122. (In Russ.).
11. Misra H. P., Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *Journal of Biological chemistry*, 1972, Vol. 247, No. 10, pp. 3170–3175.
12. Klebanov G. I., Babenkova I. V., Teselkin Yu. O., Komarov O. S., Vladimirov Ju. A. Ocenka antiokislitel'noj aktivnosti plazmy krovi s primeneniem zheltocnyh lipoproteidov [Evaluation of the antioxidant activity of blood plasma with the use of yolk lipoproteins]. *Laboratornoe delo* [Laboratory business], 1988, No. 5, pp. 59–62. (In Russ.).
13. Chernyauksene R. Ch., Varshkevichene Z. Z., Grybauskas P. S. Odnovremennoe opredelenie koncentracij vitaminov E i A v syvorotke krovi [Simultaneous determination of vitamin E and A concentrations in blood serum]. *Laboratornoe delo* [Laboratory business], 1984, No. 6, pp. 362–365. (In Russ.).
14. Hissin P. J., Hilf R. Fluorometric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues. *Analytical Biochemistry*, 1976, Vol. 74, pp. 214–226.
15. Karimov I. A., Shevchenko V. D., Arushanova V. V. Svobodno-radikal'noe okislenie kak faktor izmenenija funkcional'nogo sostojanija belkovykh molekul [Free radical oxidation as a factor of changing the functional state of protein molecules]. *Povyshenie jeffektivnosti realizacii fundamental'nyh nauchnyh issledovanij kak uslovie dolgosrochnogo ustojchivogo razvitiya Rossii* [Improving the efficiency of fundamental scientific research as a condition for long-term sustainable development of Russia], 2020, pp. 5–10. (In Russ.).
16. Saxena P., Selvaraj K., Khare S. K., Chaudhary N. Superoxide dismutase as multipotent therapeutic antioxidant enzyme: Role in human diseases. *Biotechnol Lett*, 2022, Vol. 44, No. 1, pp. 1–22. doi:10.1007/s10529-021-03200-3.
17. Thompson M. D., Cooney R. V. The potential physiological role of γ -tocopherol in human health: A qualitative review. *Nutrition and cancer*, 2020, Vol. 72, No. 5, pp. 808–825. doi:10.1080/01635581.2019.1653472.
18. Darenskaya M. A., Kolesnikov S. I., Chugunova E. V., Nikitina O. A., Kolesnikova L. I. 8-hydroxy-2-deoxyguanosine concentration in men with type 1 diabetes mellitus and albuminuria. *Diabetes technology and therapeutics*, 2023, Vol. 25, No. S2, p. 236. doi:10.1089/dia.2023.2525.abstracts. (In Russ.).

19. Cecerska-Heryć E., Krauze K., Szczęśniak A., Goryniak-Mikołajczyk A., Serwin N., Śleboda-Taront D., Jacek R., Heryć R., Michalczyk A., Dołęgowska B. Activity of erythrocyte antioxidant enzymes in healthy women depends on age, BMI, physical activity, and diet. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 2022, Vol. 41, No. 1, p. 35. doi:10.1186/s41043-022-00311-z.
20. Mezentsev Yu. A., Mezentsev Yu. A., Osipova O. A. Obzor sovremennoj informacii o vlijanii oksidativnogo stressa na prezhddevremennoe starenie [Review of current information on the effect of oxidative stress on premature aging]. *Sovremennye problemy zdavoohranenija i medicinskoj statistiki* [Modern problems of healthcare and medical statistics], 2022, No. 5, pp. 249–269. (In Russ.).
21. Sancar G., Liu S., Gasser E., Alvarez J. G., Moutos C., Kim K., Zutphen T. V., Wang Y., Huddy T. F., Ross B., Dai Y., Zepeda D., Collins B., Tilley E., Kolar M. J., Yu R. T., Atkins A. R., van Dijk T. H., Saghatelian A., Jonker J. W., Downes M., Evans R. M. FGF1 and insulin control lipolysis by convergent pathways. *Cell metabolism*, 2022, Vol. 34, No. 1, pp. 171–183. doi:10.1016/j.cmet.2021.12.004.
22. Darenskaya M. A., Kolesnikova L. I., Kolesnikov S. I. *Jetnicheskie aspekty metabolicheskikh reakcij zhenshin pri dizreguljacionnoj patologii* [Ethnic aspects of metabolic reactions of women in dysregulatory pathology]. Moscow, Russian Academy of Sciences, 2020, 168 p. (In Russ.).

Информация об авторах

Анастасия Сергеевна Лесная — tasi121212@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1055-4608>, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник;

Марина Александровна Даренская — <https://orcid.org/0000-0003-3255-2013>, доктор биологических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник;

Наталья Викторовна Семёнова — <https://orcid.org/0000-0002-6512-1335>, доктор биологических наук, главный научный сотрудник;

Любовь Ильинична Колесникова — <https://orcid.org/000-0003-3354-2992>, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, научный руководитель.

Information about the authors

Anastasiya S. Lesnaya — tasi121212@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1055-4608>, Cand. Sci. (Biol.), Junior Researcher;

Marina A. Darenskaya — <https://orcid.org/0000-0003-3255-2013>, Dr. Sc. (Biol.), Professor of the RAS, Chief Research Associate;

Natalya V. Semenova — <https://orcid.org/0000-0002-6512-1335>, Dr. Sci. (Biol.), Chief Research Associate;

Lyubov I. Kolesnikova — <https://orcid.org/000-0003-3354-2992>, Dr. Sc. (Med.), Professor, Academician of RAS, Academic Director.

Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 05.12.2023; принята к публикации 05.12.2023.
The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 05.12.2023; accepted for publication 05.12.2023.