

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643126>

EDN: RYSREI



Содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в рационе сельских подростков: взаимосвязь с процессами перекисного окисления липидов

М.А. Даренская, Л.В. Рычкова, Т.А. Астахова, А.В. Погодина, О.А. Долгих, Ю.Н. Климкина, Н.А. Юзвак, Л.И. Колесникова

Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, Иркутск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Сбалансированное питание является важнейшим компонентом профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Достаточный уровень жирных кислот в рационе питания подросткового населения, безусловно, может выступать условием резистентности к неблагоприятным факторам. Активность реакций перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты позволяет оценить устойчивость к негативным воздействиям и определяет адаптивные реакции организма. Не до конца обследованными являются подростки, проживающие на территориях сельских поселений.

Цель. Определить характеристики жирно-кислотного состава пищевого рациона, уровень показателей системы «перекисное окисление липидов–антиоксидантная защита», а также возможные корреляции между ними у подростков, проживающих в сельской местности.

Материалы и методы. Проведён анализ данных (посредством метода поперечного исследования) 76 подростков (38 юношей и 38 девушек) 14–17 лет, проживающих на сельских территориях Иркутской области. Для оценки фактического питания подростков применяли метод 24-часового воспроизведения питания. Полученные значения сравнивали с нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах. Анализ системы «перекисное окисление липидов–антиоксидантная защита» осуществляли с помощью спектрофотометрических и флуориметрических методов исследования.

Результаты. Пищевой статус сельских подростков характеризовался более высоким потреблением насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот при дефиците полиненасыщенных Омега-3 и Омега-6 жирных кислот. Выявлены низкие уровни потребления мононенасыщенных (миристолеиновой, пальмитолеиновой) и полиненасыщенных (альфа-линоленовой, арахидоновой, докозагексановой и эйкозапентаеновой) жирных кислот. В крови подростков отмечены высокие значения вторичных, конечных продуктов перекисного окисления липидов, α -токоферола и восстановленного глутатиона, сниженные уровни первичных продуктов, общей антиокислительной активности и ретинола. Корреляционные зависимости были обнаружены в отношении кетодиенов и сопряжённых триенов с расчётными значениями олеиновой кислоты, продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, с арахидоновой, общей антиокислительной активности с каприловой и лауриновой кислотами, активности супероксиддисмутазы от расчётного уровня докозагексановой, α -токоферола с бегеновой кислотой. Множественные корреляции положительной направленности выявлены в отношении окисленного глутатиона: с расчётными уровнями каприловой, лауриновой, пальмитиновой, стеариновой, общим показателем мононенасыщенных жирных кислот, пальмитолеиновой и олеиновой жирных кислот.

Заключение. Расчётные показатели потребления насыщенных и ненасыщенных жирных кислот позволяют выявить алиментарные дефициты в питании подростков и предположительно связать их с высокой активностью процессов липопероксидации на системном уровне.

Ключевые слова: насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты; фактическое питание; перекисное окисление липидов; антиоксидантная защита; сельские подростки.

Как цитировать:

Даренская М.А., Рычкова Л.В., Астахова Т.А., Погодина А.В., Долгих О.А., Климкина Ю.Н., Юзвак Н.А., Колесникова Л.И. Содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в рационе сельских подростков: взаимосвязь с процессами перекисного окисления липидов // Экология человека. 2024. Т. 31, № 10. С. 768–779. DOI: 10.17816/humeco643126 EDN: RYSREI

Рукопись поступила: 18.12.2024

Рукопись одобрена: 11.03.2025

Опубликована online: 14.04.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643126>

EDN: RYSREI

Content of Saturated and Unsaturated Fatty Acids in Diets of Rural Adolescents: Association With Lipid Peroxidation Processes

Marina A. Darenskaya, Lyubov V. Rychkova, Tatyana A. Astakhova, Anna V. Pogodina, Olga A. Dolgikh, Yuliana N. Klimkina, Natalya A. Yuzvak, Lyubov I. Kolesnikova

Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: *Balanced nutrition* is a key component in the prevention of cardiovascular diseases. An adequate intake of fatty acids in the adolescent diet can contribute to resistance against adverse environmental factors. The activity of lipid peroxidation reactions and the antioxidant defense system serves as an indicator of the body's resistance to adverse influences and its adaptive capacity. However, rural adolescents remain an understudied population.

AIM: To characterize the fatty acid composition of the diets, assess parameters of the lipid peroxidation–antioxidant defense system, and examine potential correlations between them in rural adolescents.

METHODS: A cross-sectional analysis was conducted among 76 adolescents (38 boys and 38 girls) aged 14–17 years residing in rural areas of Irkutsk Region. Actual dietary intake was assessed using the 24-hour dietary recall method and compared to established physiological requirements for energy and nutrients. Parameters of the lipid peroxidation–antioxidant defense system were evaluated using spectrophotometric and fluorometric methods.

RESULTS: The dietary status of rural adolescents was characterized by elevated intake of saturated and monounsaturated fatty acids and a deficiency in polyunsaturated omega-3 and omega-6 fatty acids. Notably low intake levels were observed for monounsaturated (myristoleic, palmitoleic) and polyunsaturated (alpha-linolenic, arachidonic, docosahexaenoic, and eicosapentaenoic) fatty acids. Blood analyses in adolescents revealed elevated levels of secondary end products of lipid peroxidation, α -tocopherol, and reduced glutathione, along with decreased levels of primary products, total antioxidant activity, and retinol. Correlation analysis revealed associations between ketodienes and conjugated trienes and estimated dietary level of oleic acid; TBA-reactive substances and arachidonic acid; total antioxidant activity and caprylic and lauric acids; superoxide dismutase activity and estimated dietary level of docosahexaenoic; α -tocopherol and behenic acid. Multiple positive correlations were found between oxidized glutathione and estimated dietary level of caprylic, lauric, palmitic, and stearic acids, total monounsaturated fatty acids, palmitoleic acid, and oleic acid.

CONCLUSION: Estimated intake levels of saturated and unsaturated fatty acids help identify dietary deficiencies in rural adolescents and may be associated with high systemic lipid peroxidation activity.

Keywords: saturated and unsaturated fatty acids; actual nutrition; lipid peroxidation; antioxidant defense; rural adolescents.

To cite this article:

Darenskaya MA, Rychkova LV, Astakhova TA, Pogodina AV, Dolgikh OA, Klimkina YuN, Yuzvak NA, Kolesnikova LI. Content of Saturated and Unsaturated Fatty Acids in Diets of Rural Adolescents: Association With Lipid Peroxidation Processes. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(10):768–779.

DOI: 10.17816/humeco643126 EDN: RYSREI

Received: 18.12.2024

Accepted: 11.03.2025

Published online: 14.04.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco643126>

EDN: RYSREI

农村青少年膳食中饱和与不饱和脂肪酸含量：与脂质过氧化过程的相关性

Marina A. Darenskaya, Lyubov V. Rychkova, Tatyana A. Astakhova, Anna V. Pogodina, Olga A. Dolgikh, Yuliana N. Klimkina, Natalya A. Yuzvak, Lyubov I. Kolesnikova

Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems, Irkutsk, Russia

摘要

背景。均衡膳食是心血管疾病预防的关键因素之一。青少年膳食中充足的脂肪酸摄入，无疑是其抵御不良环境因素的一个重要条件。脂质过氧化反应与抗氧化防御反应的活性，有助于评估个体对不利因素的抵抗能力，并决定其适应性反应。生活在农村地区的青少年尚未被充分研究。

目的。明确农村青少年膳食中脂肪酸组成的特征，评估其“脂质过氧化 - 抗氧化防御”系统的相关指标，并分析二者之间的可能关联。

材料与方法。采用横断面研究方法，分析了Irkutsk州农村地区76名14 - 17岁青少年（38名男生、38名女生）的数据。通过24小时膳食回顾法评估实际摄入，并将其与能量和营养素生理需求标准进行对比。“脂质过氧化 - 抗氧化防御”系统指标通过分光光度法和荧光光度法测定。

结果。农村青少年膳食中饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸摄入较高，而Omega-3和Omega-6多不饱和脂肪酸摄入不足。检测到单不饱和脂肪酸（如肉豆蔻烯酸、棕榈油烯酸）和多不饱和脂肪酸（如 α -亚麻酸、花生四烯酸、二十二碳六烯酸和二十碳五烯酸）的摄入水平偏低。在青少年血液中检测到脂质过氧化的终产物、 α -生育酚和还原型谷胱甘肽水平升高，而初级产物、总抗氧化活性和视黄醇水平降低。相关性分析显示：酮二烯和共轭三烯与估算的油酸摄入量相关；TBA活性产物与花生四烯酸相关；总抗氧化活性与辛酸和月桂酸相关；超氧化物歧化酶活性与估算的二十二碳六烯酸摄入量相关； α -生育酚与二十二碳酸相关。发现氧化型谷胱甘肽与以下脂肪酸的估算水平之间存在多重正相关：辛酸、月桂酸、棕榈酸、硬脂酸、总单不饱和脂肪酸、棕榈油烯酸和油酸。

结论。膳食中饱和与不饱和脂肪酸的估算摄入量可用于识别农村青少年营养摄入的不足，并可能与系统性脂质过氧化过程的活性升高相关。

关键词： 饱和与不饱和脂肪酸；实际膳食；脂质过氧化；抗氧化防御；农村青少年。

引用本文：

Darenskaya MA, Rychkova LV, Astakhova TA, Pogodina AV, Dolgikh OA, Klimkina YuN, Yuzvak NA, Kolesnikova LI. 农村青少年膳食中饱和与不饱和脂肪酸含量：与脂质过氧化过程的相关性. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(10):768-779. DOI: 10.17816/humeco643126
EDN: RYSREI

收到: 18.12.2024

接受: 11.03.2025

发布日期: 14.04.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Питание является важным фактором, обеспечивающим нормальные показатели роста и развития ребёнка [1, 2]. Недостаточное удовлетворение пищевых потребностей во время перехода от детства к взрослой жизни может привести к задержке полового созревания и замедлению ростовых показателей [3, 4]. Кроме того, нездоровые тенденции в питании, наряду с сидячим образом жизни и низкой физической активностью, вносят наибольший вклад в распространение эпидемии подросткового ожирения во всём мире [5]. Избыточное накопление жировой массы, как правило, является следствием хронического превышения потребления энергии по отношению к её затратам [6]. Полагают, что, помимо энергетической ценности рациона питания, состав макро- и микронутриентов также участвует в регуляции потребления пищи и связанных с ней метаболических путей [7]. Фактор питания определяют как важнейший компонент профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, а диета с высоким содержанием насыщенных жиров может повысить риск развития сердечно-сосудистых заболеваний не только из-за связанного с этим доминирования проатерогенного липидного профиля после приёма пищи, но также по причине последствий воспалительных реакций, снижения чувствительности к инсулину и повышенного артериального давления [6, 7]. Питание как таковое можно количественно оценить посредством двух составляющих: оценки фактического потребления пищи, а также анализа пищевого статуса, проявляющегося в объективных параметрах тела, его биологических сред и компонентов [1, 8]. Такой комплексный подход может указывать на определённые тенденции в динамике здоровья, однако истинную недостаточность пищевых компонентов можно диагностировать по биохимическому статусу крови пациента [2].

Необходимыми компонентами питания человека являются жиры и масла, пищевая ценность которых определяется составом жирных кислот [7]. Уровень жиров и масел в ежедневной диете должен составлять не более 30%, содержание насыщенных жиров не должно превышать 6–10% от общей калорийности дневного рациона [1, 8, 9]. Высокое содержание последних в пище связано с риском развития таких процессов, как хроническое воспаление жировой ткани, активация провоспалительных факторов, дислипидемия, гипергликемия, окислительный стресс и т.д. [10, 11].

Показателями окислительного стресса биомембран клеток являются продукты перекисного окисления липидов (ПОЛ), избыточное накопление которых происходит в условиях дефицита факторов антиоксидантной защиты (АОЗ) [2]. Активность процессов ПОЛ позволяет оценить резистентность к факторам различного генеза и определяет адаптивные реакции организма [12]. Избыточное накопление продуктов ПОЛ играет весомую роль в патогенезе многочисленных заболеваний

подросткового периода [13–15]. Большинство негативных эффектов влияния жирных кислот связано с качеством их потребления. В целом преимущественное использование трансжирных кислот связано с риском сердечно-сосудистых расстройств, тогда как роль других жирных кислот всё ещё остаётся спорной [7, 11]. Защитный эффект в первую очередь связан с потреблением ненасыщенных жирных кислот, таких как мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) и полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) [16]. Достаточный уровень жирных кислот в рационе питания подросткового населения, безусловно, может выступать условием резистентности организма к негативным факторам. Не до конца обследованными являются подростки, проживающие на территориях сельских поселений.

Цель исследования. Определить характеристики жирно-кислотного состава пищевого рациона, уровень показателей системы ПОЛ–АОЗ, а также возможные корреляции между ними у подростков, проживающих в сельской местности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Представлено наблюдательное поперечное когортное исследование. Анализ пищевого статуса проведен у 76 подростков 14–17 лет: 38 юношей (средний возраст $15,34 \pm 1,16$ года) и 38 девушек (средний возраст $14,94 \pm 0,86$ года), проживающих на сельских территориях Иркутской области. Набор участников проводили из числа подростков, прошедших плановый ежегодный медицинский осмотр.

Подписание письменного добровольного согласия на обследование для подростков старше 15 лет или согласия от родителей/законных представителей для подростков младше 15 лет являлось обязательным условием. В работе с группами детей и подростков соблюдали этические принципы, предъявляемые Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (1964, 2013). Исследование проведено в ноябре 2020 г. и одобрено этическим комитетом ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (выписка из протокола заседания № 2 от 18.02.2020).

Сформулированы *критерии включения*: подростковый возраст (14–17 лет), отсутствие предшествующей медикаментозной терапии, лечения антибиотиками в течение предшествующих шести месяцев, отсутствие приёма антиоксидантных препаратов в течение одного месяца до взятия крови, острых или обострения хронических заболеваний. Критерии не включения: задержка физического развития (SDS роста менее 2 для данного возраста и пола по референсным таблицам Всемирной организации здравоохранения), дефицит веса (SDS индекса массы тела (ИМТ) меньше 5-го перцентиля).

Клиническое обследование пациентов состояло из сбора данных анамнеза, объективного обследования,

оценки антропометрии (массы тела, роста, окружности талии, бедер, ИМТ согласно стандартной формуле), измерения артериального давления, лабораторных исследований. Фактическое питание подростков изучали с помощью метода 24-часового (суточного) мониторинга питания [8]. Оценку величины потребляемой порции пищи проводили с помощью «Альбома порций продуктов и блюд» [17]. Сбор материала осуществляли путём интервьюирования подростков. Для обработки полученных результатов о потребляемых пищевых продуктах, а именно энергетической ценности, количественном составе макро- и микронутриентов каждого продукта и блюда, жирно-кислотном составе использовали данные о химическом составе российских пищевых продуктов в информационном приложении «Мой здоровый рацион» [18]. Значения параметров жирных кислот фактического питания сравнивали с нормами физиологических потребностей (НФП) подростков в пищевых веществах [19].

Пример перевода: пицца (100 г): насыщенные жирные кислоты — 56,6 г, МНЖК — 34,297 г, ПНЖК — 7,238 г, Омега-3 — 1,032 г, Омега-6 — 6,426 г, трансжиры — 0,147 г.

В связи с отсутствием статистически значимых различий между группами подростков разного пола по основным антропометрическим показателям, гормональному статусу, показателям жирно-кислотного состава пищевого рациона ($p > 0,05$) группы были объединены между собой. Для сравнительного анализа параметров ПОЛ–АОЗ использовали данные практически здоровых подростков, проживающих в городских условиях (Иркутск). Проведено их комплексное клинико-биохимическое обследование. Критерии включения в данную группу были сходными с группой сельских подростков.

В качестве биологического материала использовали сыворотку крови, полученную натощак с утра из локтевой вены в соответствии с общепринятыми требованиями. Анализ активности системы ПОЛ проводили по содержанию ненасыщенных двойных связей, первичных (диеновых конъюгатов) и вторичных — кетодиенов и сопряжённых триенов продуктов в плазме крови по методу И.А. Волчегорского, основанном на интенсивном поглощении конъюгированных диеновых структур гидроперекисей липидов [20]. Содержание продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, определяли в реакции с тиобарбитуровой кислотой флуориметрическим методом [21]. Для оценки общей антиокислительной активности (АОА) использовали модельную систему, представляющую собой суспензию липопропротеидов желтка куриных яиц, позволяющую оценить способность сыворотки крови тормозить накопление ТБК-активных продуктов в суспензии. ПОЛ индуцировали добавлением $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ [22]. Метод определения концентраций α -токоферола и ретинола предусматривает удаление веществ, препятствующих определению путём омыления проб в присутствии больших количеств аскорбиновой кислоты и экстракцию

неомыляющихся липидов гексаном с последующим флуориметрическим определением содержания α -токоферола и ретинола. При этом α -токоферол обладает интенсивной флуоресценцией с максимумом возбуждения при $\lambda=294$ нм и излучения при $\lambda=330$ нм; ретинол — при $\lambda=335$ и $\lambda=460$ нм [23]. Содержание восстановленного и окисленного глутатиона определяли по P.Y. Hissin, R. Hilf [24], активность супероксиддисмутазы измеряли по методу H.P. Misra, I. Fridovich [25]. Измерения проводили на спектрофлуорофотометре Shimadzu RF-1501 (Япония), состоящем из двух блоков: спектрофотометра UV-1650PC и спектрофлуориметра RF-1501.

Для подсчёта использовали статистический пакет STATISTICA 8.0 Stat-Soft Inc, США. Методы статистического анализа включали в себя описательную статистику, тестирование статистических гипотез. Для проверки статистической гипотезы о равенстве двух независимых выборок вследствие отклонения распределения от нормального использовали непараметрический критерий Манна-Уитни при попарном сравнении групп. Для корреляционного анализа использовали метод Спирмена. Уровень значимости принимали при $p < 0,05$.

Данная работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Центр разработки прогрессивных персонализированных технологий здоровья» ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ, Иркутск.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По основным антропометрическим данным статистически значимых различий между контрольной и исследуемой группами не было ($p > 0,05$; табл. 1).

Основной рацион питания подростков контрольной и исследуемой групп представлен в табл. 2.

Оценка частоты потребления продуктов выявила, что сельские подростки в среднем в сутки чаще потребляют хлебобулочные изделия и макароны ($p=0,032$), овощи ($p=0,031$), мясо и мясные продукты ($p=0,001$). Рыба и морепродукты в рационе подростков присутствовали редко.

Анализ жирно-кислотного состава рациона питания сельских подростков в сравнении с НФП [19] представлен в табл. 3.

Отмечен ярко выраженный дисбаланс в потреблении как насыщенных, так и ненасыщенных жирных кислот в пищевом статусе обследованных. Явный дефицит обнаружен в отношении Омега-3 и Омега-6 ПНЖК. Также отмечена избыточность интегрального показателя насыщенных и МНЖК в сравнении с НФП (см. табл. 3). Выявлены более низкие уровни МНЖК (миристолеиновой, пальмитолеиновой) и ПНЖК (альфа-линоленовой, арахидоновой, докозагексановой и эйкозапентаеновой) по сравнению с НФП (см. табл. 3). При этом пальмитиновая жирная кислота, наряду со стеариновой, в рационе питания обнаруживала доминирование над остальными кислотами.

Таблица 1. Характеристика участников исследования ($M \pm m$)**Table 1.** Characteristics of the study participants ($M \pm m$)

Параметры Parameters	Контрольная группа Control group	Исследуемая группа Study group	Уровень значимости p The level of significance p
Возраст, лет Age (years)	15,40±0,80	15,10±0,90	0,8
Масса тела, кг Body weight (kg)	63,90±14,26	60,43±6,10	0,96
Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index (kg/m ²)	23,21±4,74	22,50±1,90	0,49

Таблица 2. Основной рацион питания сельских подростков ($M \pm m$)**Table 2.** Diet of rural adolescents ($M \pm m$)

Параметры Parameters	Контрольная группа Control group	Исследуемая группа Study group	Уровень значимости p The level of significance p
Хлебобулочные изделия, макароны Bakery products, pasta	2,1±0,3	3,2±0,2	0,032
Каша Porridge	1,8±0,1	2,2±0,1	0,9
Картофель Potato	0,9±0,03	1,2±0,1	0,9
Овощи Vegetables	1,6±0,2	3,2±0,3	0,031
Фрукты Fruit	1,4±0,2	2,6±0,2	0,05
Мясо и мясные продукты Meat and meat products	1,1±0,2	2,4±0,2	0,001
Рыба и морепродукты Fish and seafood	0,6±0,01	0,7±0,1	0,6
Молоко и кисломолочные продукты Milk and fermented milk products	1,5±0,2	2,2±0,3	0,06

У обследуемых подростков также оценивали показатели ПОЛ–АОЗ по сравнению с физиологической нормой (табл. 4).

Статистически значимые различия обнаружены в отношении широкого ряда показателей: повышенных значений вторичных продуктов липопероксидации (кетодиенов и сопряжённых триенов) — в 1,38 раза ($p=0,0028$) и конечных продуктов липопероксидации (ТБК-активных продуктов) — в 1,52 раза ($p=0,0001$); сниженного уровня первичных продуктов (диеновых конъюгатов) — в 1,53 раза ($p < 0,001$). Также отмечались статистически значимые изменения в системе АОЗ у обследуемых подростков: более низкие уровни общей АОА — в 1,52 раза ($p < 0,001$), ретинола — в 2,54 раза ($p < 0,001$), повышенные значения α -токоферола — в 1,42 раза ($p < 0,001$) и восстановленного глутатиона — в 1,24 раза ($p < 0,001$).

В результате корреляционного анализа выявлены статистически значимые зависимости положительной направленности (табл. 5).

Так, кетодиены и сопряжённые триены коррелировали с содержанием олеиновой кислоты ($r=0,26$; $p=0,025$), ТБК-активные продукты — с уровнем арахидоновой кислоты ($r=0,26$; $p=0,020$). Значения общей АОА находились в прямой зависимости от уровня потребления каприловой ($r=0,25$; $p=0,032$) и лауриновой ($r=0,24$; $p=0,030$) кислот; активности супероксиддисмутазы — от уровня докозагексановой кислоты ($r=0,25$; $p=0,030$); α -токоферола — от бегеновой кислоты ($r=0,23$; $p=0,040$). Множественные корреляции положительной направленности выявлены

в отношении окисленного глутатиона: с каприловой ($r=0,25$; $p=0,029$), лауриновой ($r=0,25$; $p=0,033$), пальмитиновой ($r=0,25$; $p=0,020$), стеариновой ($r=0,35$; $p=0,002$), общим показателем МНЖК ($r=0,34$; $p=0,003$), пальмитолеиновой ($r=0,24$; $p=0,041$) и олеиновой ($r=0,28$; $p=0,015$) жирными кислотами.

ОБСУЖДЕНИЕ

Подростковый возраст — это период интенсивного роста и развития [4]. Мировые тенденции на сегодняшний момент таковы, что современное подростковое население находится в состоянии беспрецедентных изменений в пищевой среде, обуславливающих проблемы с питанием [5]. В большей степени это связано с отсутствием продовольственной безопасности, дефицитом пищевых веществ, избыточным накоплением жировой массы и т.д. [26]. По сути, подростковый возраст является фазой роста, крайне чувствительной к питанию, во время которой преимущества правильного питания распространяются на многие физиологические системы [3, 4]. Большинство исследователей указывают на негативную динамику характера питания подростков практически во всех регионах Российской Федерации [27–29]. Это затрагивает различные аспекты проблемы: уровень потребления микро- и макроэлементов, калорийность и качество питания [29]. Выявлена высокая частота несбалансированного питания среди детей и подростков как в сельской, так и в городской популяции [30]. При этом городские подростки чаще потребляют

Таблица 3. Жирно-кислотный состав рациона питания сельских подростков**Table 3.** Fatty acid composition of the diet of rural adolescents

Показатели Indicators	Норма физиологических потребностей The norm of physiological needs	Me	25–75%
Калорийность, весь день, ккал Caloric content, all day (kcal)	2700	2404,4	2290,2–2625,3
Полиненасыщенные жирные кислоты Омега-3 (% от ккал) Omega-3 polyunsaturated fatty acids (% of kcal)	1–2% от калорийности суточного рациона 1–2% of the daily caloric intake	0,2	0,1–5,5
Полиненасыщенные жирные кислоты Омега-3 (% от ккал) Omega-6 polyunsaturated fatty acids (% of kcal)	5–8% от калорийности суточного рациона 5–8% of the daily caloric intake	1,9	1,7–8,0
Насыщенные жирные кислоты (% от ккал) Saturated fatty acids (% of kcal)	Не более 10 % от калорийности суточного рациона No more than 10 % of the caloric content of the daily die	24,1	22,6–28,5
4:0 Масляная 4:0 Oil		0,268	0,1–4,7
6:0 Капроновая 6:0 Nylon		0,14	0,1–4,7
8:0 Каприловая 8:0 Kaprilovaya		0,096	0,08–4,6
10:0 Каприновая 10:0 Caprine		0,201	0,1–4,5
12:0 Лауриновая 12:0 Lauric Acid		0,259	0,1–4,7
14:0 Миристиновая 14:0 Myristic		1,287	0,3–8,0
15:0 Пентадекановая 15:0 Pentadecane		0,091	0,08–4,9
16:0 Пальмитиновая 16:0 Palmitic		7,04	6,1–11,6
17:0 Маргариновая 17:0 Margarine		0,1935	0,1–4,6
18:0 Стеариновая 18:0 Stearic Acid		3,203	2,1–7,7
20:0 Арахидиновая 20:0 Arachine		0,0675	0,1–5,0
22:0 Бегеновая 22:0 Begenovaya		0,0755	0,1–4,8
Мононенасыщенные жирные кислоты (% от ккал) Monounsaturated fatty acids (% of kcal)	10% от калорийности суточного рациона 10% of the daily caloric intake	13,235	11,7–17,6
14:1 Миристолеиновая 14:1 Myristolein		0,306	0,2–4,8
16:1 Пальмитолеиновая 16:1 Palmitoleic Acid		0,8965	0,2–4,7
18:1 Олеиновая 18:1 Oleic Acid		11,2105	9,9–15,8
Полиненасыщенные жирные кислоты (% от ккал) Polyunsaturated fatty acids (% of kcal)	6–10% от калорийности суточного рациона 6–10% of the daily caloric intake	7,4205	7,2–13,4
18:2 Линолевая 18:2 Linoleum		7,231	7,1–13,6
18:3 Альфа-линоленовая 18:3 Alpha Linolenic acid		0,267	0,1–4,7
20:4 Арахидононовая кислота, мг 20:4 Arachidonic acid (mg)		0,2	0,1–0,35
22:6 Докозагексановая кислота, мг 22:6 Docosahexaenoic acid (mg)	170	0,3	0,2–0,4
20:5 Эйкозапентаеновая кислота, мг 20:5 Eicosapentaenoic acid (mg)	80	0,1	0,1–0,4

газированные безалкогольные напитки, а сельские школьники — реже овощи, фрукты, мясную и молочную продукцию. Последние, в свою очередь, подвержены более высокому риску развития избыточного веса и ожирения по сравнению с городскими сверстниками [31].

Не вызывает сомнений, что тип питания, в особенности в плане потребления жиров и жирных кислот, в значительной степени определяет риск развития сердечно-сосудистой патологии [7, 32].

Как в детском возрасте, так и у взрослых диета с высоким содержанием жиров связана с ожирением и другими неинфекционными хроническими заболеваниями [6, 9].

Установлено, что питание, богатое насыщенными жирами, повышает риск сердечно-сосудистых расстройств не только вследствие проатерогенного характера липидного профиля, но и по причине интенсификации воспалительных реакций, снижения чувствительности к инсулину и повышения артериального давления [7]. Жиры являются не только основным источником энергии, но и обеспечивают организм незаменимыми жирными кислотами, которые, в свою очередь, определяют рост, когнитивное развитие, физическую активность и профилактику заболеваний в подростковом возрасте [3, 11, 33, 34]. Основным структурным компонентом жиров являются жирные

Таблица 4. Показатели перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты в крови сельских подростков ($M \pm \sigma$)**Table 4.** Indicators of lipid peroxidation and antioxidant protection in the blood of rural adolescents ($M \pm \sigma$)

Показатель Indicator	Контрольная группа Control group	Исследуемая группа Study group
Диеновые конъюгаты, мкмоль/л Diene conjugates (mmol/L)	1,62±0,88	1,06±0,31*
Кетодиены и сопряжённые триены, усл.ед. Ketodienes and conjugated trienes (conl.ed.)	0,24±0,17	0,33±0,15*
Продукты, реагирующие с тиобарбитуровой кислотой, мкмоль/л Products reacting with thiobarbituric acid (mmol/L)	0,86±0,52	1,31±0,62*
Общая антиокислительная активность, усл.ед. Total antioxidant activity (conl.units)	15,23±4,50	11,23±3,71*
α -Токоферол, мкмоль/л α -tocopherol (mmol/L)	8,10±3,69	11,50±4,50*
Ретинол, мкмоль/л Retinol (mmol/L)	1,27±0,90	0,50±0,12*
Восстановленный глутатион, ммоль/л Reduced glutathione (mmol/L)	2,06±0,46	2,56±0,43*
Окисленный глутатион, ммоль/л Oxidized glutathione (mmol/L)	2,17±0,52	2,07±0,37*
Активность супероксиддисмутазы, усл. ед. Superoxide dismutase activity (conl. units)	1,68±0,25	1,67±0,12

Примечание. * Статистически значимые различия с контрольными значениями.

Note. * Statistically significant differences with the control values.

Таблица 5. Корреляции жирно-кислотного состава рациона питания и параметров перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты крови у подростков**Table 5.** Correlations of fatty acid composition of the diet and parameters of lipid peroxidation and antioxidant protection of blood in adolescents

Корреляции Correlations		r	p
Кетодиены и сопряжённые триены Ketodienes and conjugated trienes	18:1 Олеиновая 18:1 Oleic Acid	0,258	0,025
Продукты, реагирующие с тиобарбитуровой кислотой Products reacting with thiobarbituric acid	20:4 Арахидоновая кислота 20:4 Arachidonic acid	0,257	0,02
Общая антиокислительная активность Total antioxidant activity	8:0 Каприловая 8:0 Kaprilovaya	0,246	0,032
	12:0 Лауриновая 12:0 Lauric Acid	0,237	0,03
Супероксиддисмутаза Superoxide Dismutase	22:6 Докозагексановая кислота 22:6 Docosahexaenoic acid	0,248	0,03
α -токоферол α -tocopherol	22:0 Бегеновая 22:0 Begenovaya	0,233	0,04
Восстановленный глутатион Reduced glutathione	8:0 Каприловая 8:0 Kaprilovaya	0,251	0,029
	12:0 Лауриновая 12:0 Lauric Acid	0,246	0,033
	16:0 Пальмитиновая 16:0 Palmitic	0,252	0,02
	18:0 Стеариновая 18:0 Stearic Acid	0,352	0,002
	Мононенасыщенные жирные кислоты Monounsaturated fatty acids	0,338	0,003
	16:1 Пальмитолеиновая 16:1 Palmitoleic Acid	0,235	0,041
	18:1 Олеиновая 18:1 Oleic Acid	0,277	0,015

Примечание. p — уровень статистической значимости коэффициента корреляции.

Note. p — the level of statistical significance of the correlation coefficient.

кислоты, как насыщенные, так и ненасыщенные [7, 35]. Насыщенные, а также некоторые МНЖК синтезируются в организме с помощью синтазного комплекса, незаменимые (эссенциальные) жирные кислоты должны поступать извне [16]. Последние относятся к двум большим семействам Омега-3 и Омега-6, которые, попадая в организм, метаболизируются в длинноцепочечные ПНЖК и эйкозаноиды. ПНЖК входят в состав биомембран

клеток, выполняют регуляторные функции [7, 16, 35]. Источником всех ПНЖК Омега-3 и Омега-6 служат, соответственно, линолевая и альфа-линоленовая жирные кислоты. Омега-3 и Омега-6 принимают участие в реализации многих физиологических процессов — роста, пищевого поведения, поддержания сосудистого тонуса, обеспечивают реакции иммунитета, отвечают за развитие интеллекта [16]. Омега-3 способствуют синтезу

противовоспалительных лейкотриенов, вазодилатирующих простагландинов и снижению процессов агрегации тромбоцитов, по сути, они проявляют противовоспалительные, гипотензивные и дезагрегантные свойства [33, 35]. Доказано, что длительный дефицит в клетках Омега-3 и Омега-6 кислот реально способствует артериальной гипертензии и является условием для активации воспаления независимо от этиологического фактора [7, 36]. Очевидно, что выраженный недостаток в питании Омега-3 и Омега-6, а также их предшественников (линолевой и альфа-линоленовой жирных кислот) может негативно сказаться на состоянии здоровья сельских подростков. Подобные результаты были получены другими авторами и свидетельствовали о недостаточном потреблении эссенциальных ПНЖК подростками сельской местности ряда российских регионов [3, 27, 29, 31].

Отдельным негативным явлением у обследуемых может являться доминирование в питании подростков пальмитиновой, а также стеариновой кислот по сравнению с остальными насыщенными жирными кислотами [37]. Считается, что избыток в рационе пальмитиновой кислоты оказывает негативное влияние на состояние биомембран клеток посредством нарушения их проницаемости [38]. Во многом это происходит благодаря образованию промежуточных продуктов синтеза сфингомиелинов — церамидов [11, 37]. К негативным проявлениям пальмитата относят также усиление синтеза активных кислородных метаболитов, связывание с ионами кальция в митохондриях и образование митохондриальных липидных пор с высвобождением главного катализатора апоптоза — цитохрома С (и других индуцирующих апоптоз факторов) [11]. Установлено, что высокий уровень пальмитиновой кислоты блокирует благоприятное действие ПНЖК, способствует развитию атеросклеротических явлений [37, 38].

Анализ компонентов системы ПОЛ–АОЗ в крови обследуемых подростков показал рост значений вторичных и конечных продуктов при снижении уровня первичных, что может указывать на высокую скорость переоxygenации продуктов в конечные метаболиты, обладающие токсичными свойствами. Основной мишенью действия оксидантов являются биомолекулы: липиды, белки и нуклеиновые кислоты, наиболее же уязвимыми являются ПНЖК, которые считаются легко окисляемыми субстратами [15]. Липоперекиси, образующиеся в процессе окисления ПНЖК, в свою очередь, усиливают повреждающее действие оксидантов. Вероятно, что повышенная концентрация данного параметра у сельских подростков может расцениваться как фактор дизадаптации. В данном случае ведущую роль могут играть особенности питания сельских подростков, зафиксированные нами. Так, основной рацион питания данной когорты отличался преобладанием хлебобулочных изделий, недостаточностью рыбных продуктов и т.д. Особенно интенсивные повреждающие эффекты продуктов ПОЛ в отношении

биоструктур клетки имеют место в условиях дефицита факторов АОЗ. У сельских подростков отмечалось снижение общей АОА и уровня ретинола при относительном увеличении значений α -токоферола и GSH, что может объясняться компенсаторными реакциями. α -токоферол и ретинол относятся к жирорастворимым витаминам, природным антиоксидантам и необходимым факторам питания [23]. α -токоферол активно проявляет мембранозащитную роль, регулирует окислительный гомеостаз, работает в комплексе с ретинолом [39]. Функция ретинола также выражается в защите биологических мембран от повреждения кислородными метаболитами, кроме того, доказана гормоноподобная роль ретинола, образующего ретиноевую кислоту с многообразными регулирующими функциями, включая модуляцию репродуктивной активности [23, 39]. Вследствие этого снижение данного антиоксиданта может иметь определённые негативные последствия для организма. Неоспорима и регуляторная роль α -токоферола, проявляющаяся в различных звеньях репродуктивной системы [40]. Зачастую данные витамины рассматриваются в ассоциации с ПНЖК, поскольку последние являются субстратами для ПОЛ [41].

При анализе корреляционных взаимоотношений были установлены взаимосвязи показателей ненасыщенных и насыщенных жирных кислот с активностью реакций ПОЛ–АОЗ крови. Так, вторичные продукты ПОЛ были связаны с олеиновой кислотой, конечные продукты — с арахидоновой кислотой, факторы АОЗ находились во взаимосвязи с насыщенными жирными кислотами. Моно- и полиненасыщенные жирные кислоты часто рассматриваются в ассоциации с процессами ПОЛ, так как являются для них субстратами. Очевидно, что недостаток их потребления может сказаться на интенсивности защитных реакций организма, а присутствие насыщенных жиров в пище ещё больше усугублять ситуацию. Самые многочисленные зависимости обнаруживались у окисленного глутатиона. Глутатион в организме находится в двух формах (восстановленной и окисленной), выполняя свои основные функции (антиоксидантная, цистеинрезервирующая, синергетическая, редокс-регуляция экспрессии генов, воспаления и иммунных реакций и т.д.) именно в восстановленной форме [42, 43]. Многочисленные зависимости окисленной формы глутатиона могут указывать на нарушения взаимодействия различных звеньев системы АОЗ, в частности тиол-дисульфидного звена, опосредованных в том числе низким поступлением эссенциальных кислот с пищей.

К ограничениям настоящего исследования можно отнести небольшой объём независимой выборки, что не позволяет уверенно экстраполировать полученные данные на генеральную совокупность; 24-часовой метод исследования фактического питания с целью изучения питания предполагает ретроспективный сбор данных, поэтому не исключено наличие ошибок в ответах респондентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пищевой статус сельских подростков характеризовался более высокими значениями общих показателей, насыщенных и МНЖК, недостаточностью — ненасыщенных жирных кислот, при значительном дефиците Омега-3 и Омега-6. Расчётные показатели их потребления позволяют выявить алиментарные дефициты в питании подростков и связать с высокой активностью процессов липопероксидации на системном уровне, вследствие чего актуальна необходимость контроля состояния питания подросткового населения сельской местности совместно с организацией профилактической антиоксидантной коррекции путём назначения витаминно-минеральных добавок. Можно рекомендовать включение в рацион питания сельских подростков продуктов, богатых полноценными белками, полезными жирами и сложными углеводами, а также пробиотиков, обогащённых витаминами и микроэлементами с целью индивидуальной коррекции антиоксидантной недостаточности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. М.А. Даренская — разработка концепции и дизайна исследования, участие в написании всех разделов статьи; Л.В. Рычкова — участие в редактировании текста статьи, формулировании выводов, утверждение окончательного варианта; Т.А. Астахова — участие в сборе первичных данных и анализе полученных результатов, редактировании текста статьи, формулировании выводов; А.В. Погодина, О.А. Долгих — участие в сборе первичных данных и анализе полученных результатов, утверждение окончательного варианта; Ю.Н. Климкина — участие в сборе первичных данных и анализе полученных результатов; Н.А. Юзвак — участие в редактировании текста статьи, формулировании выводов; Л.И. Колесникова — участие в редактировании текста статьи, формулировании выводов, утверждение окончательного варианта. 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).

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (выписка из протокола заседания № 2 от 18.02.2020).

Согласие на публикацию. Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. M.A. Darenkaya — concept and design of the study, writing all sections of the article; L.V. Rychkova — editing the text of the article, formulating conclusions, approved its final version; T.A. Astakhova — collecting primary data and analyzing the results, editing the text of the article, formulating conclusions; A.V. Pogodina, O.A. Dolgikh — collecting primary data and analyzing the results, approved its final version; Yu.N. Klimkina — collecting primary data and analyzing the results; N.A. Yuzvak — editing the text of the article, formulating conclusions; L.I. Kolesnikova — editing the text of the article, formulating conclusions, approved its final version. All authors confirm that their authorship meets 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).

Ethical expertise. The study was approved by the local Ethics Committee of the Federal State Budgetary Institution "Scientific Center for Family Health and Human Reproduction" (extract from the minutes of the meeting No. 2 dated 02/18/2020).

Consent for publication. All study participants voluntarily signed an informed consent form before being included in the study.

Funding sources. No funding.

Disclosure of interests. The authors have no relationships, activities or interests for the last three years related with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality. In creating this work, the authors did not use previously published information (text, illustrations, data).

Data availability statement. The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, and no new data was collected or created.

Generative AI. Generative AI technologies were not used for this article creation.

Provenance and peer-review. This paper was submitted to the journal on an unsolicited basis and reviewed according to the usual procedure. Two external reviewers, a member of the editorial board, and the scientific editor of the publication participated in the review.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Martinchik AN, Baturin AK, Keshabyants EE, et al. Dietary intake analysis of Russian children 3–19 years old. *Problems of Nutrition*. 2017;86(4):50–60. EDN: ZFTKIH
- Darenkaya MA, Rychkova LV, Astakhova TA, et al. Correlation between actual nutrition and lipid peroxidation and antioxidant defense parameters in aged 14–17 years adolescents living in rural area. *The Siberian Scientific Medical Journal*. 2022;42(5):25–36. doi: 10.18699/SSMJ20220504 EDN: AIERGE
- Kuchma VR, Tkachuk EA, Globenko NE. Nutrition problems of modern schoolchildren, including children with disorders of the psychological development. *Hygiene and Sanitation*. 2022;101(11):1372–1378. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-11-1372-1378 EDN: VCYIAS
- Rychkova LV, Pogodina AV, Dolgikh OA, et al. Some determinants of health-related quality of life in school-age adolescents: a single-stage study. *Pediatrics n.a. G.N. Speransky*. 2022;101(5):135–143. doi: 10.24110/0031-403X-2022-101-5-135-143 EDN: YLDGTX
- Neri D, Steele EM, Khandpur N, et al. Ultraprocessed food consumption and dietary nutrient profiles associated with obesity: a multicountry study of children and adolescents. *Obesity Reviews*. 2022;23 Suppl 1: e13387. doi: 10.1111/obr.13387

6. Bocharova OV, Teplyakova ED. Children and adolescents' obesity is the 21st century health problem. *Kazan Medical Journal*. 2020;101(3):381–388. doi: 10.17816/KMJ2020-381 EDN: QQOFWC
7. Maffei C, Cendon M, Tomasselli F, et al. Lipid and saturated fatty acids intake and cardiovascular risk factors of obese children and adolescents. *Eur J Clin Nutr*. 2021;75(7):1109–1117. doi: 10.1038/s41430-020-00822-0
8. Martinchik AN, Baturin AK, Feoktistova AI, Svyakhovskaya IV. Methodical recommendations for assessing the amount of food consumed by the method of 24-hour (daily) reproduction of nutrition. Approved by the Deputy. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on February 26, 1995, No. C1-19/14-17. Moscow; 1996. (In Russ.)
9. Sorvacheva TN, Martinchik AN, Pyr'eva EA. *Comprehensive assessment of the actual nutrition and nutritional status of children and adolescents: a textbook*. Moscow: GBOU DPO RMAPO; 2014. 73 p. (In Russ.)
10. Panasenko LM, Nefedova JV, Kartseva TV, Cherepanova MI. Obesity and its role in the development of metabolic drome in children. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2020;65(2):125–132. doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-2-125-132 EDN: JTBMYD
11. Murru E, Manca C, Carta G, Banni S. Impact of dietary palmitic acid on lipid metabolism. *Front Nutr*. 2022;9:861664. doi: 10.3389/fnut.2022.861664
12. Darenskaya MA. Peculiarities of metabolic reactions in indigenous and migrant populations of the North and Siberia. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS*. 2014;(2):97–103. EDN: SIZJNL
13. Kolesnikova LI, Darenskaya MA, Dolgikh VV, et al. The characteristics of changes of indicators of hypophyseal-thyroid system and lipid metabolism in adolescents of different ethnic groups. *Clinical Laboratory Diagnostics*. 2012;(2):19–22. EDN: OXFFCZ
14. Povarova OV, Gorodetskaya EA, Kalenikova EI, Medvedev OS. Metabolic markers and oxidative stress in children's obesity pathogenesis. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2020;65(1):22–29. doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-1-22-29 EDN: DIQRJR
15. Darenskaya MA, Rychkova LV, Balzhirova DB, et al. The level of lipid peroxidation products and medium-molecular-weight peptides in adolescents with obesity. *International Journal of Biomedicine*. 2023;13(2):292–295. doi: 10.21103/Article13(2)OA17 EDN: FWPAP0
16. Nikolaeva SV, Usenko DV, Shushakova EK, et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids value for children. *RMJ*. 2020;28(2):28–32. EDN: HBRXNO
17. Martinchik AN, Baturin AK, Baeva VS, Peskova EV. *Album of portions of products and dishes*. Moscow: NII pitaniya RAMN; 1995. 65 p. (In Russ.)
18. Skurichin IM, Tutelyan VA, editors. *Chemical composition of Russian food products*. Moscow: DeLi print; 2002. 235 p. (In Russ.)
19. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the Russian Federation population: Methodological recommendations MR 2.3.1.0253-21. Moscow; 2021. (In Russ.)
20. Volchegorsky IA, Nalimov AG, Yarovinsky BG, et al. Comparison of various approaches to the determination of the products of lipid peroxidation in heptane-isopropanol extracts of blood. *Vopr Med Khim*. 1989;35(1):127–131. (In Russ.) EDN: SKGMSF
21. Gavrilov VB, Gavrilova AR, Mazhul LM. Methods of determining lipid peroxidation products in the serum using a thiobarbituric acid test. *Vopr Med Khim*. 1987;33(1):118–122. (In Russ.) EDN: SMPWZH
22. Klebanov GI, Babenkova IV, Teselkin YuO, et al. Evaluation of the antioxidative activity of blood plasma using yolk lipoproteins. *Laboratornoe Delo*. 1988;(5):59–60. EDN: SKEERL
23. Cherniauskene RC, Varshkyavichene ZZ, Grybauskas PS. Simultaneous determination of concentrations of vitamins E and A in blood serum. *Laboratornoe Delo*. 1984;(6):362–365.
24. Hissin PJ, Hilf R. A fluorometric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues. *Anal Biochem*. 1976;74(1):214–226. doi: 10.1016/0003-2697(76)90326-2
25. Misra HP, Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *J Biol Chem*. 1972;247(10):3170–3175.
26. Alt KW, Al-Ahmad A, Woelbel JP. Nutrition and health in human evolution-past to present. *Nutrients*. 2022;14(17):3594. doi: 10.3390/nu14173594
27. Rychkova LV, Dolgikh OA, Pogodina AV, et al. Dietary intake in indigenous adolescents in rural Buryatia, Russia. *Acta Biomedica Scientifica*. 2021;6(4):160–172. doi: 10.29413/ABS.2021-6.4.14 EDN: VPTFFS
28. Eliseeva YuV, Istomin AV, Eliseev YuYu. Regional features of adolescent nutrition. *Problems of Nutrition*. 2016;85(S2):159. (In Russ.) EDN: XCFEBT
29. Evseeva SA, Egorova AG, Savvina MS, et al. Dietary habits of school children in rural areas of the Republic of Sakha (Yakutia). *Yakut Medical Journal*. 2019;(4):78–80. doi: 10.25789/YMJ.2019.68.22 EDN: FGTGZX
30. Tolebaeva AA, Polupanov AG, Sabirov IS, et al. Comparative analysis of the frequency and structure of unhealthy diet among children and adolescents living in urban and rural areas of the Kyrgyz Republic. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2021;24(3):37–43. doi: 10.17116/profmed20212403137 EDN: APMUGA
31. Romashova TV, Vasilyev VV, Vasilyev EV. Medical and social problems of obesity in rural children and adolescents (literature review). *Current problems of health care and medical statistics*. 2024;(2):162–179. doi: 10.24412/2312-2935-2024-2-162-179 EDN: OYCNCN
32. Gorelova Zh.Yu. Hygienic assessment of contemporary nutrition of schoolchildren at home. *Public Health and Life Environment — PH&LE*. 2022;30(8):31–36. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-8-31-36 EDN: OJFOWG
33. Shilina NM. Expert view of the role of fats in pediatric nutrition. *Pediatric Pharmacology*. 2014;11(1):38–42. EDN: RXFOTB
34. Kuntsevich AK, Shishkin SV, Verevkin EG, et al. Relationship of actual nutrition with estimates of the cognitive function of the population of Novosibirsk. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2019;18(4):63–71. doi: 10.20538/1682-0363-2019-4-63-71 EDN: HWIPRV
35. Czumaj A, Śledziński T. Biological role of unsaturated fatty acid desaturases in health and disease. *Nutrients*. 2020;12(2):356. doi: 10.3390/nu12020356
36. Mukhamedov A, Sabirova AI, Ismarova GS, et al. The irrational eating and its relationship with the parameters of metabolic syndrome parameters. *The Scientific Heritage*. 2021;(72-2):23–31. doi: 10.24412/9215-0365-2021-72-2-23-31 EDN: BJMVVR
37. Tereshina EV. A role of fatty acids in the development of oxidative stress in aging. A hypothesis. Hypothesis. *Advances in Gerontology*. 2007;20(1):59–65. EDN: HYTFKJ
38. Titov VN, Dygai AM, Kotlovskiy MYu, et al. Palmitic and oleic acids and their role in pathogenesis of atherosclerosis. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2014;13(5):149–159. EDN: TGDKIN
39. Szewczyk K, Chojnacka A, Górnicka M. Tocopherols and tocotrienols-bioactive dietary compounds; what is certain, what is doubt? *Int J Mol Sci*. 2021;22(12):6222. doi: 10.3390/ijms22126222
40. Tretyakova TV, Kubasov RV, Vlasova OS, et al. Relationships between of the serum levels of tocopherol, retinol and reproductive hormones in children. *Clinical Laboratory Diagnostics*. 2009;(12):11–14. EDN: KZEJJR
41. Vlasova OS, Tretyakova TV, Bichkaeva FA, Baranova NF. Supply of vitamins A, E and the relationship of their levels to saturated fatty acids in adolescent girls of the subarctic and arctic regions. *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences*. 2017;(4):41–48. EDN: YLNYFY
42. Rom O, Liu Y, Liu Z, et al. Glycine-based treatment ameliorates NAFLD by modulating fatty acid oxidation, glutathione synthesis, and the gut microbiome. *Sci Transl Med*. 2020;12(572):eaaz2841. doi: 10.1126/scitranslmed.aaz2841
43. Vašková J, Kočan L, Vaško L, Perjési P. Glutathione-related enzymes and proteins: a review. *Molecules*. 2023;28(3):1447. doi: 10.3390/molecules28031447

ОБ АВТОРАХ

***Даренская Марина Александровна**, д-р биол. наук, профессор РАН;
адрес: Россия, 664003, Иркутск, ул. Тимирязева, д. 16;
ORCID: 0000-0003-3255-2013;
eLibrary SPIN: 3327-4213;
e-mail: marina_darenskaya@inbox.ru

Рычкова Любовь Владимировна, д-р мед. наук, профессор, член-корреспондент РАН;
ORCID: 0000-0003-2910-0737;
eLibrary SPIN: 1369-6575;
e-mail: rychkova.nc@gmail.com

Астахова Татьяна Александровна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-1427-4734;
eLibrary SPIN: 3596-8613;
e-mail: tatjana_astahova@mail.ru

Погодина Анна Валерьевна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0001-8533-3119;
eLibrary SPIN: 6059-0340;
e-mail: pogodina_av@inbox.ru

Долгих Ольга Александровна;
ORCID: 0000-0002-2850-9066;
e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Климкина Юлиана Николаевна;
eLibrary SPIN: 5075-8560;
e-mail: yuliana_29@mail.ru

Юзвак Наталья Александровна;
ORCID: 0009-0007-9812-8836;
eLibrary SPIN: 1340-4457;
e-mail: iuzvak.n@yandex.ru

Колесникова Любовь Ильинична, д-р мед. наук, профессор, академик РАН;
ORCID: 0000-0003-3354-2992;
eLibrary SPIN: 1584-0281;
e-mail: kolesnikova20121@mail.ru

AUTHORS' INFO

***Marina A. Darenskaya**, Dr. Sci. (Biology), Professor of Russian Academy of Sciences;
address: 16 Timiryasev st, Irkutsk, Russia, 664003;
ORCID: 0000-0003-3255-2013;
eLibrary SPIN: 3327-4213;
e-mail: marina_darenskaya@inbox.ru

Lyubov V. Rychkova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0003-2910-0737;
eLibrary SPIN: 1369-6575;
e-mail: rychkova.nc@gmail.com

Tatyana A. Astakhova, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-1427-4734;
eLibrary SPIN: 3596-8613;
e-mail: tatjana_astahova@mail.ru

Anna V. Pogodina, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-8533-3119;
eLibrary SPIN: 6059-0340;
e-mail: pogodina_av@inbox.ru

Olga A. Dolgikh;
ORCID: 0000-0002-2850-9066;
e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Yuliana N. Klimkina;
eLibrary SPIN: 5075-8560;
e-mail: yuliana_29@mail.ru

Natalya A. Yuzvak;
ORCID: 0009-0007-9812-8836;
eLibrary SPIN: 1340-4457;
e-mail: iuzvak.n@yandex.ru

Lyubov I. Kolesnikova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0003-3354-2992;
eLibrary SPIN: 1584-0281;
e-mail: kolesnikova20121@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author