

Взаимосвязь показателей фактического питания и параметров системы липопероксидации и антиоксидантной защиты крови у подростков 14–17 лет, проживающих в сельской местности

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

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

Резюме

Цель исследования – выявить взаимосвязь параметров фактического питания и системы липопероксидации и антиоксидантной защиты крови у подростков 14–17 лет сельской местности. **Материал и методы.** Методом поперечного исследования обследовано 76 подростков 14–17 лет Иркутской области. Фактическое питание изучали посредством 24-часового воспроизведения питания. Спектрофотометрическими и флуориметрическими методами анализировали содержание в крови субстратов с ненасыщенными двойными связями (ДС), диеновых конъюгатов (ДК), кетодиенов и сопряженных триенов (КД и СТ), продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-РП), α -токоферола, ретинола, восстановленного (GSH) и окисленного (GSSG) глутатиона, общую антиокислительную активность (АОА) крови, активность супероксиддисмутазы (СОД). **Результаты.** Рацион подростков не соответствовал принципам сбалансированного питания – снижение потребления белка, дисбаланс ненасыщенных жирных кислот, дефицит витаминов А, С, D, витаминов группы В. Избыточным элементом в питании был натрий. В исследуемой группе подростков значимо возросло содержание субстратов с ДС, КД и СТ, ТБК-РП, концентрация ДК снижалась. Параметры антиоксидантной защиты изменялись в сторону как снижения (общая АОА, содержание ретинола), так и увеличения значений (концентрация α -токоферола, GSH). Анализ взаимосвязей показал наличие зависимостей между содержанием ДС и витаминов В1, В2 в пище; концентрацией ДК и калорийностью, уровнем углеводов и витамина В1; содержанием КД и СТ и жиров; общей АОА и концентрацией витамина А, β -каротина; уровнем α -токоферола в крови и витамина Е в пище; GSH и витамина К; активностью СОД и содержанием витамина Н. Множественные корреляции отрицательного характера обнаруживала окисленная форма глутатиона: с концентрацией жиров, витаминов В1, В9, С, К. **Заключение.** Расчетные показатели потребления витаминов позволяют выявить алиментарные отклонения в питании подростков и связать их с реальной обеспеченностью организма данными метаболитами.

Ключевые слова: фактическое питание, липопероксидация, антиоксидантная защита, сельские подростки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Автор для переписки: Даренская М.А., e-mail: marina_darenskaya@inbox.ru

Для цитирования: Даренская М.А., Рычкова Л.В., Астахова Т.А., Погодина А.В., Долгих О.Н., Климкина Ю.Н., Колесникова Л.И. Взаимосвязь показателей фактического питания и параметров системы липопероксидации и антиоксидантной защиты крови у подростков 14–17 лет, проживающих в сельской местности. *Сибирский научный медицинский журнал.* 2022;42(5):25–36. doi: 10.18699/SSMJ20220504

Correlation between actual nutrition and lipid peroxidation and antioxidant defense parameters in aged 14–17 years adolescents living in rural areas

M.A. Darenskaya, L.V. Rychkova, T.A. Astakhova, A.V. Pogodina, O.N. Dolgikh,
Yu.N. Klimkina, L.I. Kolesnikova

Scientific Center for Family Health and Human Reproduction
664003, Irkutsk, Timiryazev str., 16

Abstract

The aim of the study was to reveal the relationship between the parameters of actual nutrition and the lipid peroxidation and antioxidant defense system in adolescents aged 14–17 in a rural area. **Material and methods.** 76 adolescents aged 14–17 of the Irkutsk region were examined by the cross-sectional study method. Actual nutrition was studied by the 24-hour nutrition reproduction method. The content of substrates with unsaturated double bonds (DB), diene conjugates (DC), ketodienes and conjugated trienes (KD and CT), thiobarbituric acid reacting species (TBARS), α -tocopherol, retinol, reduced (GSH) and oxidized glutathione (GSSG), total blood antioxidant activity (TAA), superoxide dismutase (SOD) activity in blood by spectrophotometry and fluorometry methods were analyzed. **Results.** The adolescents' diet did not meet the principles of a balanced diet – there was reduced protein intake, an imbalance of unsaturated fatty acids, A, C, D, B vitamins deficiency. An excessive element in the diet was sodium. The content of substrates with DB, KD and CT and TBARS increased significantly in the studied group of adolescents, the concentration of DC decreased. Parameters of antioxidant defense both decreased (TAA, retinol content) and increased (α -tocopherol, GSH concentration). Correlation analysis showed relationships between DB and vitamin B1, B2 content; DC level and calories, carbohydrate and vitamin B1 content; concentration of KD and CT and fats, TAA and vitamin A and β -carotene level; level of α -tocopherol in blood and vitamin E in food; GSH and vitamin K; SOD activity and vitamin H content. Multiple negative correlations were between GSSG and fat, vitamins B1, B9, C, K food concentration were found. **Conclusions.** The calculated vitamin consumption indicators allow to reveal nutritional deviations in adolescents and to connect them with the real provision of the body with these metabolites.

Key words: dietary intake, lipid peroxidation, antioxidant defense, rural schoolchildren.

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

Correspondence author: Darenskaya M.A., e-mail: marina_darenskaya@inbox.ru

Citation: Darenskaya M.A., Rychkova L.V., Astakhova T.A., Pogodina A.V., Dolgikh O.N., Klimkina Yu.N., Koleznikova L.I. Correlation between actual nutrition and lipid peroxidation and antioxidant defense parameters in aged 14–17 years adolescents living in rural areas. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2022;42(5):25–36. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20220504

Введение

Укрепление здоровья детского населения Российской Федерации является одной из приоритетных задач здравоохранения по причине сохранения будущего производственного потенциала общества [1]. Питание считается важным фактором, определяющим состояние здоровья подростка [2]. Сбалансированное рациональное питание обеспечивает оптимальный рост и развитие организма, умственные и физические характеристики, функционирование всех органов и систем, в том числе особенности иммунного ответа [3]. Фактическое питание детей и подростков отражает влияние социоэкономических условий в стране, а также непосредственной, локальной среды обитания ребенка, формируя при этом резерв адаптационных возможностей и состояние здоровья в целом [4]. Агрессивный маркетинг, повсеместная реклама фастфуда наряду с употреблением промышленно переработанных рафинированных продуктов, пищевых красителей, добавок, генетически модифицированных продуктов во многом обуславливают отсутствие значимых положительных результатов в данном контексте [3, 4]. Так, по итогам Всероссийской

диспансеризации, первую группу здоровья имеют не больше 30 % детей и подростков, а по данным специальных научных исследований – значительно меньше [5, 6].

Отмечено, что дисбаланс в питании наряду с другими факторами обуславливает неблагоприятный профиль факторов риска развития неинфекционных заболеваний среди детского населения [3]. При этом подчеркивается, что для их нивелирования необходимо привлечение широкого круга специалистов.

Методы количественной оценки питания включают две категории понятий: фактическое питание (фактическое потребление пищи и пищевых веществ) и состояние питания (пищевой статус как результат воздействия пищевых факторов, проявляющийся в объективных параметрах тела, его биологических сред и компонентов) [7]. Комплексная оценка фактического питания по сути свидетельствует об определенных тенденциях положительного или негативного характера, об истинной же недостаточности каких-либо пищевых факторов можно говорить, анализируя биохимический статус крови пациента [8].

Система «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» (ПОЛ – АОЗ) считается важнейшим компонентом адаптивных реакций организма и позволяет оценить устойчивость организма к внешним и внутренним проявлениям [9, 10]. При этом неконтролируемое усиление процессов липопероксидации может явиться важным звеном патогенеза ряда заболеваний, в том числе имеющих место в подростковом периоде [11–13]. Компоненты АОЗ работают в противовес свободнорадикальным процессам, благодаря их функционированию сохраняется и поддерживается гомеостаз. Данные факторы многочисленны, действуют как синергисты, но не обладают взаимозаменяемостью [14, 15].

Правильно организованное с точки зрения поддержания антиоксидантного статуса питание, безусловно, может выступать условием адекватных адаптационных реакций и резистентности организма подростка к отрицательным воздействиям. Особого внимания в настоящее время требует сельское население, которое до сих пор остается недоисследованным.

Целью настоящего исследования послужило выявление взаимосвязи параметров фактического питания и системы «ПОЛ – АОЗ» крови у подростков 14–17 лет, проживающих в сельской местности.

Материал и методы

Методом поперечного исследования обследовано 76 подростков в возрасте 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 территории Иркутской области. Участников набирали из числа всех подростков (сплошная выборка), прошедших плановый ежегодный медицинский осмотр. Подростки старше 15 лет дали письменное добровольное согласие на исследование, дети, не достигшие этого возраста, получили согласие от родителей или законных представителей.

Критерии включения: возраст 14–17 лет; отсутствие предшествующей медикаментозной терапии; отсутствие антибактериальной терапии в течение предшествующих 6 месяцев; отсутствие на момент включения в исследование и, по меньшей мере, за один месяц до него острых или обострения хронических заболеваний; наличие информированного добровольного согласия родителей или законных представителей подростков, а также самих подростков старше 15 лет на участие в исследовании. Критерии исключения: задержка физического развития (SDS роста менее 2 для данного возраста и пола по референсным

таблицам ВОЗ); дефицит веса (SDS индекса массы тела < 5-го перцентиля).

Проводилось клиническое обследование пациентов – сбор данных анамнеза, объективное обследование, анализ антропометрических данных (измерение массы тела, роста, окружности талии и бедер, определение индекса массы тела согласно стандартной формуле), измерение артериального давления, оценка нутритивного статуса, применялись клинико-биохимические лабораторные методы. Фактическое потребление пищи изучали методом 24-часового воспроизведения питания, в соответствии с методическими рекомендациями [16]. Опросы респондентов были проведены специально обученными интервьюерами. Величину потребляемой порции пищи оценивали с помощью «Альбома порций продуктов и блюд», в котором представлены фотографии порций различной величины [17]. Для обработки полученных данных, а именно энергетической ценности, количественного состава макро- и микронутриентов каждого продукта и блюда использовали данные о химическом составе российских пищевых продуктов в информационном приложении «Мой здоровый рацион» [18]. Значения параметров фактического питания сравнивали с нормами физиологических потребностей подростков в энергии и пищевых веществах [16]. В работе с группами детей и подростков соблюдались этические принципы, предъявляемые Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (1964, 2013 ред.). Проведение исследования одобрено Этическим комитетом ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (выписка из протокола заседания № 2 от 18.02.2020).

Обследованные не принимали витаминов на момент забора крови. Кровь забирали в соответствии с существующими требованиями утром натощак из локтевой вены. Производился анализ содержания соединений с сопряженными двойными связями (ДС), а также продуктов ПОЛ – диеновых конъюгатов (ДК) (первичные), кетодиенов и сопряженных триенов (КД и СТ) (вторичные), продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-РП) (конечные) [19, 20]. Об активности системы АОЗ судили по величине общей антиокислительной активности (АОА) [21], концентрации α -токоферола и ретинола [22], восстановленного (GSH) и окисленного глутатиона (GSSG) [23], активности супероксиддисмутазы (СОД) [24]. Измерения проводили на спектрофлуориметре RF-1501 (Shimadzu, Япония). Полученные величины параметров системы «ПОЛ – АОЗ» сравнивали со значениями, уста-

Таблица 1. Калорийность и состав рациона питания подростков

Table 1. Caloric content and composition of adolescent diets

Показатель	Норма физиологических потребностей	Me	95 % ДИ
Калорийность, ккал	2700	2404,4	2290,2–2625,3
Белки, г	81	69,9	68,1–77,4
Жиры, г	90	81,2	76,8–88,5
Углеводы, г	392	313,6	298,6–352,2
Вода, г	1,5 л	1592,0	1540,4–1688,5
Холестерин, мг	<300	194,5	207,4–297,7
Омега-3-ПНЖК, г	1–2 % от калорийности суточного рациона (0,8–1,6 г)	0,2	0,02–3,50
Омега-6-ПНЖК, г	5–8 % от калорийности суточного рациона (8–10 г)	2,0	2,5–5,2

новленными для практически здоровых подростков в более ранних исследованиях [15, 25].

Для сравнения суточного потребления энергии и нутриентов между сформированными группами и общей популяцией вычисляли медиану (Me) и 95%-й доверительный интервал (95 % ДИ). О статистически значимых различиях говорили, если вычисленный 95 % ДИ не включал в себя популяционное среднее [26]. Результаты исследования биохимических показателей представлены в виде средних значений (M) и среднеквадратичного отклонения (σ) ($M \pm \sigma$). Оценка статистической значимости различий количественных величин проведена с использованием критерия Манна – Уитни. Для проведения корреляционного анализа использовался метод Спирмена. Уровень значимости считали достоверным при $p < 0,05$.

Результаты

В табл. 1 представлены данные, полученные при оценке энергетической ценности и состава рациона питания подростков в сравнении с нор-

мами физиологических потребностей [16]. Согласно полученным результатам, 95 % ДИ содержания белков у подростков был меньше нормы. Кроме того, отмечался относительный дисбаланс в потреблении полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в виде низких значений омега-6-ПНЖК. Расчетное соотношение белков, жиров и углеводов в группе обследованных составило 1:1,2:4,6 при норме 1:1:4, что свидетельствовало о смещении рациона в сторону превалирования углеводного компонента.

Важным для подросткового контингента является также сбалансированность витаминно-минерального состава рациона питания. Анализ полученных данных показал, что содержание витаминов в рационе питания обследованных недостаточно (табл. 2). Так, отмечено относительное снижение потребления с пищей витамина А, β -каротина, витаминов группы В (В1, В2, В9) относительно нормативов, существенное (более чем в 2 раза) уменьшение потребления витаминов С, D, Н, К. Оценка содержания минеральных веществ в суточном рационе подростков показала сниженное потребление калия, кальция, магния,

Таблица 2. Содержание витаминов в суточном рационе подростков

Table 2. Vitamin content in the daily diet of adolescents

Содержание витамина	Норма физиологических потребностей	Me	95 % ДИ
Витамин А, ретинол-эквивалент, мкг	900,0	408,1	416,2–569,2
β -Каротин, мг	5,0	1,6	0,6–2,1
Витамин В1, мг	1,4	0,7	0,7–0,9
Витамин В2, мг	1,7	0,9	0,9–1,1
Витамин В5, мг	4,5	2,1	1,3–4,6
Витамин В9, мкг	400,0	78,6	79,9–118,4
Витамин С, мг	80,0	29,1	28,3–42,1
Витамин D ₃ , мкг	10,0	0,3	0,2–4,6
Витамин Е, токоферол-эквивалент, мг	15,0	10,7	10,8–14,1
Витамин Н, мкг	50,0	11,3	3,6–39,8
Витамин К, мкг	110,0	9,6	6,3–55,4
Витамин РР, ниацин-эквивалент, мг	19,0	23,4	22,8–29,4

Таблица 3. Содержание минеральных веществ в суточном рационе подростков

Table 3. Mineral content in the daily diet of adolescents

Содержание минеральных веществ	Норма физиологических потребностей	Ме	95 % ДИ
Калий, мг	3200,0	2128,9	1989,1–2314,6
Кальций, мг	1200,0	532,8	499,5–616,3
Магний, мг	400,0	254,5	248,8–364,7
Натрий, мг	1300,0	2258,1	2069,9–2439,2
Фосфор, мг	900,0	966,8	906,1–1034,3
Железо, мг	18,0	16,6	9,8–18,9
Йод, мкг	140,0	30,4	31,4–51,5
Медь, мкг	1000	769,5	722,2–847,5
Селен, мкг	50,0	20,3	22,3–37,8
Цинк, мг	12,0	6,1	5,8–8,9

йода, меди, селена и цинка (табл. 3). Избыточным элементом в питании был натрий, количество которого значительно превышало возрастную норму.

Далее проводился анализ содержания в крови компонентов системы «ПОЛ – АОЗ» в сравнении с физиологической нормой [15, 25] (табл. 4). Отмечены статистически значимые различия в отношении практически всех показателей, за исключением концентрации GSSG и активности СОД. Так, в исследуемой группе подростков значимо возрастало содержание субстратов с ДС (в 1,37 раза; $p < 0,0001$), вторичных (КД и СТ) (в 1,38 раза; $p = 0,0028$) и конечных (ТБК-РП) (в 1,52 раза; $p = 0,0001$) продуктов ПОЛ. Концентрация первичных продуктов (ДК) снижалась в 1,53 раза ($p < 0,0001$). Параметры АОЗ в исследуемой группе статистически значимо изменялись в сторону как снижения (общая АОА, в 1,52 раза, $p < 0,0001$; содержание ретинола, в 2,54 раза, $p < 0,0001$), так и роста значений (уровень α -токоферола, в 1,42

раза, $p < 0,0001$; GSH, в 1,24 раза, $p < 0,0001$) (см. табл. 4).

На следующем этапе был проведен корреляционный анализ исследуемых параметров, в результате чего были отмечены значимые взаимосвязи положительной и отрицательной направленности (табл. 5).

Обсуждение

Подростковый возраст является критическим этапом онтогенеза и характеризуется повышенной чувствительностью организма к негативным факторам различного свойства [1–3]. Рациональное питание, обеспечивающее сохранение здоровья и способностей к обучению, является неотъемлемым компонентом здорового образа жизни ребенка [4, 27]. Многочисленные исследования указывают на наличие изменений в характере питания подростков в большинстве регионов Российской Федерации [27–29]. Данные измене-

Таблица 4. Содержание компонентов системы «ПОЛ – АОЗ» в крови подростков

Table 4. Lipid peroxidation and antioxidant defense system component content in the blood of adolescents

Показатель	Физиологическая норма ($n = 46$)	Содержание в крови ($n = 76$)
Содержание ДС, усл. ед.	$1,97 \pm 1,18$	$2,70 \pm 0,5^*$
Содержание ДК, мкмоль/л	$1,62 \pm 0,88$	$1,06 \pm 0,31^*$
Содержание КД и СТ, усл. ед.	$0,24 \pm 0,17$	$0,33 \pm 0,15^*$
Содержание ТБК-РП, мкмоль/л	$0,86 \pm 0,52$	$1,31 \pm 0,62^*$
Общая АОА, усл. ед.	$15,23 \pm 4,5$	$11,23 \pm 3,71^*$
Содержание α -токоферола, мкмоль/л	$8,1 \pm 3,69$	$11,5 \pm 4,5^*$
Содержание ретинола, мкмоль/л	$1,27 \pm 0,9$	$0,5 \pm 0,12^*$
Содержание GSH, ммоль/л	$2,06 \pm 0,46$	$2,56 \pm 0,43^*$
Содержание GSSG, ммоль/л	$2,17 \pm 0,52$	$2,07 \pm 0,37$
Активность СОД, усл. ед.	$1,68 \pm 0,25$	$1,67 \pm 0,12$

Примечание: * – отличие от физиологической нормы [15, 23] статистически значимо при $p < 0,05$.

Таблица 5. Статистически значимые корреляционные взаимосвязи показателей суточного рациона и системы «ПОЛ – АОЗ» крови у подростков**Table 5.** Statistically significant correlations between the parameters of the daily diet and lipid peroxidation and antioxidant defense system in the blood of adolescents

Корреляционные взаимосвязи		<i>r</i>	<i>p</i>
Содержание ДС	Витамин В1	0,29	0,010
	Витамин В2	0,32	0,004
Содержание ДК	Калорийность	0,27	0,018
	Углеводы	0,31	0,006
	Витамин В1	0,23	0,044
Содержание КД и СТ	Жиры	-0,26	0,023
Общая АОА	Витамин А	0,27	0,032
	β-каротин	0,37	0,001
Содержание α-токоферола	Витамин Е, токоферол-эквивалент	0,27	0,019
Содержание GSH	Витамин К	-0,23	0,042
Содержание GSSG	Жиры	-0,32	0,006
	Витамин В1	-0,23	0,045
	Витамин В9	-0,28	0,013
	Витамин С	-0,23	0,046
	Витамин К	-0,24	0,036
Активность СОД	Витамин Н	0,24	0,037

ния касаются таких факторов, как калорийность, уровень потребления витаминов, микро- и макроэлементов и т.д. [30–32]. Результаты нашего исследования также свидетельствуют о наличии нарушений в питании обследуемых подростков. Так, выявлено недостаточное присутствие белкового компонента в рационе, что обусловлено по большей части редким употреблением мясных, рыбных и молочных продуктов. Подобные нарушения были зарегистрированы в республиках Бурятия, Саха, Томской, Саратовской областях, Алтайском крае и др. [27, 31, 33, 34]. Обнаруженное нами недостаточное потребление ПНЖК, в частности омега-6-ПНЖК, также может негативно сказываться на состоянии здоровья подростков. Современные источники указывают на особую роль длинноцепочечных ПНЖК как основных компонентов фосфолипидов клеток головного мозга, фоторецепторов сетчатки, от них зависит развитие мембранных структур [26]. Среди главных эффектов ПНЖК выделяют иммуностимулирующий, нейро- и кардиоогенный, защитный, антиканцерогенный [35]. К действию же омега-6-ПНЖК относят усиление эффектов омега-3-ПНЖК, антиаллергический эффект, улучшение ферментативных реакций желудочно-кишечного тракта и т.д. [36]. Расчетный показатель соотношения белков, жиров и углеводов в исследуемой группе указывал на преобладание углеводного компонента в питании подростков, что также подтверждается другими исследованиями [27, 29, 30].

Важным вопросом питания современных школьников является достаточное поступление с пищей витаминов и биоэлементов [26]. Многогранное действие витаминов обусловлено их высокой биологической ценностью, участием в многочисленных биохимических реакциях, что обеспечивает физическую и умственную работоспособность, способствует устойчивости к различным заболеваниям [37]. Нами отмечен выраженный дефицит данных жизненно важных компонентов в питании обследуемых подростков: более чем в половину от физиологической нормы снижено поступление витаминов С, Д, А, В9, К и β-каротина, менее выраженные изменения касались витаминов В1, В2 и Н.

В настоящее время отмечается значительный дефицит витаминов разных классов среди детского населения во всех регионах страны [4, 27, 31–33, 38]. Недостаточное поступление витаминов может способствовать снижению показателей иммунитета, когнитивных способностей ребенка, усилению нервно-эмоционального напряжения, развитию обменных нарушений и хронических заболеваний [26, 37]. Так, витамин С повышает устойчивость организма к инфекциям, снижает выраженность воспалительных реакций, регулирует функционирование нервной системы, стимулирует деятельность эндокринных желез, улучшает функцию печени, обеспечивает нормальный рост организма и т.д. [37]. Многочисленные исследования указывают на значимость дефицита витамина D₃ в развитии рахита, деминерализации

костной ткани, сердечно-сосудистых и инфекционных заболеваний, дисрегуляции иммунитета и т.д. [39]. Основной причиной дефицита данного витамина, а также ПНЖК, как правило, является отсутствие в рационе жирных сортов рыбы и морепродуктов.

Витамин А участвует в формировании скелета, обуславливает нормальный рост организма и функционирование клеток эпителия кожи, слизистых оболочек глаз, дыхательных, мочевыводящих путей, пищеварительного тракта [30]. Витамин В9 (фолиевая кислота) играет важную роль в образовании нуклеиновых кислот, холина, обмене белков, в кроветворении [14]. Витамин К крайне необходим в реакциях синтеза протромбина в печени и других компонентов свертывающей системы, а его дефицит провоцирует склонность к кровотечениям [38]. Таким образом, установленный в исследовании фактического питания подростков дефицит витаминов, несомненно, может служить фактором риска возникновения различных нарушений обмена веществ, а также развития алиментарно-зависимых заболеваний в последующем.

Биологическая роль химических элементов (биоэлементов) в организме человека крайне разнообразна. Они входят в состав многих ферментов, гормонов, витаминов, пигментов, являются синергистами и антагонистами, влияющими практически на все физиологические процессы в организме [39]. Среди резко дефицитных биоэлементов в исследуемой группе можно выделить кальций и йод, также отмечено снижение поступления с продуктами питания калия, магния, меди, цинка и селена. Значительно превышающим физиологические нормативы являлся натрий. Низкий уровень кальция у подростков можно связать с недостаточностью потребления молока и молочных продуктов сельскими школьниками, что также подтверждается данными других исследователей [27]. Кальций принимает участие в регуляции важнейших физиологических процессов, в том числе в формировании костной ткани, в процессах свертывания крови, в работе центральной нервной системы, передаче нервных импульсов, регулирует секрецию ряда гормонов, ферментов [30, 40]. Адекватное потребление кальция в детстве и подростковом возрасте – наиболее важный фактор для достижения оптимальной массы костей и их размера [41].

Недостаточность йода в рационе можно связать с проживанием подростков в йоддефицитном регионе, к которому относится Иркутская область. Данный фактор может способствовать нарушению синтеза тиреоидных гормонов и являться причиной связанных с этим заболеваний

[31, 42]. Обращает на себя внимание избыточность потребления сельскими подростками соли. Данный факт имеет повсеместный характер среди подросткового населения и обусловлен широким ее использованием в качестве пищевой добавки и консерванта. Снижение поступления натрия с пищей в подростковом возрасте может оказывать положительное влияние на величину артериального давления, в том числе в возрастном аспекте, а следовательно, способствовать снижению смертности от сердечно-сосудистой патологии во взрослом возрасте [27, 29].

Лабораторные методы анализа различных биомаркеров позволяют выявить доклинические формы нарушения питания и пищевого статуса – недостаточность или избыточность потребления пищевых веществ и энергии [7, 43]. При биохимическом анализе крови подростков исследуемой группы наблюдалась повышенная активность липопероксидации, что выражалось ростом показателей продуктов ПОЛ на этапе вторичных и конечных метаболитов. При этом сниженный уровень ДК с одновременным увеличением содержания КД и СТ и ТБК-РП может свидетельствовать о быстром переходе от первичных к конечным стадиям процессов ПОЛ. В данном случае можно говорить об окислительной модификации липидов, продукты которой оказывают негативное влияние на клетки, вызывая повреждение структуры и функционирования биомембран [9]. Особенно это актуально в условиях недостаточности отдельных факторов АОЗ – интегрального параметра (общей АОА) и содержания ретинола, при относительном увеличении концентрации α -токоферола и GSH, что может иметь компенсаторное значение. Общая АОА отражает потенциальную возможность действия различных компонентов системы АОЗ, в том числе ферментативного и неферментативного характера [10, 13], ее снижение может свидетельствовать об ухудшении состоянии системы АОЗ в целом. Уменьшение уровня ретинола, являющегося антиоксидантом прямого и опосредованного (через гормональную регуляцию системного метаболизма) действия [9], может иметь определенные негативные последствия для организма.

В ходе проведения корреляционного анализа установлены многочисленные взаимосвязи показателей суточного рациона подростков с активностью реакций липопероксидации крови. В основном данные зависимости касались поступления с пищей витаминов (12 взаимосвязей) и жиров. Так, отсутствие резких изменений в показателях калорийности питания и содержании витаминов группы В способствовало относительной стабильности первичных этапов процесса ПОЛ.

В то же время присутствие жиров в пище может повышать уровень вторичных метаболитов ПОЛ – КД. Многочисленные зависимости между параметрами АОЗ крови и содержанием витаминов в рационе питания могут указывать на высокую значимость перорального поступления данных жизненно необходимых компонентов с целью их восполнения в подростковом возрасте. При этом уменьшение потребления витамина А и β-каротина с пищей снижало общую АОА, что свидетельствует о вкладе данных компонентов в АОЗ.

Большое количество отрицательных зависимостей с уровнем жиров и витаминов обнаруживала окисленная форма глутатиона. Известно, что основные свои функции глутатион выполняет в восстановленной форме, в том числе защищает клеточные структуры от повреждений, усиливает инактивацию гидроперекисей и других токсичных продуктов окисления, выполняет цистеин-резервирующую и синергетическую функции, включается в редокс-регуляцию экспрессии генов, воспаления и иммунных реакций и т.д. [44]. Накопление GSSG может способствовать выраженным дисфункциональным нарушениям и свидетельствовать о сбое в работе тиолзависимых ферментов. Отрицательные зависимости между содержанием GSSG и витаминов могут указывать на нарушения взаимодействия различных звеньев системы АОЗ, опосредованных низким поступлением указанных компонентов с пищей.

Заключение

Для подростков, проживающих на территории сельского поселения, характерен нерациональный тип питания с недостаточностью потребления белковой пищи, преобладанием углеводного компонента, витаминным, макро- и микроэлементным дисбалансом. Дефицит витаминов различных классов в рационе питания подростков коррелировал с биомаркерами АОЗ в крови, в частности, интегральным показателем АОЗ, содержанием α-токоферола, тиол-дисульфидных компонентов. Расчетные данные потребления витаминов позволяют выявить алиментарные отклонения в питании подростков и связать их с реальной обеспеченностью организма данными метаболитами. В связи с этим актуальным становится адекватный контроль состояния питания подросткового населения сельской местности, а также организация массовой профилактической антиоксидантной коррекции путем назначения витаминно-минеральных добавок.

Список литературы

1. Карпова О.Б., Щепин В.О., Загоруйченко А.А. Региональные особенности здоровья подростков в Российской Федерации в 2012–2018 гг. *Рос. вестн. перинатол. и педиатрии*. 2021;66(4):89–94. doi: 10.21508/1027-4065-2021-66-4-89-94
2. Попова А.Ю., Шевкун И.Г., Яновская Г.В., Новикова И.И. Гигиеническая оценка организации питания школьников в общеобразовательных организациях Российской Федерации. *Здоровье населения и среда обитания*. 2022;30(2):7–12. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-2-7-12
3. Хабриев Р.У., Ягудина Р.И., Рашид М.А., Аринина Е.Е. Факторы риска для здоровья подростков: результаты массового опроса. *Рос. вестн. перинатол. и педиатрии*. 2020;65(3):91–99. doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-3-91-99
4. Лебедева У.М., Батгахов П.П., Степанов К.М., Лебедева А.М., Занковский С.С., Булгакова Л.И., Винокурова Д.М. Организация питания детей и подростков на региональном уровне. *Вопр. питания*. 2018;87(6):48–56. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10066
5. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления. *Казан. мед. ж.* 2018;99(4):698–705. doi: 10.17816/КМЖ2018-698
6. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Терлецкая Р.Н., Байбарина Е.Н., Чумакова О.В., Устинова Н.В., Антонова Е.В., Вишнева Е.А. Результаты профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних в Российской Федерации. *Рос. педиатр. ж.* 2016;19(5):287–293. doi: 10.18821/1560-9561-2016-19(5)-287-293
7. Сорвачева Т.Н., Мартинчик А.Н., Пырьева Е.А. Комплексная оценка фактического питания и пищевого статуса детей и подростков: учебное пособие. М.: ГБОУ ДПО РМАПО, 2014. 73 с.
8. Рахманов Р.С., Блинова Т.В., Тарасов А.В., Шумских Д.С. Антиоксидантная система как перспективное направление в оценке состояния и прогнозировании здоровья населения. *Гигиена и сан.* 2014;93(6):91–94.
9. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Колесников С.И. Свободнорадикальное окисление: взгляд патофизиолога. *Бюл. сиб. мед.* 2017;16(4):16–29. doi: 10.20538/1682-0363-2017-4-16-29
10. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Долгих В.В., Шенин В.А., Дутова С.В., Гребенкина Л.А., Долгих М.И. Про- и антиоксидантный статус у подростков – тофов и европеоидов. *Изв. Самар. науч. центра РАН*. 2010;12(1–7):1687–1691.
11. Поварова О.В., Городецкая Е.А., Каленикова Е.И., Медведев О.С. Метаболические маркеры и окислительный стресс в патогенезе ожирения у детей. *Рос. вестн. перинатол. и педиатрии*.

- 2020;65(1):22–29. doi: 10.21508/1027–4065–2020–65–1–22–29
12. Даренская М.А., Рычкова Л.В., Колесников С.И., Кравцова О.В., Семенова Н.В., Бричагина А.С., Колесникова Л.И. Изменения в системе липопероксидации при базовой терапии экзогенно-конституционального ожирения у подростков разного пола. *Вопр. дет. диетол.* 2021;20(1):5–11. doi: 10.20953/1727-5784-2022-1-5-11
13. Колесникова Л.И., Сутурина Л.В., Лябыгина А.В., Осипова Е.В., Лещенко О.Я., Загарских Е.Ю., Шолохов Л.Ф., Петрова В.А., Надеяева Я.Г., Аталян А.В., ... Даренская М.А. Состояние репродуктивного здоровья, процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы у подростков, проживающих в крупном промышленном центре Ангарск. *Бюл. Восст.-Сиб. науч. центра СО РАМН.* 2005;(5):42–47.
14. Magdalena A., Pop P.A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: a review. *Eur. J. Med. Chem.* 2015;97(5):55–74. doi: 10.1016/j.ejmech.2015.04.040
15. Darenkaya M.A., Gavrilova O.A., Rychkova L.V., Kravtsova O.V., Grebenkina L.A., Osipova E.V., Kolesnikov S.I., Kolesnikova L.I. The assessment of oxidative stress intensity in adolescents with obesity by the integral index. *International Journal of Biomedicine.* 2018;8(1):37–41. doi: 10.21103/Article8(1)_OA5
16. Мартинчик А.Н., Батулин А.К., Феоктистова А.И., Свяховская И.В. Методические рекомендации по оценке количества потребляемой пищи методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. Утв. Зам. Главного государственного санитарного врача РФ 26 февраля 1995 г., № С1-19/14-17. М., 1996.
17. Мартинчик А.Н., Батулин А.К., Баева В.С. Альбом порций продуктов и блюд. М.: НИИ питания РАМН, 1995. 64 с.
18. Таблицы калорийности продуктов. Режим доступа: https://health-diet.ru/table_calorie/
19. Волчегорский И.А., Налимов А.Г., Яровинский Б.Г., Лифшиц Р.И. Сопоставление различных подходов к определению продуктов перекисного окисления липидов в гептан-изопропанольных экстрактах крови. *Вопр. мед. химии.* 1989;35(1):127–131.
20. Гаврилов В.Б., Гаврилова А.Р., Мажуль Л.М. Анализ методов определения продуктов перекисного окисления липидов в сыворотке крови по тесту с тиобарбитуровой кислотой. *Вопр. мед. химии.* 1987;33(1):118–122.
21. Клебанов Г.И., Бабенкова И.В., Теселкин Ю.О., Комаров О.С., Владимиров Ю.А. Оценка АОА плазмы крови с применением желточных липопротеидов. *Лаб. дело.* 1988;(5):59–62.
22. Черняускене Р.Ч., Варшкявичене З.З., Грибаускас П.С. Одновременное определение концентраций витаминов Е и А в сыворотке крови. *Лаб. дело.* 1984;(6):362–365.
23. Hisin P.J., Hilf R. 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
24. Misra H.P., Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *J. Biol. Chem.* 1972;247(10):3170–3175.
25. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Гребенкина Л.А., Осипова Е.В., Долгих М.И., Натяганова Л.В. Состояние антиоксидантного статуса у детей разного возраста. *Вопр. питания.* 2013;82(4):27–33.
26. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета программ STATISTICA. М.: Медиа сфера, 2006. 312 с.
27. Рычкова Л.В., Долгих О.А., Погодина А.В., Астахова Т.А., Аюрова Ж.Г. Питание подростков – жителей сельских районов Республики Бурятия. *Acta Biomed. Sci.* 2021;6(4):160–172. doi: 10.29413/ABS.2021-6.4.14
28. Назарова Л.Ш., Даукаев Р.А., Каримов Д.О., Мусабилов Д.Э., Смолянкин Д.А., Зиатдинова М.М., Бакиров А.Б. Мониторинг состояния питания подростков и их родителей в г. Уфе и Уфимском районе Республики Башкортостан. *Мед. труда и экол. человека.* 2022;(1):206–219. doi: 10.24411/2411-3794-2022-10114
29. Клещина Ю.В. Мониторинг состояния здоровья и фактического питания современных подростков. *Рос. педиатр. ж.* 2011;(2):38–41.
30. Елисеева Ю.В., Истомина А.В., Елисеев Ю.Ю. Региональные особенности питания подростков. *Вопр. питания.* 2016;85(S2):159.
31. Ефимова Н.В., Мильникова И.В., Туров В.М. Питание школьников, проживающих на городских и сельских территориях Иркутской области. *Экол. человека.* 2020;(3):23–30. doi: 10.24411/2411-3794-2020-3-23-30
32. Организация питания детей дошкольного и школьного возраста в организованных коллективах. Методические рекомендации МР 2.4.5.0107–15. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. 14 с.
33. Евсеева С.А., Егорова А.Г., Саввина М.С., Бурцева Т.Е., Слободчикова М.П. Особенности питания детей школьного возраста в сельской местности РС (Я). *Якут. мед. ж.* 2019;(4):78–81. doi: 10.25789/YMJ.2019.68.22
34. Салдан И.П., Филиппова С.П., Турчанинов Д.В., Околелова О.В., Вильмс Е.А. Гигиеническая оценка эффективности региональной программы модернизации школьного питания в Алтайском крае. *Гигиена и сан.* 2014;93(4): 95–100.
35. Fauser J.K., Prisciandaro L.D., Cummins A.G., Howarth G.S. Fatty acids as potential adjunctive col-

orectal chemotherapeutic agents. *Cancer Biol. Ther.* 2011;11(8):724–731. doi: 10.4161/cbt.11.8.15281

36. Глазырина А.А., Щербакова М.Ю., Денисова С.Н., Колтунов И.Е., Овсянников Д.Ю. *Рос. вестн. перинатол. и педиатрии.* 2014;59(2):48–53.

37. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Ма-зо В.К. Витамины и окислительный стресс. *Вопр. питания.* 2013;82(3):11–18.

38. Коденцова В.М. Применение мульти-витаминов в питании детей с современных позиций. *Педиатрия. Consil. Med.* 2017;(3):21–25.

39. Торшин И.Ю., Лиманова О.А., Сарда-рян И.С., Громова О.А., Малявская С.И., Гришина Т.Р., Галустян А.Н., Волков А.Ю., Калачева А.Н., Громов А.Н., Рудаков К.В. Обеспеченность витамином D детей и подростков 7–14 лет и взаимосвязь дефицита витамина D с нарушениями здоровья детей: анализ круп-номасштабной выборки пациентов посредством интеллектуального анализа данных. *Педиатрия. Ж. им. Г.Н. Сперанского.* 2015;94(2):175–184.

40. Бурцева Т.И. О поступлении биоэлементов с рационами питания у подростков в г. Оренбурге. *Микроэлементы в мед.* 2005;6(4):31–36.

41. Талашова С.В. Витаминно-минеральная коррекция в пубертатный период. *Вопр. соврем. педиатрии.* 2009;8(3):120–22.

42. Суворова А.В., Якубова И.Ш., Черныкина Т.С. Динамика состояния здоровья детей и подростков Санкт-Петербурга за 20-летний период. *Гигиена и сан.* 2017;96(4):332–338. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-332-338

43. Гизингер О.А., Дадали В.А. Свобод-норадикальное, перекисное окисление и природные антиоксиданты. *Терапевт.* 2021;(9):36–44. doi: 10.33920/MED-12-2109-04

44. Бикбулатова Л.Н., Корчин В.И., Корчи-на Т.Я. Корреляционные связи между показателями окислительного метаболизма и микронутриентами с антиоксидантным спектром действия у взрослых некоренных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа. *Человек. Спорт. Медицина.* 2021;21(4):14–21. doi: 10.14529/hsm210402

References

1. Karpova O.B., Shchepin V.O., Zagoruychenko A.A. Regional characteristics of adolescent health in the Russian Federation in 2012–2018. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii = Russian bulletin of perinatology and pediatrics.* 2021;66(4):89–94. [In Russian]. doi: 10.21508/1027–4065–2021–66–4–89–94

2. Popova A.Yu., Shevkun I.G., Yanovskaya G.V., Novikova I.I. Hygienic assessment of organizing school nutrition in the Russian Federation. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya = Public Health and Life Environment.* 2022;30(2):7–12. [In Russian]. doi: 10.35627/2219-5238/2022-30-2-7-12

3. Khabriev R.U., Yagudina R.I., Rashid M.A., Arinina E.E. Risk factors of adolescent health: mass poll results. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii = Russian bulletin of perinatology and pediatrics.* 2020;65(3):91–99. [In Russian]. doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-3-91-99

4. Lebedeva U.M., Battakhov P.P., Stepanov K.M., Lebedeva A.M., Zankovsky S.S., Bulgakova L.I., Vinokurova D.M. Organization of nutrition of children and adolescents at the regional level. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition.* 2018;87(6):48–56. [In Russian]. doi: 10.24411/0042-8833-2018-10066

5. Baranov A.A., Albitskiy V.Yu. State of health of children in Russia, priorities of its preservation and improving. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal = Kazan Medical Journal.* 2018;99 (4):698–705. [In Russian]. doi: 10.17816/KMJ2018-698

6. Baranov A.A., Namazova-Baranova L.S., Terletskaia R.N., Baybarina E.N., Chumakova O.V., Ustinova N.V., Antonova E.V., Vishneva E.A. Results of preventive medical examinations of minors in the Russian Federation. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal = Russian Pediatric Journal.* 2016;19(5):287–293. [In Russian]. doi: 10.18821/1560-9561-2016-19(5)-287-293

7. Sorvacheva T.N., Martinchik A.N., Pyr'eva E.A. Comprehensive assessment of the actual nutrition and nutritional status of children and adolescents: A study guide. Moscow: GBOU DPO RMAPO, 2014. 73 p. [In Russian].

8. Rakhmanov R.S., Blinova T.V., Tarasov A.V., Shumskikh D.S. Antioxidant system as a perspective direction in the assessment of the state and prognosis of population health. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation.* 2014;93(6):91–94. [In Russian].

9. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Kolesnikov S.I. Free radical oxidation: a pathophysiological view. *Byulleten' sibirskoy meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine.* 2017;16(4):16–29. [In Russian]. doi: 10.20538/1682-0363-2017-4-16–29

10. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Dolgikh V.V., Shenin V.A., Dutova S.V., Grebenkina L.A., Dolgikh M.I. Pro- and antioxidative status at teenagers – tofs and europoid. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk = Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.* 2010;12(1–7):1687–1691. [In Russian].

11. Povarova O.V., Gorodetskaya E.A., Kalenikova E.I., Medvedev O.S. Metabolic markers and oxidative stress in children's obesity pathogenesis. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics.* 2020;65(1):22–29. [In Russian]. doi: 10.21508/1027–4065–2020–65–1–22–29

12. Darenskaya M.A., Rychkova L.V., Kolesnikov S.I., Kravtsova O.V., Semenova N.V., Brichagina A.S., Kolesnikova L.I. Changes in lipid peroxidation system during standard therapy for exogenous consti-

- tutional obesity in adolescents of different sex. *Voprosy detskoy dietologii = Pediatric Nutrition*. 2022;20(1):5–11. [In Russian]. doi: 10.20953/1727-5784-2022-1-5-11
13. Kolesnikova L.I., Suturina L.V., Labygina A.V., Osipova E.V., Leshenko O.Ya., Zagarskich E.Yu., Fedorov B.A., Dolgih M.I., Sholohov L.F., Petrova V.A., ... Darenskaia M.A. Reproductive status, lipid peroxidation and antioxidation system in teenagers, living in large industrial center Angarsk. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk = Bulletin of East Siberian Scientific Center of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences*. 2005;(5):42–47 [In Russian].
14. Magdalena A., Pop P.A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: a review. *Eur. J. Med. Chem.* 2015;97(5):55–74. doi: 10.1016/j.ejmech.2015.04.040
15. Darenskaya M.A., Gavrilova O.A., Rychkova L.V., Kravtsova O.V., Grebenkina L.A., Osipova E.V., Kolesnikov S.I., Kolesnikova L.I. The assessment of oxidative stress intensity in adolescents with obesity by the integral index. *International Journal of Biomedicine*. 2018;8(1):37–41. doi: 10.21103/Article8(1)_OA5
16. Martinchik A.N., Baturin A.K., Feoktistova A.I., Svyakhovskaya I.V. Methodical recommendations for estimating the amount of food consumed by the method of 24-hour (diurnal) reproduction of nutrition. Approved. Deputy. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 26 February 1995, N. 1-19/14-17. Moscow, 1996. [In Russian].
17. Martinchik A.N., Baturin A.K., Baeva V.S. Food portion album. Moscow, 1995. 64 p. [In Russian].
18. Caloric content of products. Available at: https://health-diet.ru/table_calorie/ [In Russian].
19. Volchegorskii I.A., Nalimov A.G., Yarovinskii B.G., Lifshits R.I. Comparison of different approaches to the determination of lipid peroxidation products in heptane-isopropanol blood extracts. *Voprosy meditsinskoy khimii = Problems of Medical Chemistry*. 1989;35(1):127–131. [In Russian].
20. Gavrilov V.B., Gavrilova A.R., Mazhul' L.M. Analysis of methods for determining products of lipid peroxidation in blood serum according to the test with thiobarbituric acid. *Voprosy meditsinskoy khimii = Problems of Medical Chemistry*. 1987;33(1):118–122. [In Russian].
21. Klebanov G.I., Babenkova I.V., Teselkin Yu.O., Komarov O.S., Vladimirov Yu.A. Estimation of blood plasma AOA using yolk lipoproteins. *Laboratornoe delo = Laboratory Business*. 1988;(5):59–62. [In Russian].
22. Chernyauskene R.Ch., Varshkyavichene Z.Z., Gribauskas P.S. Simultaneous determination of the concentrations of vitamins E and A in blood serum. *Laboratornoe delo = Laboratory Business*. 1984;(6):362–365. [In Russian].
23. Hisin P.J., Hilf R. 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
24. Misra H.P., Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *J. Biol. Chem.* 1972;247(10):3170–3175.
25. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Grebenkina L.A., Osipova E.V., Dolgikh M.I., Natyaganova L.V. The state of the antioxidant status of children of different ages. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2013;82(4):27–33. [In Russian].
26. Rebrova O.Yu. Statistical analysis of medical data. Application of the STATISTIC software package. Moscow: Media sfera, 2006. 312 p. [In Russian].
27. Rychkova L.V., Dolgikh O.A., Pogodina A.V., Astakhova T.A., Ayurova Zh.G. Dietary intake in indigenous adolescents in rural Buryatia, Russia. *Acta Biomedica Scientifica*. 2021;6(4):160–172. [In Russian]. doi: 10.29413/ABS.2021-6.4.14
28. Nazarova L.Sh., Daukaev R.A., Karimov D.O., Musabirov D.E., Smolyankin D.A., Ziatdinova M.M., Bakirov A.B. The nutritional status monitoring of adolescents and their parents in the city of Ufa and the Ufa district of the Republic of Bashkortostan. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka = Occupational Medicine and Human Ecology*. 2022;(1):206–219. [In Russian]. doi: 10.24411/2411-3794-2022-10114
29. Kleshchina Yu.V. Monitoring the health status and actual nutrition of modern adolescents. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal = Russian Pediatric Journal*. 2011;(2):38–41. [In Russian].
30. Eliseeva Yu.V., Istomin A.V., Eliseev Yu.Yu. Regional nutritional characteristics of adolescents. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2016;85(S2):159. [In Russian].
31. Efimova N.V., Myl'nikova I.V., Turov V.M. Nutrition patterns in urban and rural schoolchildren of Irkutsk region. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2020;(3):23–30. [In Russian]. doi: 10.33396/1728-0869-2020-3-23-30
32. Organization of nutrition for children of preschool and school age in organized groups. Guidelines MR 2.4.5.0107–15. Moscow, 2016. 14 p. [In Russian].
33. Evseeva S.A., Egorova A.G., Savvina M.S., Burtseva T.E., Slobodchikova M.P. Dietary habits of school children in rural areas of the Republic of Sakha (Yakutia). *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal = Yakut Medical Journal*. 2019;(4):78–81. [In Russian]. doi: 10.25789/YMJ.2019.68.22
34. Saldan I.P., Filippova S.P., Turchaninov D.V., Okolelova O.V., Vilms E.A. Hygienic evaluation of the efficacy of the regional program of the modernization of school meals (on the example of Altai Krai). *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*. 2014;93(4):95–100. [In Russian].

35. Fauser J.K., Prisciandaro L.D., Cummins A.G., Howarth G.S. Fatty acids as potential adjunctive colorectal chemotherapeutic agents. *Cancer Biol. Ther* 2011;11(8):724–731. doi: 10.4161/cbt.11.8.15281

36. Glazyrina A.A., Shcherbakova M.Yu., Denisova S.N., Koltunov I.E., Ovsyannikov D.Yu. The role of polyunsaturated fatty acid metabolism in overweight and obese children and adolescents. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii = Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2014;59(2):48–53. [In Russian].

37. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Mazo V.K. Vitamins and oxidative stress. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2013;82(3):11–18. [In Russian].

38. Kodentsova V.M. Modern position of the use of multivitamins in children nutrition. *Pediatriya. Consilium Medicum = Pediatrics. Consilium Medicum*. 2017;(3):21–25. [In Russian].

39. Torshin I.Yu., Limanova O.A., Sardaryan I.S., Gromova O.A., Malyavskaya S.I., Grishina T.R., Galustyan A.N., Volkov A.Yu., Kalacheva A.G., Gromov A.N., Rudakov K.V. Provision of vitamin D in children and adolescents aged 7 to 14 years and the relationship of deficiency of vitamin D with violations of children's health: the analysis of a large-scale sample of patients by means of data mining. *Pediatriya. Zhurnal*

imeni Georgiya Nestorovicha Speranskogo = Pediatrics. Journal named after Georgy Nestorovich Speransky. 2015;94(2):175–184. [In Russian].

40. Burtseva T.I. Etary intake of bioelements in orenburg teenagers. *Mikroelementy v meditsine = Trace Elements in Medicine*. 2005;6(4):31–36. [In Russian].

41. Talashova S.V. Vitamin and mineral correction in pubertal period. *Voprosy sovremennoy pediatrii = Current Pediatrics*. 2009;8(3):120–122. [In Russian].

42. Suvorova A.V., Iakubova I.Sh., Chernyakina T.S. Dynamics of indices of the state of health of children and adolescents in the city of St. Petersburg for 20 years. *Gigiena i sanitariya = Hygiene and Sanitation*. 2017; 96(4): 332–338. [In Russian]. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-332-338

43. Gizinger O.A., Dadali V.A. Free radical peroxidation and natural antioxidant. *Terapevt = Therapist*. 2021;(9):36–44. [In Russian]. doi 10.33920/MED-12-2109-04

44. Bikbulatova L.N., Korchin V.I., Korchina T.Ya. Correlation between oxidative metabolism and micronutrients with antioxidant activity in Yamalo-Nenets Autonomous District Adults. *Chelovek. Sport. Meditsina = Human. Sport. Medicine*. 2021;21(4):14–21. [In Russian]. doi: 10.14529/hsm210402

Информация об авторах:

Марина Александровна Даренская, д.б.н., проф. РАН, ORCID: 0000-0003-3255-2013,

e-mail: marina_darenskaya@inbox.ru

Любовь Владимировна Рычкова, д.м.н., проф., чл.-корр. РАН, ORCID: 0000-0003-2910-0737,

e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Татьяна Александровна Астахова, к.м.н., ORCID: 0000-0003-1427-4734, e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Анна Валерьевна Погодина, д.м.н., ORCID: 0000-0001-8533-3119, e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

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

Юлиана Николаевна Климкина, e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Любовь Ильинична Колесникова, д.м.н., проф., академик РАН, ORCID: 0000-0003-3354-2992,

e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Information about the authors:

Marina A. Darenskaya, doctor of biological sciences, professor of the RAS, ORCID: 0000-0003-3255-2013,

e-mail: marina_darenskaya@inbox.ru

Lyubov V. Rychkova, doctor of medical sciences, professor, corresponding member of RAS, ORCID: 0000-0003-2910-0737,

e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Tatyana A. Astakhova, candidate of medical sciences, ORCID: 0000-0003-1427-4734, e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Anna V. Pogodina, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0001-8533-3119, e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

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

Yuliana N. Klimkina, e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Lyubov I. Kolesnikova, doctor of medical sciences, professor, academician of the RAS, ORCID: 0000-0003-3354-2992,

e-mail: iphr@sbamsr.irk.ru

Поступила в редакцию 27.05.2022

Принята к публикации 18.07.2022

Received 27.05.2022

Accepted 18.07.2022