



Обзорная статья

УДК 612.123:616.153.915(985)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z222

Физиологические аспекты липидного обмена в условиях Арктической зоны Российской Федерации (обзор)

Вероника Андреевна Соловьева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2954-8040>

Улькер Габил кызы Гусейнова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6932-0446>

Наталья Владиславовна Соловьева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0664-4224>

Николай Сергеевич Ишеков* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1537-035X>

Андрей Горгоньевич Соловьев* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0350-1359>

Любовь Ивановна Губарева** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6387-2031>

*Северный государственный медицинский университет
(Архангельск, Россия)

**Северо-Кавказский федеральный университет
(Ставрополь, Россия)

Аннотация. Цель работы – систематизация данных о параметрах липидного обмена у различных групп жителей арктических территорий в историческом аспекте и в современных условиях. Материал для обзора отбирался с применением международных (Web of Science, Scopus) и российских («КиберЛенинка», eLIBRARY.RU) открытых баз данных. Использовались следующие поисковые запросы: «Арктика», «липидный обмен», «факторы риска». В выборку включены 34 работы за период с 1979 по 2023 год, посвященные исследованию изменений липидного обмена у жителей арктических территорий на протяжении последних 50 лет. Показано, что у коренного населения чаще отмечается благоприятный липидный профиль крови с низким содержанием липопротеинов низкой плотности (ЛПНП), триглицеридов (ТГ), но высоким – липопротеинов высокой плотности (ЛПВП). У пришлых жителей Арктики при срыве адаптации часто наблюдается развитие атерогенной дислипидемии; у укорененных – характер липидного обмена занимает промежуточное положение с приближением к параметрам коренных обитателей. Наряду с климатогеографическими условиями на организм человека также воздействуют и социально-экономические факторы (изменение питания, курение, злоупотребление алкоголем), приводящие к атерогенной дислипидемии – основе заболеваний сердечно-сосудистой системы. Важную роль в оценке нарушений липидного обмена в условиях Арктики играет определение более надежных маркеров развития атеросклероза – содержания аполипопротеинов (Апо-А и Апо-В) и употребляемых жирных кислот. Для коренных жителей Севера характерен белково-липидный тип питания, при котором, как правило, отмечается повышенное со-

© Соловьева В.А., Гусейнова У.Г., Соловьева Н.В., Ишеков Н.С., Соловьев А.Г., Губарева Л.И., 2024

Ответственный за переписку: Вероника Андреевна Соловьева, адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 51; e-mail: taurus221@yandex.ru

держание ω -3, но снижение уровня ω -6 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Однако в последние десятилетия чаще регистрируется низкое содержание как ω -3, так и ω -6 ПНЖК. Для раннего выявления признаков нарушений липидного обмена необходимо исследование не только традиционных параметров – содержания общего холестерина, ТГ, ЛПНП и ЛПВП, но и Апо-А1 и Апо-В, ω -6 и ω -3 ПНЖК, что позволит разработать научно обоснованные методы диагностики и дифференцированные оздоровительные программы и лечебные мероприятия.

Ключевые слова: липидный обмен, жители Арктики, коренное население, пришлое население, укоренное население, адаптация к условиям Севера, факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний

Для цитирования: Физиологические аспекты липидного обмена в условиях Арктической зоны Российской Федерации (обзор) / В. А. Соловьева, У. Г. Гусейнова, Н. В. Соловьева, Н. С. Ишекков, А. Г. Соловьев, Л. И. Губарева // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 548-558. – DOI 10.37482/2687-1491-Z222.

Review article

Physiological Aspects of Lipid Metabolism in the Arctic Zone of the Russian Federation (Review)

Veronika A. Solovyova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2954-8040>

Ulker G. Guseynova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6932-0446>

Nataliya V. Solovieva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0664-4224>

Nikolay S. Ishekov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1537-035X>

Andrey G. Soloviev* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0350-1359>

Lyubov I. Gubareva** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6387-2031>

*Northern State Medical University
(Arkhangelsk, Russia)

**North Caucasian Federal University
(Stavropol, Russia)

Abstract. This article aimed to systematize data on lipid metabolism parameters in various population groups of the Arctic region in the historical aspect and in modern conditions. The materials were selected using international (Web of Science and Scopus) and Russian (Cyberleninka and eLIBRARY.RU) databases. The following keywords were searched for: *Arctic, lipid metabolism, risk factors*. The sample included 34 works on the changes in lipid metabolism in the inhabitants of the Arctic region published between 1979 and 2023. It has been shown that the indigenous population is more likely to have a favourable blood lipid profile, with a low content of low-density lipoproteins (LDL) and triglycerides (TG), but high content of high-density lipoproteins (HDL). In zero-generation newcomers, when their adaptation is disrupted, atherogenic dyslipidaemia often develops, while in first- and second-generation newcomers, lipid metabolism occupies an intermediate position, approaching the parameters of the indigenous population. Along with climatic and geographical conditions, socio-economic factors (dietary changes, smoking and alcohol abuse) affect the human body, leading to atherogenic dyslipidaemia, which

Corresponding author: Veronika Solovyova, address: prosp. Troitskiy 51, Arkhangelsk, 163000, Russia; e-mail: taurus221@yandex.ru

is the basis of cardiovascular diseases. An important role in assessing lipid metabolism disorders in the Arctic is played by determining more reliable markers of atherosclerosis, namely, the content of apolipoproteins (apoA and apoB) and fatty acids consumed. The indigenous inhabitants of the North typically have a protein- and fat-rich diet characterized by increased levels of omega-3 and decreased levels of omega-6 polyunsaturated fatty acids (PUFAs). However, in recent decades, low levels of both omega-3 and omega-6 PUFAs have become more common. For early detection of signs of lipid metabolism disorders, we need to study not only the “traditional” parameters, i.e. total cholesterol, TG, LDL and HDL, but also apoA-I and apoB as well as omega-6 and omega-3 PUFAs in order to develop science-based diagnostic methods, differentiated wellness programmes and therapeutic measures.

Keywords: *lipid metabolism, inhabitants of the Arctic, indigenous population, zero-generation newcomers, first- and second-generation newcomers, adaptation to the North, cardiovascular disease risk factors*

For citation: Solovyova V.A., Guseynova U.K., Solovieva N.V., Ishekov N.S., Soloviev A.G., Gubareva L.I. Physiological Aspects of Lipid Metabolism in the Arctic Zone of the Russian Federation (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 4, pp. 548–558. DOI: 10.37482/2687-1491-Z222

Согласно Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года¹, освоение природных богатств Арктики требует привлечения новых трудовых ресурсов. Однако необходимо учитывать, что на организм человека в высоких широтах действует целый ряд неблагоприятных факторов, в частности изменение питания, курение, злоупотребление алкоголем и др. Так, длительное пребывание человека в дискомфортных климатических и производственных условиях может приводить к истощению адаптационных механизмов и повышению риска разных заболеваний, в т. ч. патологий сердечно-сосудистой системы (ССС) [1].

Основной медико-социальной задачей при освоении арктических территорий остается сохранение здоровья и улучшение качества жизни их населения. Изменения в образе жизни и питания могут приводить к модификации метаболических процессов, в частности липидного обмена как важной составляющей развития атеросклероза и заболеваний ССС [2]. В настоящее время накоплено достаточно данных

об особенностях протекания метаболических процессов у коренных и пришлых жителей Арктики [3–5]. У коренного населения липидный профиль характеризуется меньшей вероятностью развития атеросклероза и заболеваний ССС. У пришлых жителей при срыве адаптации могут наблюдаться негативные перестройки с увеличением концентрации атерогенных фракций в крови. Однако в изменяющихся социально-экономических условиях нарушения липидного обмена, влияющие на развитие заболеваний ССС, все чаще стали отмечаться не только у пришлого, но и укорененного населения [6]. Именно поэтому исследование данного метаболического процесса и факторов риска (ФР) возникновения его патологий в условиях Арктики крайне актуально.

Цель работы – систематизация данных о параметрах липидного обмена у различных групп жителей арктических территорий (коренных, пришлых и укорененных) в историческом аспекте и в современных условиях.

Материал для обзора отбирался с использованием открытых баз данных международных (Web of Science, Scopus) и российских («Ки-

¹О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года: указ Президента Российской Федерации от 26 окт. 2020 г. № 645. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

берЛенинка», eLIBRARY.RU) источников. Поиск производился по ключевым словам: «Арктика», «липидный обмен», «факторы риска». В выборку были включены 34 исследования за период с 1978 по 2023 год, посвященные изменениям липидного обмена у жителей арктических территорий, происходившим на протяжении последних 50 лет.

Особенности липидного обмена у жителей Арктики в историческом аспекте

Активное освоение природных ресурсов северных территорий, начавшееся в 70-е годы XX века, вызвало приток трудовых ресурсов из других регионов России. Как следствие, возникла необходимость приспособления к необычным погодно-климатическим условиям Арктики. Это обусловило актуальность изучения процессов адаптации у пришлого населения и позволило Л.Е. Панину [7] сформулировать концепцию «полярного» («северного») метаболического типа, при котором происходит перестройка всех видов обмена. Однако особое внимание было уделено изучению липидного обмена у жителей Крайнего Севера, поскольку его высокая активность обеспечивает энергетические потребности организма при адаптации к погодно-климатическим факторам Арктики: увеличивается способность тканей к утилизации жиров, но при этом снижается расход белков на энергетические нужды. Это научное направление в дальнейшем получило развитие в работах Н.А. Агаджаняна [8].

Отмечено, что по сравнению с пришлым населением у коренных жителей Крайнего Севера с «полярным» типом метаболизма на фоне традиционного уклада жизни и типа питания имеет место относительно благоприятный в отношении факторов риска развития патологии ССС тип липидного обмена (низкое содержание общего холестерина (ОХ), триглицеридов (ТГ), липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП) в сыворотке крови, что может быть обусловлено увеличением липолиза липопротеидов, обогащенных ТГ, путем повышения активности липопротеидлипазы, на фоне

повышенного содержания липопротеинов высокой плотности (ЛПВП)) [9].

Л.Е. Паниным [10] было показано, что снижение концентрации ЛПНП, являющихся транспортной формой эндогенного жира в организме, может свидетельствовать об использовании его на энергетические нужды. Такой липидный состав крови наблюдался у коренных жителей арктических территорий, придерживающихся традиционного уклада жизни и белково-жирового типа питания, и характеризовался как антиатерогенный. Он значительно отличался от состава крови пришлых жителей, у которых имела место атерогенная дислипидемия. Это может объяснять более высокий риск развития заболеваний ССС у пришлых жителей по сравнению с коренными [11]. Изменение социально-экономического уклада сопровождается снижением физической активности населения, изменением характера питания, увеличением психоэмоционального напряжения, что, несомненно, может сказываться на протекании метаболических процессов [12].

Особенности липидного обмена у жителей Арктики в современных условиях

При изучении биохимических показателей крови у коренных жителей Якутии отмечена высокая частота встречаемости атерогенных дислипидемий и ожирения [13]. В ряде исследований было показано, что у пришлого населения имеет место неблагоприятный липидный состав крови (высокое содержание ОХ, ТГ, ЛПНП, но низкое – ЛПВП), что свидетельствует о наличии атерогенной дислипидемии [14].

В последние десятилетия данные о липидном метаболизме у коренных и пришлых жителей Крайнего Севера дополнились работами по исследованию обменных процессов у так называемых укорененных жителей (европеоиды из популяции уроженцев Севера в первом и втором поколениях). Так, при изучении липидного обмена населения Магаданской области было установлено, что и в группах первого и второго поколений укорененной популяции, и среди мигрантов встречались высокие концен-

трации ОХ, ЛПНП, ЛПОНП при низком содержании ЛПВП. Однако приближение средних значений отдельных показателей липидного обмена (содержание ОХ, ЛПНП, коэффициент атерогенности) у укоренных молодых жителей Крайнего Севера первого и второго поколений к таковым у коренных народов может указывать на формирование адаптивных перестроек метаболического профиля липидного обмена и рассматривается как одно из проявлений конвергентного типа адаптации перестроек [15]. Отмечается, что в развитии атеросклероза значимую роль играет не столько абсолютное содержание традиционных показателей липидов в крови, сколько соотношение атерогенных и антиатерогенных липопротеинов (ЛП).

Анализ содержания только холестерина (ХС) в крови не всегда точно характеризует имеющиеся нарушения липидного обмена. В составе ЛП уровень ХС может варьировать вследствие обмена липидных компонентов. Количество ЛП также не всегда может быть адекватно оценено вследствие их гетерогенности по размеру и составу. При этом аполипопротеины Апо-В и Апо-А1 участвуют в формировании ЛП и являются их стабильными компонентами [16], поэтому Апо-В и Апо-А1 наиболее адекватно отражают состояние липидного профиля крови, а их соотношение характеризует баланс между атерогенными и антиатерогенными ЛП в крови. Клинические исследования подтвердили высокую прогностическую значимость соотношения Апо-В/Апо-А [17].

Содержание аполипопротеинов и их соотношение могут быть ранними маркерами риска развития заболеваний ССС. Эти параметры необходимо учитывать при обследовании населения высоких широт и включать их в перечень анализируемых компонентов липидного обмена [18].

Ф.А. Бичкаевой и соавт. [19] было проведено сравнение липидного профиля крови у населения приполярных регионов Севера и юга Кавказа (Южная Осетия). Оказалось, что у жителей Севера фиксировалось более высокое содержание не только ЛПНП, ЛПОНП, но

и ЛПВП и Апо-А, при этом у них по сравнению с жителями юга Кавказа отмечались более высокие концентрация Апо-В и соотношение Апо-В/Апо-А, что свидетельствует о дисбалансе аполипопротеинов.

В работе А.М. Каневой и соавт. [20] было установлено, что в районах Крайнего Севера у мужчин при соотношении Апо-В/Апо-А-1 $> 0,9$ имеют место высокие значения содержания ТГ, но низкие соотношения холестерина липопротеидов низкой плотности к Апо-В, что в целом свидетельствует об увеличении атерогенного потенциала.

Нутриционные факторы риска изменения липидного обмена в арктических широтах

В последние годы появляются сведения, указывающие на срывы адаптационных реакций коренных народов Севера, что влечет за собой потенциальное ухудшение состояния их здоровья. Нередко это связано с изменением стиля жизни и питания. В частности, наблюдается снижение потребления мяса оленя, северной рыбы и повышение доли углеводов и трансжиров. С увеличением углеводной составляющей рациона снижается концентрация ЛПВП и нарастает содержание ЛПОНП [21]. Следует отметить, что важную роль в развитии нарушений липидного обмена играет соотношение употребляемых в пищу жирных кислот (ЖК), а именно увеличение доли незаменимых жирных кислот (НЖК) и уменьшение доли эссенциальных (незаменимых) полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). При этом известно, что НЖК больше, чем другие пищевые компоненты, способствуют повышению содержания ЛПНП [22]. В ряде современных исследований показано, что употребление в пищу ПНЖК, напротив, сопровождается более низкими уровнями ТГ, ОХ, фибриногена, ЛПОНП и более высокой концентрацией ЛПВП.

Кроме того, известно, что ПНЖК являются источником материала для синтеза эйкозаноидов (простагландинов, простаглицлинов, тромбоксанов, лейкотриенов). Эйкозаноиды, синтезируемые из ПНЖК разных классов, имеют различные функциональные свойства.

Например, эйкозаноиды, образующиеся из ω -3 ПНЖК, обладают вазодилатирующим, антиагрегационным и противовоспалительным эффектами. Напротив, эйкозаноиды, образующиеся из ω -6 ПНЖК, за счет повышения проницаемости мембран вызывают спазм сосудов, активируют процессы воспаления и агрегации тромбоцитов. Омега-6 ПНЖК могут приводить к увеличению содержания клеточных ТГ, при этом ω -3 ПНЖК способствуют уменьшению отложения жира в жировой ткани вследствие подавления липогенных ферментов и усиления β -окисления [23]. Следовательно, изменение соотношения ω -6/ ω -3 в сторону увеличения содержания ω -6 ПНЖК способствует тромбообразованию, поддержанию воспаления, а значит, и развитию атеросклероза, ожирения и сахарного диабета II типа [24]. При этом установлено, что в целом у жителей арктических территорий имеет место высокое содержание ПНЖК по сравнению с лицами, проживающими в южных регионах [25].

У коренных жителей Арктики юношеского возраста (16–21 года) по сравнению с пришлыми отмечены более высокие уровни ПНЖК. Высокое содержание докозагексаеновой кислоты (ДГК) у коренных жителей мужского пола может быть связано с большим количеством рыбы, употребляемым в пищу. Однако на этом фоне достаточно часто наблюдались низкие концентрации ПНЖК (арахидоновой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой) [26].

Алкоголизация населения как социально обусловленный фактор риска нарушения липидного обмена в Арктике

К факторам риска развития патологических изменений организма в арктических условиях относятся не только низкие температуры, измененный фотопериодизм, геомагнитные возмущения, но и курение, малоподвижный образ жизни и злоупотребление алкоголем [27]. Повышение распространенности алкоголизации на Крайнем Севере может быть связано с притоком мигрантов молодого трудоспособного возраста из других регионов: употребление спиртных напитков является способом снятия

физического и психологического напряжения в непривычном для них климате с коротким летом, холодной дождливой ветреной осенью, а также длинной морозной снежной зимой с коротким световым днем.

У лиц с признаками хронической алкогольной интоксикации отмечены значимое снижение уровней ТГ, ЛПОНП, ЛПНП и повышение содержания ЛПВП и первичных продуктов перекисного окисления липидов – диеновых конъюгатов по сравнению с практически здоровыми северянами [28].

У лиц с синдромом зависимости от алкоголя, проживающих в высоких широтах, по сравнению с практически здоровыми людьми выявлено значимое увеличение содержания трансформы ω -6 линолевой кислоты. Источник трансформ ЖК – употребляемые в пищу гидрогенизированные жиры (маргарины, спреды). При этом известно, что трансформы ПНЖК являются атерогенными, как и НЖК, и могут быть факторами риска развития атерогенной дислипидемии и заболеваний ССС [29].

У наркологических пациентов обнаружено низкое содержание НЖК (пентадекановой, маргариновой, арахидиновой, генэйкозеновой) [30]. Кроме того, у них имело место низкое значение как суммы ПНЖК в целом, так и суммы ω -6 и ω -3 ЖК по сравнению с практически здоровыми лицами. Особо следует отметить низкую концентрацию ω -6 линолевой, арахидиновой ЖК и ω -3 линоленовой и ДГК [31]. Нарушение баланса ω -6 и ω -3 ПНЖК может способствовать хроническому воспалению, поскольку лейкотриены и тромбоксаны, образующиеся из ω -6 арахидиновой ЖК, усиливают тромбообразование и воспалительную реакцию в то время как простагландины, лейкотриены, образующиеся из эйкозапентаеновой кислоты и ДГК ω -3 ПНЖК, препятствуют воспалительной реакции, а тромбоксаны способствуют меньшей агрегации тромбоцитов. Следовательно, адаптивное течение воспалительного процесса определяется сбалансированным действием провоспалительных и противовоспалительных эйкозаноидов [32]. Одновременно ПНЖК игра-

ют важную роль в поддержании ментальных функций человека: ухудшение памяти и снижение концентрации внимания могут быть связаны со значительным уменьшением уровней ДГК и других ЖК в головном мозге [33, 34].

Современные исследования алкоголь-ассоциированных нарушений липидного обмена у населения высоких широт направлены на изучение не только уровней ОХ, ТГ, ЛПНП, ЛПВП, но и на целенаправленное выявление содержания аполипопротеинов, НЖК, ПНЖК, особенно ω -3 и ω -6 и их соотношения.

Таким образом, в результате изучения ряда показателей липидного обмена выявлено, что у коренных жителей Севера имеет место относительно благоприятный липидный профиль крови, тогда как у пришлых при срыве адаптационных механизмов может возникать дислипидемия, приводящая к более раннему развитию заболеваний ССС. В последние десятилетия при активизации освоения арктических территорий и увеличении притока ми-

грантов проблема развития заболеваний ССС вновь становится актуальной. Обнаружено, что действие природно-климатических, нутриционных и социальных факторов риска на организм как пришлых, так и укорененных и коренных жителей Севера может способствовать развитию атерогенной дислипидемии и вызывать патологии ССС.

В настоящее время изучение липидного обмена у лиц, проживающих в условиях Арктики, крайне актуально. Для более точного выявления групп риска метаболических нарушений необходимо использовать не только традиционные параметры – содержание ОХ, ТГ, ЛПНП и ЛПВП, но и другие показатели липидного обмена. Акцент должен быть сделан на исследование аполипопротеинов (Апо-В и Апо-А), содержания НЖК, соотношения ω -6 и ω -3 ПНЖК, это расширит диагностические подходы и, одновременно, конкретизирует оказание соответствующей помощи в рамках концепции персонализированной медицины.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Список литературы

1. Адаптация человека к экологическим и социальным условиям Севера / отв. ред. Е.Р. Бойко. Сыктывкар: УрО РАН, 2012. 442 с.
2. Софронова С.И., Романова А.Н. Артериальная гипертензия и некоторые факторы риска ее развития у коренного и пришлого населения Якутии // Вестн. Сев.-Вост. федер. ун-та им. М.К. Аммосова. Сер.: Мед. науки. 2023. № 3(32). С. 39–44. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2023.58.28.005>
3. Севостьянова Е.В. Особенности липидного и углеводного метаболизма человека на Севере (литературный обзор) // Бюл. сиб. медицины. 2013. Т. 12, № 1. С. 93–100.
4. Поляков Л.М., Розуменко А.А., Осипова Л.П., Куницын В.Г., Гольцова Т.В. Липидный спектр сыворотки крови у представителей коренного и пришлого населения Ямало-Ненецкого автономного округа // Сиб. науч. мед. журн. 2015. Т. 35, № 6. С. 66–69.
5. Алексеева С.Н., Антипина У.Д., Птицына С.П., Собакин Ю.В., Бетюнская Е.П., Протодьяконов С.В. Сравнительная характеристика липидного и гормонального статуса у жителей разных районов Республики Саха (Якутия) // Вестн. Сев.-Вост. федер. ун-та им. М.К. Аммосова. Сер.: Мед. науки. 2020. № 4(21). С. 5–12.
6. Аверьянова И.В., Максимов А.Л., Борисенко Н.С. Особенности липидного и углеводного обмена юношей – аборигенов и укоренных европеоидов Магаданской области // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2016. № 2. С. 5–15. <https://doi.org/10.17238/issn2308-3174.2016.2.5>
7. Панин Л.Е. Энергетические аспекты адаптации. Л.: Медицина, 1978. 191 с.
8. Агаджанян Н.А., Жвавий Н.Ф., Ананьев В.Н. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера. М.: КРУК, 1998. 240 с.

9. Кривошапкина З.Н., Миронова Г.Е., Семенова Е.И., Олесова Л.Д. Биохимический спектр сыворотки крови как показатель адаптированности жителей Якутии к северным условиям // Экология человека. 2015. № 11. С. 19–24.
10. Панин Л.Е. Фундаментальные проблемы приполярной и арктической медицины // Бюл. Сиб. отд-ния РАМН. 2013. Т. 33, № 6. С. 5–10.
11. Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Основные характеристики липидного и углеводного обмена у юношей Северо-Востока России с различными типами телосложения // Экология человека. 2017. № 12. С. 40–44. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-12-40-44>
12. Воронцова Е.В., Воронцов А.Л. Состояние окружающей среды и здоровье человека в Арктической зоне: медицинский и социально-правовой аспект // Якут. мед. журн. 2019. № 3(67). С. 85–90. <https://doi.org/10.25789/УМЖ.2019.67.24>
13. Шаймарданов А.Р., Литовченко О.Г. Сравнительный анализ выраженности оксидативного стресса у коренного и пришлого населения Ямало-Ненецкого автономного округа // Соврем. вопр. биомедицины. 2023. Т. 7, № 4(25). Ст. № 23.
14. Хаснулин В.И., Геворгян М.М., Бахтина И.А. Особенности липидного обмена у пришлых жителей Севера, больных артериальной гипертензией // Мир науки, культуры, образования. 2011. № 4-2(29). С. 280–283.
15. Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Состояние липидного и углеводного обмена у студентов – аборигенов и европеоидов с различными сроками проживания на территории Магаданской области // Экология человека. 2015. № 9. С. 44–49.
16. Кадомцева Л.В., Зуфарова А.А., Поликарпова Н.В. Аполипопротеины В и А1 – как маркеры риска развития сердечно-сосудистых заболеваний // Вестн. экстр. медицины. 2019. Т. 12, № 5. С. 67–70.
17. Carnevale Schianca G.P., Pedrazzoli R., Onolfo S., Colli E., Cornetti E., Bergamasco L., Fra G.P., Bartoli E. ApoB/ApoA-I Ratio Is Better Than LDL-C in Detecting Cardiovascular Risk // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. 2011. Vol. 21, № 6. P. 406–411. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2009.11.002>
18. Anderson T.J., Grégoire J., Hegele R.A., Couture P., Mancini G.B.J., McPherson R., Francis G.A., Poirier P., Lau D.C., Grover S., Genest J. Jr., Carpentier A.C., Dufour R., Gupta M., Ward R., Leiter L.A., Lonn E., Ng D.S., Pearson G.J., Yates G.M., Stone J.A., Ur E. 2012 Update of the Canadian Cardiovascular Society Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Dyslipidemia for the Prevention of Cardiovascular Disease in the Adult // Can. J. Cardiol. 2013. Vol. 29, № 2. P. 151–167. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2012.11.032>
19. Бичкаева Ф.А., Кокоев Т.И., Джисоева Ц.Г., Джабиева З.А., Волкова Н.И., Третьякова Т.В., Власова О.С. Содержание в сыворотке крови аполипопротеинов А, В и параметры обмена липидов у жителей приполярных регионов Севера и южных регионов Кавказа // Клин. лаб. диагностика. 2013. № 1. С. 25–27.
20. Канева А.М., Потолицына Н.Н., Людинина А.Ю., Алисултанова Н.Ж., Бойко Е.Р. Низкое содержание аполипопротеина Е как фактор риска повышения соотношения аполипопротеин В/А-1 у здоровых мужчин с нормолипидемией // Клин. лаб. диагностика. 2014. Т. 59, № 12. С. 32–36.
21. Истомин А.В., Федина И.Н., Шкурихина С.В., Кутакова Н.С. Питание и Север: гигиенические проблемы Арктической зоны России (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97, № 6. С. 557–563. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-557-563>
22. Caron J.P., Gandy J.C., Brown J.L., Sordillo L.M. Omega-3 Fatty Acids and Docosahexaenoic Acid Oxymetabolites Modulate the Inflammatory Response of Equine Recombinant Interleukin 1 β -Stimulated Equine Synoviocytes // Prostaglandins Other Lipid Mediat. 2019. Vol. 142. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.prostaglandins.2019.02.007>
23. Wang L., Manson J.E., Rautiainen S., Gaziano J.M., Buring J.E., Tsai M.Y., Sesso H.D. A Prospective Study of Erythrocyte Polyunsaturated Fatty Acid, Weight Gain, and Risk of Becoming Overweight or Obese in Middle-Aged and Older Women // Eur. J. Clin. Nutr. 2016. Vol. 55, № 2. P. 687–697. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0889-y>
24. Simopoulos A.P. An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity // Nutrients. 2016. Vol. 8, № 3. Art. № 128. <https://doi.org/10.3390/nu8030128>
25. Галстян Д.С., Бичкаева Ф.А., Баранова Н.Ф. Содержание полиненасыщенных жирных кислот в зависимости от индекса массы тела у жителей Арктического региона // Экология человека. 2020. № 9. С. 4–10. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-9-4-10>
26. Третьякова Т.В., Власова О.С., Баранова Н.Ф. Сравнительный анализ параметров липидного и углеводного обмена у коренного и некоренного юношеского населения Арктического региона // Вестн. Урал. мед. акад. науки. 2018. Т. 15, № 2. С. 229–238. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2018-15-2-229-238>

27. Мордовский Э.А., Соловьев А.Г., Санников А.Л. Алкогольный анамнез и фактор места наступления смерти: роль в смертности от ведущих заболеваний сердечно-сосудистой системы // Терапевт. арх. 2015. Т. 87, № 9. С. 26–33. <https://doi.org/10.17116/terarkh201587926-33>

28. Соловьева Н.В., Бажукова Т.А., Соловьев А.Г. Механизмы нарушения функций печени у больных с синдромом зависимости от алкоголя // Наркология. 2014. Т. 13, № 12(156). С. 31–34.

29. Горшенина Е.И., Сульдин А.М., Чугунова И.Ю., Шиндаков В.Г. Роль ω -3 полиненасыщенных жирных кислот в профилактике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний // Журн. науч. ст. «Здоровье и образование в XXI в.». 2019. Т. 21, № 3. С. 17–21.

30. Соловьева В.А., Лейхтер С.Н., Соловьева Н.В., Бичкаева Ф.А., Ишеков Н.С., Соловьев А.Г. Роль насыщенных жирных кислот в нарушениях липидного обмена у пациентов с синдромом зависимости от алкоголя // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020. Т. 120, № 9. С. 93–97. <https://doi.org/10.17116/inevro202012009193>

31. Соловьева В.А., Лейхтер С.Н., Соловьева Н.В., Бичкаева Ф.А., Ишеков Н.С., Соловьев А.Г., Медведева В.В. Содержание полиненасыщенных жирных кислот у больных с синдромом зависимости от алкоголя // Наркология. 2019. Т. 18, № 8. С. 53–59.

32. Richard C., Calder P.C. Docosahexaenoic Acid // Adv. Nutr. 2016. Vol. 7, № 6. P. 1139–1141. <https://doi.org/10.3945/an.116.012963>

33. Пристром М.С., Штонда М.В., Семенов И.И. Взгляд на проблему старения: фокус на место омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в системе антистарения // Мед. новости. 2018. № 9(288). С. 45–53.

34. Carlson S.J., O'Loughlin A.A., Anez-Bustillos L., Baker M.A., Andrews N.A., Gunner G., Dao D.T., Pan A., Nandivada P., Chang M., Cowan E., Mitchell P.D., Gura K.M., Fagiolini M., Puder M. A Diet with Docosahexaenoic and Arachidonic Acids as the Sole Source of Polyunsaturated Fatty Acids Is Sufficient to Support Visual, Cognitive, Motor, and Social Development in Mice // Front. Neurosci. 2019. Vol. 13. Art. № 72. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00072>

References

1. Boyko E.R. (ed.). *Adaptatsiya cheloveka k ekologicheskim i sotsial'nym usloviyam Severa* [Human Adaptation to Environmental and Social Conditions in the North]. Syktyvkar, 2012. 442 p.

2. Sofronova S.I., Romanova A.N. Arterial'naya gipertenziya i nekotorye faktory riska ee razvitiya u korennoy i prishlogo naseleniya Yakutii [Arterial Hypertension and Some Risk Factors for Its Development in the Indigenous and Non-Indigenous Population of Yakutia]. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Ser.: Meditsinskie nauki*, 2023, no. 3, pp. 39–44. <https://doi.org/10.25587/SVFU.2023.58.28.005>

3. Sevost'yanova E.V. Osobennosti lipidnogo i uglevodnogo metabolizma cheloveka na Severe (literaturnyy obzor) [Some Features of Human Lipid and Carbohydrate Metabolism in the North (Literature Review)]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*, 2013, vol. 12, no. 1, pp. 93–100.

4. Polyakov L.M., Rozumenko A.A., Osipova L.P., Kunitsyn V.G., Gol'tsova T.V. Lipidnyy spektr syvorotki krovi u predstaviteley korennoy i prishlogo naseleniya Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga [Serum Lipid Spectrum of Indigenous and Alien Population of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug]. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal*, 2015, vol. 35, no. 6, pp. 66–69.

5. Alekseeva S.N., Antipina U.D., Ptitsyna S.P., Sobakin Yu.V., Betyunskaya E.P., Protod'yakonov S.V. Sravnitel'naya kharakteristika lipidnogo i gormonal'nogo statusa u zhiteley raznykh rayonov Respubliki Sakha (Yakutiya) [Comparative Characteristics of Lipid and Hormonal Status in Residents of Different Districts of the Sakha Republic (Yakutia)]. *Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. Ser.: Meditsinskie nauki*, 2020, no. 4, pp. 5–12.

6. Averyanova I.V., Maksimov A.L., Borisenko N.S. Osobennosti lipidnogo i uglevodnogo obmena yunoshey – aborigenov i ukorenennykh evropeoidov Magadanskoy oblasti [Lipid and Carbohydrate Metabolism in Indigenous and Caucasian Young Males Living in the Magadan Region]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2016, no. 2, pp. 5–15. <https://doi.org/10.17238/issn2308-3174.2016.2.5>

7. Panin L.E. *Energeticheskie aspekty adaptatsii* [Energy Aspects of Adaptation]. Leningrad, 1978. 191 p.

8. Agadzhanyan N.A., Zhvavy N.F., Anan'ev V.N. *Adaptatsiya cheloveka k usloviyam Kraynego Severa: ekologo-fiziologicheskie mekhanizmy* [Human Adaptation to the Conditions of the Far North: Ecological and Physiological Mechanisms]. Moscow, 1998. 240 p.

9. Krivoshapkina Z.N., Mironova G.E., Semyonova E.I., Olesova L.D. Biochemical Spectrum of Blood Serum as Indicator of Yakutia Residents Adaptedness to Northern Conditions. *Hum. Ecol.*, 2015, no. 11, pp. 19–24 (in Russ.).
10. Panin L.E. Fundamental'nye problemy pripolyarnoy i arkticheskoy meditsiny [Fundamental Problems of the Circumpolar and the Arctic Medicine]. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya RAMN*, 2013, vol. 33, no. 6, pp. 5–10.
11. Averyanova I.V., Maximov A.L. Main Characteristics of Lipid and Carbohydrate Metabolism Observed in Young Males with Different Somatotypes of Northeast Russia. *Hum. Ecol.*, 2017, no. 12, pp. 40–44 (in Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-12-40-44>
12. Vorontsova E.V., Vorontsov A.L. Sostoyanie okruzhayushchey sredy i zdorov'ye cheloveka v Arkticheskoy zone: meditsinskiy i sotsial'no-pravovoy aspekt [Environmental State and Human Health in the Arctic Zone: Medical and Socio-Legal Aspect]. *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal*, 2019, no. 3, pp. 85–90. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2019.67.24>
13. Shajmardanov A.R., Litovchenko O.G. Comparative Analysis of the Severity of Oxidative Stress in the Indigenous and Non-Indigenous Population of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *Mod. Iss. Biomed.*, 2023, vol. 7, no. 4. Art. no. 23 (in Russ.).
14. Khasnulin V.I., Gevorgyan M.M., Bakhtina I.A. Osobennosti lipidnogo obmena u prishlykh zhitel'ey Severa, bol'nykh arterial'noy gipertenziy [Lipid Metabolism Characteristics at the Alien Inhabitants of the North with Arterial Hypertension]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 2011, no. 4-2, pp. 280–283.
15. Aver'yanova I.V., Maksimov A.L. Sostoyanie lipidnogo i uglevodnogo obmena u studentov-aborigenov i evropeoidov s razlichnymi srokami prozhivaniya na territorii Magadanskoy oblasti [Lipid and Carbohydrate Metabolism Observed in Aboriginal and European Students Having Different Terms of Residing in Territory of Magadan Region]. *Ekologiya cheloveka*, 2015, no. 9, pp. 44–49.
16. Kadomtseva L.V., Zufarova A.A., Polikarpova N.V. Apolipoproteiny B i A1 – kak markery riska razvitiya serdechno-sosudistyykh zabolevaniy [Apolipoproteins B and A1 as Markers of Cardiovascular Diseases]. *Vestnik ekstrennoy meditsiny*, 2019, vol. 12, no. 5, pp. 67–70.
17. Carnevale Schianca G.P., Pedrazzoli R., Onolfo S., Colli E., Cornetti E., Bergamasco L., Fra G.P., Bartoli E. ApoB/ApoA-I Ratio Is Better Than LDL-C in Detecting Cardiovascular Risk. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, 2011, vol. 21, no. 6, pp. 406–411. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2009.11.002>
18. Anderson T.J., Grégoire J., Hegele R.A., Couture P., Mancini G.B.J., McPherson R., Francis G.A., Poirier P., Lau D.C., Grover S., Genest J. Jr., Carpentier A.C., Dufour R., Gupta M., Ward R., Leiter L.A., Lonn E., Ng D.S., Pearson G.J., Yates G.M., Stone J.A., Ur E. 2012 Update of the Canadian Cardiovascular Society Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Dyslipidemia for the Prevention of Cardiovascular Disease in the Adult. *Can. J. Cardiol.*, 2013, vol. 29, no. 2, pp. 151–167. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2012.11.032>
19. Bichkaeva F.A., Kokoev T.I., Dzhibieva Ts.G., Dzhabieva Z.A., Volkova N.I., Tret'yakova T.V., Vlasova O.S. Soderzhanie v syvorotke krovi apolipoproteinov A, B i parametry obmena lipidov u zhitel'ey pripolyarnykh regionov Severa i yuzhnykh regionov Kavkaza [Serum Levels of Apolipoproteins A and B and Lipid Metabolism Parameters in Residents of the Polar Regions of the North and Southern Regions of the Caucasus]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2013, no. 1, pp. 25–27.
20. Kaneva A.M., Potolitsyna N.N., Lyudinina A.Yu., Alisultanova N.Zh., Boyko E.R. Nizkoe sodержanie apolipoproteina E kak faktor riska povysheniya sootnosheniya apolipoprotein B/A-1 u zdorovykh muzhchin s normolipidemiyei [The Low Content of Apolipoprotein E as a Risk Factor of Increasing of Ratio Apolipoprotein B/A-1 in Healthy Males with Normal Lipemia]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2014, vol. 59, no. 12, pp. 32–36.
21. Istomin A.V., Fedina I.N., Shkurikhina S.V., Kutakova N.S. Food and the North: Hygienic Problems of the Arctic Zone of Russia (the Review of the Literature). *Gigiena i sanitariya*, 2018, vol. 97, no. 6, pp. 557–563 (in Russ.). <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-557-563>
22. Caron J.P., Gandy J.C., Brown J.L., Sordillo L.M. Omega-3 Fatty Acids and Docosahexaenoic Acid Oxymetabolites Modulate the Inflammatory Response of Equine Recombinant Interleukin 1 β -Stimulated Equine Synoviocytes. *Prostaglandins Other Lipid Mediat.*, 2019, vol. 142, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.prostaglandins.2019.02.007>
23. Wang L., Manson J.E., Rautiainen S., Gaziano J.M., Buring J.E., Tsai M.Y., Sesso H.D. A Prospective Study of Erythrocyte Polyunsaturated Fatty Acid, Weight Gain, and Risk of Becoming Overweight or Obese in Middle-Aged and Older Women. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2016, vol. 55, no. 2, pp. 687–697. <https://doi.org/10.1007/s00394-015-0889-y>
24. Simopoulos A.P. An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity. *Nutrients*, 2016, vol. 8, no. 3. Art. no. 128. <https://doi.org/10.3390/nu8030128>

25. Galstyan D.S., Bichkaeva F.A., Baranova N.F. Concentrations of Polyunsaturated Fatty Acids by Body Mass Index Among Arctic Residents. *Hum. Ecol.*, 2020, no. 9, pp. 4–10 (in Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2020-9-4-10>

26. Tretyakova T.V., Vlasova O.S., Baranova N.F. Comparative Analysis of Parameters of Lipid and Carbohydrate Metabolism in Aboriginal and Nonaboriginal Young People in the Arctic Region. *J. Ural Med. Acad. Sci.*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 229–238 (in Russ.). <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2018-15-2-229-238>

27. Mordovskiy E.A., Solov'ev A.G., Sannikov A.L. Alkogol'nyy anamnez i faktor mesta nastupleniya smerti: rol' v smertnosti ot vedushchikh zabolevaniy serdechno-sosudistoy sistemy [Alcohol Anamnesis and a Death Place Factor: Role in Mortality Rates Due to Leading Cardiovascular Diseases]. *Terapevticheskiy arkhiv*, 2015, no. 9, pp. 26–33. <https://doi.org/10.17116/terarkh201587926-33>

28. Solov'eva N.V., Bazhukova T.A., Solov'ev A.G. Mekhanizmy narusheniya funktsiy pecheni u bol'nykh s sindromom zavisimosti ot alkogolya [Mechanisms of Liver Dysfunction in Patients with Alcohol Dependence Syndrome]. *Narkologiya*, 2014, vol. 13, no. 12, pp. 31–34.

29. Gorshenina E.I., Sul'din A.M., Chugunova I.Yu., Shindakov V.G. Rol' ω -3 polinenasyschennykh zhirnykh kislot v profilaktike i lechenii serdechno-sosudistyykh zabolevaniy [The Role of ω -3 Polyunsaturated Fatty Acids in Prevention and Treatment of Cardiovascular Diseases]. *Zhurnal nauchnykh statey "Zdorov'e i obrazovanie v XXI v."*, 2019, vol. 21, no. 3, pp. 17–21.

30. Solovieva V.A., Leichter S.N., Solovieva N.V., Bichkaeva F.A., Ishekov N.S., Soloviev A.G. The Role of Saturated Fatty Acids in Impaired Lipid Metabolism in Patients with Alcohol Dependence Syndrome. *Korsakov J. Neurol. Psychiatry*, 2020, vol. 120, no. 9, pp. 93–97 (in Russ.). <https://doi.org/10.17116/jnevro202012009193>

31. Solovieva V.A., Leichter S.N., Solovieva N.V., Bichkayeva F.A., Ishekov N.S., Soloviev A.G., Medvedeva V.V. Content of Polyunsaturated Fatty Acids in Patients with Alcohol Dependence Syndrome. *Narkologia*, 2019, vol. 18, no. 8, pp. 53–59 (in Russ.).

32. Richard C., Calder P.C. Docosahexaenoic Acid. *Adv. Nutr.*, 2016, vol. 7, no. 6, pp. 1139–1141. <https://doi.org/10.3945/an.116.012963>

33. Pristrom M.S., Shtonda M.V., Semenenkov I.I. Vzglyad na problemu stareniya: fokus na mesto omega-3 polinenasyschennykh zhirnykh kislot v sisteme antistareniya [Point of View on the Problem of Aging: Focus on the Place of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in the Antiaging System]. *Meditsinskie novosti*, 2018, no. 9, pp. 45–53.

34. Carlson S.J., O'Loughlin A.A., Anez-Bustillos L., Baker M.A., Andrews N.A., Gunner G., Dao D.T., Pan A., Nandivada P., Chang M., Cowan E., Mitchell P.D., Gura K.M., Fagiolini M., Puder M. A Diet with Docosahexaenoic and Arachidonic Acids as the Sole Source of Polyunsaturated Fatty Acids Is Sufficient to Support Visual, Cognitive, Motor, and Social Development in Mice. *Front. Neurosci.*, 2019, vol. 13. Art. no. 72. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00072>

Поступила в редакцию 15.01.2024 / Одобрена после рецензирования 31.07.2024 / Принята к публикации 08.08.2024.

Submitted 15 January 2024 / Approved after reviewing 31 July 2024 / Accepted for publication 8 August 2024.