

DOI: 10.52727/2078-256X-2026-22-2-181-197

Нарушения липидного и церамидного обмена среди лиц с артериальной гипертензией, занятых в угледобывающей промышленности

И.М. Центер^{1, 2}, Е.Д. Баздырев^{1, 2}, Д.П. Цыганкова^{1, 2}, О.В. Нахратова¹,
О.В. Груздева^{1, 2}, Е.Е. Садовников^{1, 2}, Г.В. Артамонова¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»
Россия, 650002, г. Кемерово, бульвар академика Барбараша, 6

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Кемеровский государственный медицинский университет»
Россия, 650056, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22А

Аннотация

Цель – проанализировать нарушения липидного и церамидного обмена у лиц, занятых добычей угля подземным способом, с артериальной гипертензией (АГ). **Материал и методы.** В исследование были включены 209 мужчин-шахтеров Кузбасса. Проведены сбор анамнеза, антропометрия, измерение артериального давления (АД). В сыворотке крови определены параметры липидограммы (общий холестерин (ОХС), триглицериды (ТГ), холестерин липопротеинов низкой, очень низкой и высокой плотности (ХС ЛПНП, ХС ЛПОНП, ХС ЛПВП), аполипопротеины А и В (Апо А, Апо В), липопротеин (а) (Лп(а)), а также уровень пятнадцати церамидов (Cer) с содержанием жирно-кислотного остатка с различной длиной углеводородной цепи. Верификация АГ и дислипидемии (ДЛП) осуществлялась в соответствии с действующими клиническими рекомендациями. **Результаты.** Распространенность АГ и ДЛП составила 43,5 и 64,1 % соответственно. Из 91 шахтера с АГ 82 (90,1 %) соответствовали 1-й степени АГ и 9 (9,9 %) – 2-й степени. Наиболее частыми вариантами ДЛП были гиперхолестеринемия (ГХС) (61,7 %) и повышенный уровень Апо В (50,7 %). Лица с АГ имели худший липидный профиль: достоверно выше были медианы уровня ОХС (5,38 ммоль/л, $p = 0,020$), ТГ (1,26 ммоль/л, $p = 0,010$) и ХС ЛПОНП (0,57 ммоль/л, $p = 0,010$). У участников исследования с выявленной АГ статистически выше была доля лиц с ожирением (36,6 % против 16,1 %, $p < 0,001$) и большей концентрацией глюкозы сыворотки крови (5,65 и 5,50 ммоль/л соответственно, $p = 0,005$). Лица с АГ 2-й степени в сравнении с лицами с АГ 1-й степени отличались большим возрастом и уровнем АД. Многофакторный анализ показал, что АГ у шахтеров ассоциирована преимущественно с гипертриглицеридемией (ГТГ) и повышением ХС ЛПОНП. При анализе церамидного профиля выявлено достоверно более низкое содержание Cer d18:1/21:0 у пациентов с АГ ($p = 0,022$). При проведении корреляционного анализа выявлена отрицательная связь САД с Cer d18:1/21:0 ($r = -0,167$, $p = 0,018$). **Заключение.** АГ и ДЛП являются распространенными факторами сердечно-сосудистого риска среди лиц, занятых в угледобывающем секторе. ГХС и повышенный уровень Апо В определены как самые распространенные варианты ДЛП. Анализ церамидного профиля показал статистически значимое снижение концентрации Cer d18:1/21:0 у лиц с АГ, что требует дальнейшего изучения для оценки его протективной роли. Наиболее неблагоприятный клинический и липидный профиль наблюдался среди лиц с АГ по сравнению с шахтерами без АГ. Результаты многофакторного анализа показали связь АГ с нарушением липидного обмена у работников угольной промышленности.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, дислипидемия, нарушение липидного обмена, церамиды, болезни системы кровообращения, угольная отрасль, шахтеры.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Автор для переписки. Центер И.М., e-mail: tsenter1998@mail.ru

Для цитирования. Центер И.М., Баздырев Е.Д., Цыганкова Д.П., Нахратова О.В., Груздева О.В., Садовников Е.Е., Артамонова Г.В. Нарушения липидного и керамидного обмена среди лиц с артериальной гипертензией, занятых в угледобывающей промышленности. *Атеросклероз*. 2026; 22 (2): 181–197. doi:10.52727/2078-256X-2026-22-2-181-197

Lipid and ceramide metabolism disorders among people with arterial hypertension working in coal-mining industry

I.M. Tsenter^{1, 2}, E.D. Bazdyrev^{1, 2}, D.P. Tsygankova^{1, 2}, O.V. Nakhratova¹, O.V. Gruzdeva^{1, 2}, E.E. Sadovnikov^{1, 2}, G.V. Artamonova¹

¹ *Federal State Budgetary Institution «Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases», 6, Academician Barbarash Blvd., Kemerovo, 650002, Russia*

² *Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State Medical University», 22A, Voroshilova st., Kemerovo, 650056, Russia*

Abstract

Aim – to analyze disorders of lipid and ceramide metabolism in individuals engaged in underground coal mining with arterial hypertension (AH). **Material and methods.** The study included 209 male miners from Kuzbass. Anamnesis collection, anthropometry and blood pressure (BP) measurement were performed. Serum levels of lipid profile parameters (total cholesterol (TC), triglycerides (TG), low-, very low-, and high-density lipoprotein cholesterol (LDL-C, VLDL-C, HDL-C), apolipoproteins A and B (Apo A, Apo B), lipoprotein (a) (Lp(a))), as well as the levels of fifteen ceramides (Cer) containing fatty acid residues with different hydrocarbon chain lengths were determined. Verification of AH and dyslipidemia (DLP) was carried out in accordance with current clinical guidelines. **Results.** The prevalence of AH and DLP was 43.5 % and 64.1 %, respectively. Of the 91 respondents with AH, 82 (90.1 %) had stage 1 AH and 9 (9.9 %) had stage 2 AH. The most common variants of DLP were hypercholesterolemia (HC) (61.7 %) and elevated Apo B levels (50.7 %). Individuals with AH had a worse lipid profile: median levels of TC (5.38 mmol/L, $p = 0.020$), TG (1.26 mmol/L, $p = 0.010$), and VLDL cholesterol (0.57 mmol/L, $p = 0.010$) were significantly higher. Respondents with diagnosed AH had a statistically higher proportion of obese individuals (36.6 % vs. 16.1 %, $p = 0.001$) and higher serum glucose concentrations (5.65 and 5.5 mmol/L, respectively, $p = 0.005$). Individuals with stage 2 AH, compared to stage 1, differed in age and blood pressure levels. Multifactorial analysis showed that AH in miners is mainly associated with hypertriglyceridemia (HTG) and an increase in VLDL cholesterol. The analysis of the ceramide profile revealed a significantly lower content of Cer d18:1/21:0 in patients with AH ($p = 0.022$). Correlation analysis revealed a negative association of systolic blood pressure with Cer d18:1/21:0 ($r = -0.167$, $p = 0.018$). **Conclusions.** AH and DLP are common cardiovascular risk factors among individuals employed in the coal mining sector. HC and elevated Apo B levels were identified as the most common types of DLP. Ceramide profile analysis showed a statistically significant decrease in Cer d18:1/21:0 concentration in individuals with AH, which requires further study to assess its protective role. The most unfavorable clinical and lipid profile was observed in individuals with AH compared to respondents without AH. The results of multifactorial analysis demonstrated the association of AH with lipid metabolism disorders in coal industry workers.

Keywords: arterial hypertension, dyslipidemia, lipid metabolism disorders, ceramides, circulatory system diseases, coal industry, miners.

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

Funding: The authors declare that there is no funding for the study.

Correspondence. Tsenter I.M., e-mail: tsenter1998@mail.ru

Citation. Tsenter I.M., Bazdyrev E.D., Tsygankova D.P., Nakhratova O.V., Gruzdeva O.V., Sadovnikov E.E., Artamonova G.V. Lipid and ceramide metabolism disorders among people with arterial hypertension working in coal-mining industry. *Atherosclerosis*. 2026; 22 (2): 181–197. doi: 10.52727/2078-256X-2026-22-2-181-197

Введение

Согласно последним оценкам Всемирной организации здравоохранения за 2024 г., 1,4 млрд человек в возрасте от 30 до 79 лет по всему миру страдают артериальной гипертензией (АГ), что составляет 33 % населения в этом возрастном диапазоне [1]. В 2012–2014 гг. по данным популяционного исследования ЭССЕ-РФ распространенность АГ среди мужчин и женщин составила 48,2 и 40,8 % соответственно, в 2017 г., по данным ЭССЕ-РФ2, 49,1 и 39,9 % [2, 3]. По представленным в 2023 г. результатам ЭССЕ-РФ3, при стандартизации данных по возрасту (35–64 года) выявлено статистически значимое снижение распространенности АГ среди обоих полов к 2020–2022 гг.: так, если в 2012–2014 гг. это были значения 58,8 % среди мужчин и 55,5 % среди женщин, в 2017 г. – 57,7 и 50,7 %, то в 2020–2022 гг. – 51,5 и 43,9 % соответственно [4].

Хотя АГ сама по себе признана одной из ведущих причин смертности, пациенты с гипертензией и дополнительными сердечно-сосудистыми факторами риска демонстрируют еще более высокие показатели заболеваемости и смертности [5]. По результатам международного исследования INTERHEART с участием более 29 тыс. человек из 52 стран мира выделены девять основных факторов, оказывающих влияние на развитие болезней системы кровообращения (БСК), среди которых дислипидемия (ДЛП) и АГ по отдельности повышали вероятность развития инфаркта миокарда в 3,25 и 1,91 раза соответственно, а сочетание АГ, ДЛП, сахарного диабета 2 типа и курения у одного человека может привести к увеличению риска более чем в 20 раз по сравнению с пациентами, страдающими только гипертензией или ДЛП [6, 7]. Сосуществование ДЛП и АГ зарегистрировано у 50–80 % пациентов, а их синергетическое действие приводит к повышенному риску развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), который превышает сумму индивидуальных рисков [8].

Так, по результатам исследования Ю.А. Балановой и коллег, наличие АГ статистически значимо снижает выживаемость ($p < 0,001$) в по-

пуляции, что значимо при поправке на возраст (мужчины – < относительный риск (ОР) 1,47, $p < 0,001$, женщины – ОР 1,17, $p < 0,001$). Наличие АГ достоверно ухудшает сердечно-сосудистую выживаемость у лиц обоего пола ($p < 0,0001$). Наличие АГ увеличивает риск наступления комбинированной конечной точки как для мужчин, так и для женщин ($p < 0,001$). Анализ кривых Каплана–Мейера показал худшую выживаемость у лиц с АГ, принимающих антигипертензивные препараты, но не достигающих целевых уровней артериального давления (АД) [9].

Работа в угледобывающем секторе экономики, особенно в подземных условиях, ассоциирована не только с высоким риском развития профессионально обусловленной патологии, но и с большим количеством хронических неинфекционных заболеваний. По данным Кемеровского областного центра профпатологии, в 2021 г. при проведении периодического медицинского осмотра работников угольных предприятий зарегистрировано 15645 случаев заболеваний сердечно-сосудистой системы (с учетом возможного наличия нескольких диагнозов у одного работника), из них в 30,9 % случаев установлен диагноз эссенциальная первичная гипертензия, в 36,8 % – нарушение обмена липидов и другие липидемии [10].

Помимо таких особенностей профессии, как хронический стресс, тяжелые физические условия труда, вахтовый режим работы и т.д., на шахтеров также оказывают влияние вредные производственные факторы, в частности, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (угольная пыль, содержащая диоксид кремния и другие компоненты), способные провоцировать развитие бронхолегочной и кардиоваскулярной патологии. Так, по результатам исследований Н.И. Панева и коллег, установлено, что у работников угольной промышленности с антракосиликозом АГ и ишемическая болезнь сердца (ИБС) встречаются чаще, чем у шахтеров, длительно работающих во вредных условиях труда, но не имеющих профессиональной легочной патологии. Это дает основание полагать, что наличие антракосиликоза может являться самостоятельным фактором риска развития АГ и ИБС. Также для больных

антракосиликозом, страдающих АГ, характерна и большая встречаемость непрофессиональных факторов сердечно-сосудистого риска: возраст 50 лет и старше, наличие гипергликемии натощак, гипергомоцистеинемии, абдоминального типа ожирения, гипертензивного конституционально-морфологического типа по индексу Риса – Айзенка. [11].

Недавно проведенное эпидемиологическое исследование на территории Китая выявило тревожно высокую распространенность ДЛП среди работников угольных шахт. В масштабном поперечном исследовании с участием 4341 китайского шахтера ДЛП выявлена у 68,28 %: у 40,46 % отмечен повышенный уровень триглицеридов (ТГ), у 38,08 % – гиперхолестеринемия (ГХС), у 35,08 % – повышенный уровень холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП) и у 25,84 % – пониженный уровень холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП) [12]. Более поздние исследования подтвердили эти выводы, показав, что воздействие угольной пыли значительно увеличивает риск ДЛП (ОШ 1,869–2,033 в различных скорректированных моделях), причем риск возрастает пропорционально длительности воздействия фактора, достигая 50 % через 11 лет работы [13].

Физико-патологические механизмы, лежащие в основе нарушений липидного обмена у работников угольной промышленности, многофакторны. Угольная пыль индуцирует хроническое воспаление в легких с высвобождением провоспалительных цитокинов (IL-6, TNF- α), которые системно влияют на метаболизм печени, способствуя накоплению липидов и развитию инсулинорезистентности [14]. Исследования на животных моделях показали накопление угольной пыли в легких и печени, сопровождающееся повышением уровня общего холестерина (ОХС), ХС ЛПНП и печеночных ферментов [13].

Помимо прямого токсического воздействия условий рабочей среды, вышеуказанный профессиональный стресс является еще одним важным фактором, способствующим развитию ДЛП у шахтеров [15]. Традиционные факторы риска, включая курение, употребление алкоголя, неправильное питание и ожирение и, конечно же, АГ также усугубляют метаболическую нагрузку, с которой сталкиваются работники угольной промышленности [12].

Определение уровня церамидов представляет собой сдвиг парадигмы в оценке риска ССЗ, являясь биомаркерами нового поколения, предоставляющими независимую прогностическую

ценность сверхтрадиционных факторов риска, таких как ХС ЛПНП, ТГ и рутинные клинические параметры [16]. Эти биоактивные сфинголипиды, синтезируемые преимущественно в печени путем конденсации пальмитоил-кофермента А и серина, служат сенсорами питательных веществ в клеточных мембранах и играют центральную роль в метаболических путях, связанных с обменом липидов и глюкозы. Новизна оценки уровня церамидов заключается в их способности фиксировать метаболическую дисфункцию и эктопическую липотоксичность, которые предшествуют ССЗ и способствуют их развитию, открывая механистическое окно в кардиометаболический риск, которое традиционные липидные панели предоставить не могут [16, 17].

Повышение уровней церамидов в плазме крови (d18:1/16:0) (ОР 1,21, 95 % ДИ 1,11–1,32, I² = 88 %), Cer(d18:1/18:0) (ОР 1,19, 95 % ДИ 1,10–1,27, I² = 68 %) и Cer(d18:1/24:1) (ОР 1,17, 95 % ДИ 1,08–1,27, I² = 83 %), Cer(d18:1/18:0) и Cer(d18:1/24:1) было связано с серьезными неблагоприятными сердечно-сосудистыми событиями (ССС) и другими хроническими неинфекционными заболеваниями, включая ожирение, инсулинорезистентность и сахарный диабет [18].

У мышей и крыс подавление биосинтеза сфинголипидов ослабляет кардиометаболические факторы риска, включая нарушение толерантности к глюкозе, инсулинорезистентность, сахарный диабет (СД), АГ, развитие атеросклеротических бляшек, артериальную дисфункцию и сердечную недостаточность [19–21]. Данные, полученные от пациентов, также указывают на связь уровней тканевых и циркулирующих в крови сфинголипидов с повышенным риском ССЗ, включая сердечную недостаточность, АГ, метаболический синдром и ИБС [19, 22–24].

Несмотря на уже достоверно и многократно доказанную взаимосвязь АГ и заболеваний ССС, а также БСК и нарушениями обмена липидов, о взаимосвязи АГ и церамидного обмена известно недостаточно, в связи с чем сохраняется актуальность и продолжается активное изучение данной проблемы.

Цель: проанализировать нарушения липидного и церамидного обмена у лиц, занятых добычей угля подземным способом, с АГ.

Материал и методы

Исследование проводилось с участием 209 мужчин – работников угольных предприятий Кузбасса, занятых подземной добычей угля.

Данные о факторах сердечно-сосудистого риска (ФССР) были получены и обработаны в ходе проведения периодического медицинского осмотра в период с 2022 по 2023 г. Включение участников в исследование проводилось после подписания информированного добровольного согласия и после одобрения этического комитета НИИ КПССЗ (выписка из протокола № 8 от 10.10.2022).

У всех включенных в исследование работников различных профессий условия труда по результатам специальной оценки отнесены к вредным, по совокупному классу не выше 3.2.

Исследование включало в себя сбор анамнеза о наличии традиционных ФССР (курение, алкоголь, ожирение, АГ, ДЛП), ранее зарегистрированных сосудистых событий и наличия регулярного приема терапии исследуемых патологий. Клинико-инструментальная часть исследования представляла собой трехкратное измерение систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления по правилам, оформленным в актуальных клинических рекомендациях 2024 г. [25], расчет индекса массы тела (ИМТ), а также верификацию АГ и ожирения в соответствии с актуальными клиническими рекомендациями. У пациентов с АГ определены степени с учетом параметров САД и ДАД в соответствии с официально принятой классификацией: АГ 1-й степени – САД/ДАД 140–159/90–99 мм рт. ст., АГ 2-й степени – САД/ДАД 160–179/100–109 мм рт. ст., АГ 3-й степени – САД/ДАД \geq 180/100 мм рт. ст.

Среди участников исследования лиц с ранее перенесенными сосудистыми событиями и сахарным диабетом не выявлено. Включенные в данное исследование участники ранее не получали терапию ни статинами, ни другими липид-снижающими препаратами, лицам с установленной на периодическом медицинском осмотре АГ была назначена необходимая гипотензивная терапия в соответствии с клиническими рекомендациями по ведению пациентов с АГ.

Определение липидной панели плазмы крови (ОХС, ТГ, ХС ЛПНП, ХС ЛПОНП и ХС ЛПВП) выполнено при помощи стандартных тест-систем Thermo Fisher Scientific (Финляндия). Определение уровня Лп(а) выполнено методом ИФА с использованием американской тест-системы Human Lp (a) ELISA Kit фирмы AssayPro. Анализ уровня липидов выполнен в соответствии с клиническими рекомендациями Российского кардиологического общества по нарушениям липидного обмена 2023 г. [26]. Оптимальные значения параметров липидного обмена у муж-

чин группы низкого риска: ОХС < 5,0 ммоль/л, ТГ < 1,7 ммоль/л, ХС ЛПНП < 3,0 ммоль/л, ХС ЛОНП < 0,85 ммоль/л и ХС ЛПВП > 1,0 ммоль/л, Лп(а) < 50 мг/дл.

Определение уровня аполипопротеинов А (Апо А) и В (Апо В) проводилось иммунотурбидиметрическим методом на биохимическом анализаторе Roche Cobas с 311 (Швейцария). Референсными значениями считались для Апо В \leq 1,0 г/л, для Апо А \geq 1,2 г/л.

Полуколичественное определение уровня церамидов в сыворотке крови выполнено в ФГБУ «НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова» Минздрава России. Определение уровней сфинголипидов в образцах сыворотки крови проведено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. С учетом отсутствия официально принятых единиц измерения и референсов для церамидов далее в тексте результаты будут представлены в виде значения условных единиц ($\times 10^{-4}$). Идентификация липидов произведена скриптами LipidMatch в соответствии с номенклатурой LipidMaps. Проанализированы церамиды (Cer d18:1) с содержанием остатка жирных кислот с различной длиной углеводородной цепи: С12:0 – лауриновая, С14:0 – миристиновая, С16:0 – пальмитиновая, С16:1 – пальмитолеиновая, С17:0 – маргаринавая, С18:0 – стеариновая, С18:1 – олеиновая, С19:0 – нонадециловая, С20:0 – арахидиновая, С20:1 – эйкозеновая, С21:0 – генэйкозановая, С22:0 – бегеновая, С23:0 – трикозиловая, С24:0 – лигноцеринавая, С24:1 – нервоновая.

Общая характеристика анализируемых шахтеров представлена в ранее опубликованной работе [27].

Статистический анализ. Статистическая обработка данных проводилась в программе Statistica 10 (StatSoft, Inc., США). Для оценки характера распределения данных использован критерий Шапиро–Уилка. Распределение всех количественных данных отлочно от нормального. Качественные показатели представлены в виде частот (*n*, %). Количественные переменные представлены в виде медианы (Me), в качестве мер рассеяния использованы верхний и нижний квартили (25 % (Q1) и 75 % (Q3)). Оценка различий относительных величин проводилась с использованием анализа таблиц сопряженности 2 \times 2. Сравнение трех и более независимых групп проводилось с использованием анализа по Краскелу–Уоллису. Анализ связей между признака-

ми проводился с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей рассчитывалось отношение шансов с 95 % доверительным интервалом (ОШ; 95 % ДИ). Для изучения взаимосвязей между факторами риска использован анализ методом главных компонент (Principal Component Analysis, PCA). Учитывая, что распределение всех количественных показателей отличалось от нормального ($p < 0,05$ по критерию Шапиро–Уилка), PCA проводился на основе матрицы ранговых корреляций Спирмена, что позволяет ослабить влияние ненормальности и выбросов. Перед проведением PCA все переменные были стандартизированы (Z-преобразование: вычитание среднего и деление на стандартное отклонение), чтобы устранить влияние разных единиц измерения. При проведении PCA каждая выделенная компонента представляет собой линейную комбинацию исходных переменных. Факторная нагрузка – это коэффициент корреляции между исходным показателем и компонентой. Чем ближе значение к ± 1 , тем сильнее вклад показателя в компоненту (далее в результатах будет указываться в скобках, знак нагрузки (+ или –) определялся алгоритмом произвольно, поэтому для единообразия нами нагрузки были приведены в том виде, как их выдала программа, а при интерпретации учитывали абсолютную величину). Различия медиан и корреляционные связи считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты

В результате анализа установлено, что тремя наиболее распространенными модифицируемыми факторами сердечно-сосудистого риска среди обследованных стали курение (73,2 %), ДЛП (64,1 %) и наличие АГ (43,5 %). Среди работников угольной промышленности по результатам трех измерений АД с интервалом 1–2 минуты выявлен 91 шахтер с повышенным уровнем АД ($> 139/89$ мм рт. ст.), из них 82 (90,1 %) шахтера с повышением АД, соответствующим 1-й степени АГ, и 9 (9,9 %) – с повышением, соответствующим 2-й степени АГ (согласно классификации АГ, приведенной в разделе «Материалы и методы»). Лиц с АД $\geq 180/100$ мм рт. ст. на момент осмотра в ходе исследования не выявлено.

Медианы концентраций липидного спектра участников исследования были в пределах референсных значений, за исключением ОХС и Апо В, превышавших норму (табл. 1). Из всех

вариантов нарушений липидного обмена преобладала ГХС (61,7 %), у половины работников угольной промышленности выявлены повышенные значения Апо В (50,7 %), чуть более трети лиц с повышенным уровнем ХС ЛПНП (34,5 %), практически идентична частота выявления ГТГ (23,0 %) и пониженного уровня ХС ЛПВП (23,9 %). К наиболее редко встречающимся вариантам ДЛП отнесены низкий уровень ХС ЛПОНП и Апо А, лиц с повышенным уровнем Лп(а) выявлено не было. С учетом того, что понятие референсных значений для изучаемых в данном исследовании церамидов в настоящее время отсутствует, оценка полученных результатов и оценка значимости той или иной концентрации затруднены. Но важно отметить, что наименьшая концентрация определена у Cer d18:1/12:0, максимальная – у Cer d18:1/24:0.

Далее был проведен сравнительный анализ клинико-лабораторных данных с учетом наличия АГ (см. табл. 1). Возраст лиц с АГ был достоверно выше, чем в группе без АГ ($p = 0,012$), что закономерно нашло отражение и в большем стаже работы в подземных условиях у лиц с АГ ($p = 0,005$). Лица с АГ чаще страдали ожирением в сравнении с участниками исследования, не имеющими АГ (36,3 % против 16,1 %, $p < 0,001$). Риск наличия АГ среди шахтеров с ожирением был выше в 3 раза (ОШ 2,96; 95 % ДИ 1,546–5,684; $p < 0,05$), чем у лиц без ожирения. Как ни странно, в ходе данного исследования выявлен так называемый «парадокс курения», по результатам которого отмечена большая распространенность курения среди лиц, не страдающих АГ (80,5 % против 63,7 %). Шанс наличия АГ среди курящих шахтеров был ниже в 2,4 раза по сравнению с некурящими (ОШ = 0,426; 95 % ДИ 0,228–0,795; $p < 0,05$). Лица с АГ показали значимо худший липидный профиль. Достоверно выше были концентрации ОХС ($p = 0,020$), ТГ ($p = 0,010$) и ХС ЛПОНП ($p = 0,010$). Статистически значимых различий по частоте выявления вариантов ДЛП не выявлено. Но все же риск наличия ГХС был выше в 1,6 раза среди лиц с АГ в сравнении с шахтерами, не страдающими гипертонией, хотя данное значение не продемонстрировало статистической значимости (95 % ДИ 0,919 – 2,883; $p > 0,05$). Обратная зависимость выявлена при оценке пониженного уровня ХС ЛПВП, так как риск более низкого уровня ХС ЛПВП был выше в 1,4 раза у лиц без АГ по сравнению с гипертониками (ОШ 0,697; 95 % ДИ 0,360–1,350; $p < 0,05$). Риск более высокого уровня Лп(а) был выше

Таблица 1

Table 1

Клинико-лабораторная характеристика участников исследования с учетом наличия артериальной гипертензии
 Clinical and laboratory characteristics of the research participants with consideration of arterial hypertension presence

Параметр / Parameter	Общая выборка / General sample, n = 209	Группа (1) участников исследования без АГ / No AH research participants group, n = 118	Группа (2) участников исследования с АГ / Group of research participants with AH, n = 91	Значение p между 1 и 2 группами / p-value between groups 1 and 2
1	2	3	4	5
Возраст, лет / Age, years, Me (Q1; Q3)	39,0 (34,0; 45,0)	38,0 (34,0; 43,75)	41,0 (36,0; 46,0)	0,012
Подземный стаж, лет / experience, years, Me (Q1; Q3)	14,0 (10,0; 16,0)	12,0 (10,0; 15,75)	15,0 (12,0; 18,0)	0,005
ИМТ, кг/м ² , Me (Q1; Q3) / BMI, kg/m ² , Me (Q1; Q3)	27,34 (24,76; 29,94)	26,46 (24,26; 28,97)	28,72 (25,98; 31,03)	< 0,001
Ожирение (ИМТ > 30 кг/м ²) / Obesity (BMI > 30 kg/m ²), n (%)	52 (24,9)	19 (16,1)	33 (36,3)	< 0,001
САД, мм рт. ст. / systolic blood pressure, Me (Q1; Q3)	133,0 (128,0; 139,5)	128,5 (122,5; 132,5)	142,0 (137,5; 148,0)	< 0,001
ДАД, мм рт. ст. / diastolic blood pressure, Me (Q1; Q3)	84,0 (80,0; 89,0)	82,0 (79,0; 83,5)	90,0 (86,5; 95,0)	< 0,001
ОХС, ммоль/л / TC, mmol/l, Me (Q1; Q3)	5,24 (4,59; 5,64)	5,15 (4,45; 5,55)	5,38 (4,75; 5,92)	0,020
ХС ЛПВП, ммоль/л / HDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	1,14 (1,01; 1,34)	1,16 (1,00; 1,37)	1,13 (1,06; 1,31)	0,575
ХС ЛПНП, ммоль/л / LDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	2,82 (2,73; 2,92)	2,70 (2,39; 3,21)	2,86 (2,22; 3,35)	0,625
ТГ, ммоль/л / TG, mmol/l, Me (Q1; Q3)	1,12 (0,90; 1,65)	1,03 (0,81; 1,46)	1,26 (1,02; 1,77)	0,010
ХС ЛПОНП, ммоль/л / VLDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	0,51 (0,41; 0,75)	0,47 (0,37; 0,66)	0,57 (0,46; 0,80)	0,010
Апо А, г/л / Apo A, g/l, Me (Q1; Q3)	1,55 (1,39; 1,70)	1,54 (1,40; 1,68)	1,58 (1,37; 1,71)	0,784
Апо В, г/л / Apo B, g/l, Me (Q1; Q3)	1,02 (0,88; 1,21)	1,01 (0,85; 1,18)	1,02 (0,92; 1,27)	0,277
Лп(а), мг/дл / Lp(a), mg/dl, Me (Q1; Q3)	7,98 (5,93; 11,1)	7,87 (5,90; 10,74)	8,07 (6,01; 11,53)	0,512
Глюкоза, ммоль/л / glucose, mmol/l, Me (Q1; Q3)	5,57 (5,29; 5,84)	5,50 (5,19; 5,77)	5,65 (5,42; 6,02)	0,005
ГХС / Hypercholesterolemia, n (%)	129 (61,7)	67 (56,8)	62 (68,1)	0,094
Пониженный уровень ХС ЛПВП / Low HDL level, n (%)	50 (23,9)	32 (27,1)	18 (19,8)	0,283
Повышенный уровень ХС ЛПНП / High LDL level, n (%)	72 (34,5)	39 (33,0)	33 (36,3)	0,474
ГТТ / Hypertriglyceridemia, n (%)	48 (23,0)	24 (20,3)	24 (26,4)	0,228
Повышенный уровень ХС ЛПОНП / High VLDL level, n (%)	37 (17,7)	19 (16,1)	18 (19,8)	0,460
Пониженный уровень Апо А / Low Apo A level, n (%)	11 (5,3)	6 (5,1)	5 (5,5)	1,000
Повышенный уровень Апо В / High Apo B level, n (%)	106 (50,7)	60 (50,8)	46 (50,5)	0,785

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Повышенный уровень Лп(а) / High Lp(a) level, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	–
Гипергликемия / Hyperglycemia, n (%)	41 (19,6)	18 (15,2)	23 (25,3)	0,070
Курение / smoking, n (%)	153 (73,2)	95 (80,5)	58 (63,7)	0,007
Алкоголь / alcohol, n (%)	137 (65,5)	81 (68,6)	56 (61,5)	0,196
Cer d18:1/12:0, ($\times 10^{-4}$)	0,36 (0,00; 0,71)	0,41(0,00; 0,74)	0,35 (0,00; 0,60)	0,610
Cer d18:1/14:0, ($\times 10^{-4}$)	1,15 (0,89; 1,70)	1,14 (0,91; 1,83)	1,18 (0,86; 1,68)	0,794
Cer d18:1/16:0, ($\times 10^{-4}$)	127,94 (107,65; 156,13)	126,90 (111,73; 159,91)	129,52 (97,15; 154,22)	0,464
Cer d18:1/16:1, ($\times 10^{-4}$)	0,69 (0,43; 1,13)	0,68 (0,42; 1,14)	0,73 (0,48; 1,13)	0,664
Cer d18:1/17:0, ($\times 10^{-4}$)	3,24 (2,61; 4,21)	3,14 (2,56; 4,08)	3,37 (2,64; 4,40)	0,751
Cer d18:1/18:0, ($\times 10^{-4}$)	64,66 (50,62; 80,52)	62,13 (51,92; 80,61)	67,74 (50,42; 80,42)	0,695
Cer d18:1/18:1, ($\times 10^{-4}$)	1,51 (1,15; 1,89)	1,51 (1,18; 1,91)	1,49 (1,05; 1,84)	0,541
Cer d18:1/19:0, ($\times 10^{-4}$)	1,68 (1,22; 2,21)	1,68 (1,21; 2,37)	1,68 (1,28; 2,18)	0,885
Cer d18:1/20:0, ($\times 10^{-4}$)	56,74 (47,48; 70,76)	54,62 (46,97; 72,30)	58,12 (47,72; 70,76)	0,823
Cer d18:1/20:1, ($\times 10^{-4}$)	0,81 (0,42; 1,21)	0,76 (0,27; 1,22)	0,82 (0,49; 1,21)	0,985
Cer d18:1/21:0, ($\times 10^{-4}$)	576,22 (11,28; 819,98)	690,11 (12,05; 880,67)	14,06 (10,97; 750,58)	0,022
Cer d18:1/22:0, ($\times 10^{-4}$)	890,74 (801,28; 993,37)	892,21 (796,24; 996,57)	893,71 (808,04; 993,32)	0,989
Cer d18:1/23:0, ($\times 10^{-4}$)	853,97 (776,76; 963,07)	844,33 (779,69; 947,57)	873,41 (772,76; 984,39)	0,315
Cer d18:1/24:0, ($\times 10^{-4}$)	6737,84 (6314,85; 7083,14)	6638,58 (6155,75; 7068,55)	6829,65 (6381,73; 7084,76)	0,098
Cer d18:1/24:1, ($\times 10^{-4}$)	809,83 (701,60; 943,60)	797,59 (692,61; 941,46)	838,63 (737,26; 957,09)	0,406

Примечание. Здесь и далее в табл. 2: АГ – артериальная гипертензия; Апо А – аполипопротеины А; Апо В – аполипопротеины В; ГТГ – гипертриглицеридемия; ГХС – гиперхолестеринемия; ДАД – диастолическое артериальное давление; Лп(а) – липопротеин (а); ОХС – общий холестерин; САД – систолическое артериальное давление; ТГ – триглицериды; ХС ЛПВП – холестерин липопротеинов высокой плотности; ХС ЛПНП – холестерин липопротеинов низкой плотности; ХС ЛПОНП – холестерин липопротеинов очень низкой плотности; Cer – церамиды.

Note. Here and further in Table 2: AH – arterial hypertension; ApoA – apolipoproteins A; ApoB – apolipoproteins B; Lp(a) – lipoprotein (a); TG – total cholesterol; TG – triglycerides; HDL – high-density lipoprotein; LDL – low-density lipoprotein; VLDL – very low-density lipoprotein; Cer – ceramides; SBP – systolic blood pressure; DBP – diastolic blood pressure.

у лиц с АГ (95 % ДИ 0,964–8,927; $p < 0,05$) по сравнению с участниками исследования без АГ.

Сравнительный анализ концентраций церамидов показал достоверно значимое снижение концентрации Cer d18:1/21:0 у лиц с АГ ($p = 0,022$). В остальном данный анализ значимых статистических различий не показал. Однако необходимо отметить, что большие концентрации церамидов Cer d18:1/14:0, Cer d18:1/16:0, Cer d18:1/16:1, Cer d18:1/17:0, Cer d18:1/18:0, Cer d18:1/20:0, Cer d18:1/20:1, Cer d18:1/23:0, Cer d18:1/24:0 определены в группе лиц с АГ, в то время как концентрации Cer d18:1/12:0, Cer d18:1/18:1 среди них были ниже.

После этого участников исследования разделили на группы с учетом степени АГ: без АГ (САД < 139 и ДАД < 89 мм рт. ст.), АГ 1-й степени (САД 140–159 мм рт. ст. и/или ДАД 90–99 мм рт. ст.), АГ 2-й степени (САД 160–179 мм рт. ст. и/или ДАД 100–109 мм рт. ст.) (табл. 2). По результатам анализа выявлено достоверное параллельное увеличение возраста ($p < 0,001$) и стажа ($p = 0,012$) совместно со степенью ожирения, а также нарастание ИМТ по мере увеличения степени АГ ($p < 0,001$). Частота ожирения была выше у лиц с АГ, однако среди них максимальная частота ожирения наблюдалась при первой степени АГ ($p = 0,004$). При оценке частоты вредных привычек выявлен так называемый «парадокс курения», при котором наибольшая часть курящих шахтеров не имела проблем с АД, хотя распространенность курения и была велика во всех исследуемых группах ($p = 0,015$). При оценке лабораторных показателей лица с АГ показали худший профиль. Так, по мере увеличения степени АГ увеличивалась и концентрация глюкозы сыворотки крови ($p = 0,019$). При разборе липидного профиля работников угольной отрасли выявлено достоверное повышение ОХС параллельно со степенью АГ ($p = 0,010$), а также повышение концентраций ТГ и ХС ЛПОНП среди угольщиков-гипертоников, но в данном случае наибольшие концентрации показали пациенты с 1-й степенью АГ (для ТГ $p = 0,034$, для ХС ЛПОНП $p = 0,034$). Среди остальных показателей, характеризующих липидный обмен, достоверных различий установлено не было, но стоит отметить, что среди лиц с 1-й степенью АГ определены наибольшие концентрации ХС ЛПНП ($p = 0,874$) и наименьшие показатели ХС ЛПВП ($p = 0,852$), а пациенты со 2-й степенью отличались максимальными значениями Апо В ($p = 0,460$) и Лп(а) ($p = 0,193$).

При сравнительном анализе концентраций церамидов в зависимости от степени АГ статистически значимых различий не выявлено. Стоит лишь отметить наибольшие концентрации в группе с отсутствием АГ церамида Cer d18:1/12:0, а также наибольшие концентрации Cer d18:1/14:0, Cer d18:1/16:1 и наименьшие Cer d18:1/18:0, Cer d18:1/18:1, Cer d18:1/19:0 среди пациентов с АГ 2-й степени. Также отмечено интересное варьирование концентрации Cer d18:1/21:0 с пиком медианы концентрации у лиц с 2-й степенью ожирения и значительным снижением медианы концентрации у пациентов с 1-й степенью ($p = 0,051$).

При проведении корреляционного анализа между средними значениями САД и ДАД участников исследования, с одной стороны, и концентрациями липидов – с другой, выявлены слабые, но статистически достоверные связи. Связи между САД и параметрами липидома не установлены, но выявлена отрицательная связь САД с Cer d18:1/21:0 ($r = -0,167$, $p = 0,018$). Установлена положительная связь ДАД с ОХС ($r = 0,208$, $p = 0,002$) и Лп(а) ($r = 0,182$, $p = 0,010$). При проведении корреляционного анализа между САД и ДАД с клинико-лабораторными параметрами также отмечены статистически достоверные связи. Так, выявлена положительная связь САД с возрастом ($r = 0,151$, $p = 0,029$), подземным стажем ($r = 0,174$, $p = 0,012$), ИМТ ($r = 0,300$, $p < 0,001$) и уровнем глюкозы сыворотки крови ($r = 0,149$, $p = 0,031$). Для ДАД также выявлены положительные связи с возрастом ($r = 0,202$, $p = 0,003$), подземным стажем ($r = 0,170$, $p = 0,014$), ИМТ ($r = 0,211$, $p = 0,002$) и глюкозой ($r = 0,192$, $p = 0,005$).

Далее проведен анализ связи АГ с различными вариантами нарушения липидного обмена методом главных компонент как в целом у лиц с АГ, с учетом ее степени, а также с учетом возраста участников исследования (≤ 39 лет, $n = 106$ и ≥ 40 лет, $n = 103$) и длительности работы в подземных условиях (≤ 13 лет, $n = 103$ и ≥ 14 лет, $n = 106$).

Так, ДЛП в целом у лиц с АГ, АГ ассоциировано у 28,43 % с ГТГ (0,89) и повышенным уровнем ХС ЛПОНП (0,88), у 22,03 % – с повышенным уровнем ХС ЛПНП (0,87) и повышенным уровнем Апо В (0,85), у 14,8 % – с ГХС (0,77) и повышенным уровнем Лп(а) (0,63).

У лиц с АГ 1-й степени ассоциировано у 27,62 % с ГТГ (0,87) и повышенным уровнем ХС ЛПОНП (0,86), у 21,58 % – с повышенным уровнем ХС ЛПНП (0,88) и повышенным уровнем

Таблица 2
Table 2

Клинико-лабораторная характеристика участников исследования с учетом степени артериальной гипертензии
Clinical and laboratory characteristics of the research participants, taking into account the degree of arterial hypertension

Параметр / Parameter	Группа (1) участников исследования без АГ / No. AH research participants group, n = 118	Группа (2) участников исследования с АГ 1-й степени / Group of research participants with grade 1 AH, n = 82	Группа (3) участников исследования с АГ 2-й степени / Group of research participants with grade 2 AH, n = 9	p
1	2	3	4	5
Возраст, лет / Age, years, Me (Q1; Q3)	38,0 (34,0; 43,75)	40,0 (36,0; 45,0)	51,0 (43,0; 52,0)	$p_1 - p_3 < 0,001$ $p_2 - p_3 = 0,009$
Подземный стаж, лет / Experience, years, Me (Q1; Q3)	12,0 (10,0; 15,75)	15,0 (10,25; 17,75)	16,0 (13,0; 20,0)	$p_1 - p_2 = 0,031$
ИМТ, кг/м ² , Me (Q1; Q3) / BMI, kg/m ² , Me (Q1; Q3)	26,46 (24,26; 28,97)	28,66 (25,86; 31,02)	28,72 (27,17; 35,32)	$p_1 - p_2 < 0,001$ $p_1 - p_3 = 0,011$
Ожирение (ИМТ > 30 кг/м ²) / Obesity (BMI > 30 kg/m ²), n (%)	19 (16,1)	30 (36,6)	3 (33,3)	0,004 $p_1 - p_2 = 0,003$
САД, мм рт. ст. / Systolic blood pressure, Me (Q1; Q3)	128,5 (122,5; 132,5)	140,75 (137,5; 144,5)	159,5 (149,0; 163,0)	$p_1 - p_2 < 0,001$ $p_1 - p_3 < 0,001$ $p_2 - p_3 = 0,047$
ДАД, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, Me (Q1; Q3)	82,0 (79,0; 83,5)	89,25 (85,1; 94,9)	101,5 (100,0; 103,5)	$p_1 - p_2 < 0,001$ $p_1 - p_3 < 0,001$ $p_2 - p_3 = 0,007$
ОХС, ммоль/л / TC, mmol/l, Me (Q1; Q3)	5,15 (4,45; 5,55)	5,36 (4,71; 5,82)	5,89 (5,63; 6,34)	0,010 $p_1 - p_3 = 0,021$
ХС ЛПВП, ммоль/л / HDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	1,16 (1,00; 1,37)	1,12 (1,06; 1,32)	1,18 (1,06; 1,27)	0,852
ХС ЛПНП, ммоль/л / LDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	2,70 (2,39; 3,21)	2,87 (2,22; 3,40)	2,83 (2,33; 3,28)	0,874
ТГ, ммоль/л / TG, mmol/l, Me (Q1; Q3)	1,03 (0,81; 1,46)	1,31 (1,02; 1,77)	1,14 (1,04; 1,48)	0,034 $p_1 - p_2 = 0,031$
ХС ЛПОНП, ммоль/л / VLDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	0,47 (0,37; 0,66)	0,60 (0,46; 0,80)	0,52 (0,47; 0,67)	0,034 $p_1 - p_2 = 0,031$
Апо А, г/л / Apo A, g/l, Me (Q1; Q3)	1,54 (1,40; 1,68)	1,59 (1,37; 1,71)	1,47 (1,39; 1,58)	0,628
Апо В, г/л / Apo B, g/l, Me (Q1; Q3)	1,01 (0,85; 1,18)	1,02 (0,90; 1,31)	1,04 (0,98; 1,20)	0,460
Лп(а), мг / дл / Lp(a), mg/dl, Me (Q1; Q3)	7,87 (5,90; 10,74)	7,90 (5,94; 11,53)	10,57 (8,62; 13,82)	0,193
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l, Me (Q1; Q3)	5,50 (5,19; 5,77)	5,65 (5,39; 5,99)	5,73 (5,51; 6,14)	0,019 $p_1 - p_2 = 0,024$

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
ГХС/Hypercholesterolemia, n (%)	67 (56,8)	54 (65,8)	8 (88,9)	0,099
Пониженный уровень ХС ЛПВП / Low HDL level, n (%)	32 (27,1)	16 (19,5)	2 (22,2)	0,543
Повышенный уровень ХС ЛПНП / High LDL level, n (%)	39 (33,0)	30 (36,6)	3 (33,3)	0,772
ГТТ / Hypertriglyceridemia, n (%)	24 (20,3)	22 (26,8)	2 (22,2)	0,471
Повышенный уровень ХС ЛПОНП / High VLDL level, n (%)	19 (16,1)	16 (19,5)	2 (22,2)	0,751
Пониженный уровень Апо А / Low Apo A level, n (%)	6 (5,1)	4 (4,9)	1 (11,1)	0,675
Повышенный уровень Апо В / High Apo B level, n (%)	60 (50,8)	42 (51,2)	4 (44,4)	0,935
Повышенный уровень Лп(а) / High Lp(a) level, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	–
Гипергликемия / Hyperglycemia, n (%)	18 (15,2)	20 (24,4)	3 (33,3)	0,159
Курение / Smoking, n (%)	95 (80,5)	51 (62,2)	7 (77,8)	$P_1 - P_2 = 0,012$
Алкоголь / Alcohol, n (%)	81 (68,6)	51 (62,2)	5 (55,6)	0,161
Cer dl18:1/12:0, ($\times 10^{-4}$)	0,41 (0,00; 0,74)	0,37 (0,00; 0,64)	0,11 (0,00; 0,26)	0,491
Cer dl18:1/14:0, ($\times 10^{-4}$)	1,14 (0,91; 1,83)	1,16 (0,86; 1,68)	1,44 (1,04; 1,79)	0,784
Cer dl18:1/16:0, ($\times 10^{-4}$)	126,90 (111,73; 159,91)	129,52 (95,84; 150,09)	125,98 (115,11; 171,35)	0,675
Cer dl18:1/16:1, ($\times 10^{-4}$)	0,68 (0,42; 1,14)	0,73 (0,47; 1,11)	0,74 (0,54; 1,53)	0,613
Cer dl18:1/17:0, ($\times 10^{-4}$)	3,14 (2,56; 4,08)	3,40 (2,62; 4,52)	2,71 (2,69; 3,44)	0,524
Cer dl18:1/18:0, ($\times 10^{-4}$)	62,13 (51,92; 80,61)	68,27 (50,54; 85,21)	59,25 (48,05; 70,10)	0,587
Cer dl18:1/18:1, ($\times 10^{-4}$)	1,51 (1,18; 1,91)	1,50 (1,05; 1,84)	1,39 (0,99; 1,54)	0,518
Cer dl18:1/19:0, ($\times 10^{-4}$)	1,68 (1,21; 2,37)	1,68 (1,29; 2,20)	1,38 (1,13; 1,57)	0,207
Cer dl18:1/20:0, ($\times 10^{-4}$)	54,62 (46,97; 72,30)	58,26 (48,82; 71,89)	49,01 (45,49; 60,22)	0,326
Cer dl18:1/20:1, ($\times 10^{-4}$)	0,76 (0,27; 1,22)	0,85 (0,47; 1,23)	0,69 (0,62; 0,76)	0,778
Cer dl18:1/21:0, ($\times 10^{-4}$)	690,11 (12,05; 880,67)	13,97 (11,02; 740,72)	789,74 (9,08; 870,53)	0,051
Cer dl18:1/22:0, ($\times 10^{-4}$)	892,21 (796,24; 996,57)	902,01 (818,61; 996,10)	832,71 (781,17; 907,88)	0,335
Cer dl18:1/23:0, ($\times 10^{-4}$)	844,33 (779,69; 947,57)	875,91 (788,77; 991,53)	802,69 (696,44; 879,93)	0,193
Cer dl18:1/24:0, ($\times 10^{-4}$)	6638,58 (6155,75; 7068,55)	6855,82 (6407,89; 7084,75)	6605,24 (6319,45; 7073,67)	0,241
Cer dl18:1/24:1, ($\times 10^{-4}$)	797,59 (692,61; 941,46)	838,63 (735,21; 966,29)	836,78 (766,24; 881,52)	0,697

Апо В (0,79), у 15,72 % с ГХС (0,69) и повышенным уровнем Лп(а) (0,66). А среди лиц с АГ 2-й степени – у 27,62 % с ГТГ (0,81) и повышенным уровнем ХС ЛПОНП (0,80), у 31,29 % – с ГХС (–0,74) и повышенным уровнем Апо В (–0,75), у 17,09 % – с ГХС (0,56) и пониженным уровнем ХС ЛПВП (0,69).

Учитывая длительность работы в подземных условиях, ДЛП у работников угольной отрасли со стажем ≤ 13 лет АГ в целом ассоциировано у 31,92 % с ГТГ (–0,88) и повышенным уровнем ХС ЛПОНП (–0,85), у 25,40 % – с повышенным уровнем ХС ЛПНП (0,77) и повышенным уровнем Апо В (0,83), у 16,83 % – с ГХС (0,91) и повышенным уровнем Лп(а) (0,87). У лиц со стажем ≤ 13 лет АГ 1-й степени обусловлено у 32,12 % ГТГ (–0,81) и повышенным уровнем ХС ЛПОНП (–0,76), у 22,72 % – повышенным уровнем ХС ЛПНП (–0,74) и повышенным уровнем Апо В (–0,62), у 16,33 % – ГХС (0,89) и повышенным уровнем Лп(а) (0,65). Кластерный анализ методом «полных связей» не выявил кластеры факторов риска ДЛП у шахтеров со стажем работы ≤ 13 и с АГ 2-й степени. В многофакторном анализе группы объединяющих факторов риска связей также не выявлено ввиду малой численности пациентов с АГ 2-й степени в данной когорте.

У работников угольной промышленности со стажем ≥ 14 лет АГ в целом обусловлено у 30,48 % ГТГ (0,94) и повышенным уровнем ХС ЛПОНП (0,94), у 24,21 % – повышенным уровнем ХС ЛПНП (0,84) и повышенным уровнем Апо В (0,89), у 13,93 % – ГХС (0,61) и повышенным уровнем Лп(а) (0,71). У работников угольной промышленности со стажем ≥ 14 лет АГ 1-й степени обусловлено у 29,37 % ГТГ (0,93) и повышенным уровнем ХС ЛПОНП (0,94), у 24,61 % – повышенным уровнем ХС ЛПНП (–0,87) и повышенным уровнем Апо В (–0,79), у 15,07 % – ГХС (0,83) и повышенным уровнем Лп(а) (–0,84). Среди шахтеров со стажем подземных работ ≥ 14 лет АГ 2-й степени обусловлено у 49,63 % ГТГ (–0,89) и повышенным уровнем ХС ЛПОНП (–0,99), у 35,25 % – ГХС (–0,88) и повышенным уровнем Лп(а) (–0,88), у 17,09 % – повышенным уровнем ХС ЛПНП (0,78) и повышенным уровнем Апо В (0,58).

В возрасте ≤ 39 лет у работников угольной отрасли АГ обуславливает у 31,92 % ГТГ (–0,84) и повышенный уровень ХС ЛПОНП (–0,75), у 19,83 % – повышенный уровень ХС ЛПНП (–0,77) и повышенный уровень Апо В (–0,64), у 15,93 % – ГХС (0,95) и повышенный уровень

Лп(а) (0,81). Кластерный анализ методом «полных связей» в зависимости от степени АГ в данной когорте шахтеров не выполнен ввиду отсутствия лиц с 2-й степенью АГ среди группы ≤ 39 лет. У лиц в возрасте ≥ 40 лет АГ обуславливает у 30,49 % ГТГ (0,94) и повышенный уровень ХС ЛПОНП (0,94), у 25,43 % – повышенный уровень ХС ЛПНП (0,84) и повышенный уровень Апо В (0,89), у 14,80 % – ГХС (0,61) и повышенный уровень Лп(а) (0,71). У лиц в возрасте ≥ 40 лет АГ 1-й степени обуславливает у 29,03 % ГТГ (0,95) и повышенный уровень ХС ЛПОНП (0,95), у 25,82 % – повышенный уровень ХС ЛПНП (0,89) и повышенный уровень Апо В (0,87), у 16,23 % – ГХС (0,53) и повышенный уровень Лп(а) (0,82). Среди шахтеров в возрасте ≥ 40 лет АГ 2-й степени обуславливает у 42,21 % ГТГ (0,80) и повышенный уровень ХС ЛПОНП (0,80), у 31,29 % – ГХС (–0,74) и повышенный уровень Апо В (–0,76), у 17,09 % – ГХС (–0,57) и пониженный уровень ХС ЛПВП (–0,69).

Обсуждение

Результаты одноцентрового исследования с вовлечением 209 работников, занятых в угольном секторе, продемонстрировали высокую распространенность ДЛП (64,6 %) и АГ (43,5 %). Наибольшую распространенность имели такие варианты ДЛП, как ГХС (61,7 %), повышенный уровень Апо В (50,7 %) и ХС ЛПНП (34,5 %). Сравнительный анализ ДЛП с учетом наличия АГ продемонстрировал значимо худший профиль у лиц с АГ за счет лиц, имевших повышенные концентрации ОХС, ТГ и ХС ЛПОНП, а также пациентов с ГХС. Также среди работников угольной промышленности достоверно чаще встречались повышенный ИМТ, ожирение, повышение концентрации глюкозы и гипергликемия. Как известно по данным литературы, на протяжении длительного времени сочетание повышенных цифр АД и дисбаланса липидов крови является синергичным процессом, где оба фактора усугубляют развитие эндотелиальной дисфункции, что приводит к развитию атеросклероза, а также повышает риск развития сосудистых событий, в связи с чем контроль данных ФССР должен являться приоритетной задачей в рамках как первичной, так и вторичной профилактики. Снижение уровня системного АД на 10 % на фоне снижения уровня ОХС в плазме крови на 10 % может способствовать 45-процентному

снижению общей величины сердечно-сосудистого риска в популяции [28].

В ходе интервенционного исследования продемонстрировано, что даже легкие и умеренные уровни гипертонии и ДЛП оказывают мультипликативный эффект на риск развития ИБС [29–31]. При АГ ДЛП может усугублять развитие атеросклероза посредством следующих механизмов: во-первых, хронический сдвиг, вызывающий окислительный стресс, окислительно-восстановительный дисбаланс и повышение активности ферментов окисления липидов, что приводит к окислению и интернализации ХС ЛПНП [32, 33]. Во-вторых, повышенное АД усиливает связывание ангиотензина II с рецептором ангиотензина I типа (АТ1), что приводит к увеличению поглощения липидов в стенке сосуда [32, 34]. В-третьих, ДЛП приводит к повышению регуляции рецептора АТ1, усиливая вазоконстрикторный эффект ангиотензина II [35, 36]. В-четвертых, доказано, что ДЛП увеличивает жесткость артерий, предрасполагая к развитию АГ [37, 38]. Наконец, ДЛП, снижая чувствительность барорефлекса, нарушает петлю отрицательной обратной связи и нарушает регуляцию контроля АД [39, 40].

В настоящее время сохраняется высокая актуальность поиска новых биомаркеров для эффективного прогнозирования и стратификации кардиоваскулярного риска из-за нерешенности проблемы высоких показателей смертности и инвалидизации от БСК, поэтому изучение церамидов является перспективным направлением [41]. Церамиды представляют собой основные компоненты сигнальных путей сфинголипидных клеток, а их уровни в плазме доказали свою связь с кардиометаболическими нарушениями [42].

По результатам данного исследования определена достоверно меньшая концентрация Cer d18:1/21:0 у лиц с АГ ($p = 0,022$), что позволяет предположить защитный эффект этого фосфолипида. При сравнительном анализе концентраций других церамидов достоверных различий выявлено не было. По данным литературы, изменения уровня церамидов выявляются при различных патологических процессах, в том числе при воспалении сосудистой стенки и атеросклерозе [43, 44].

По результатам исследования M. Shoghi et al. церамиды и фосфатидилхолин определены как ключевые биомаркеры АГ, а их дисбаланс способствует ее развитию. Так, соотношение церамидов и фосфатидилхолина, в том числе Cer d18:1/18:0, Cer d18:1/24:1, фосфатидилхолин

(16:0/16:0), а также соотношение Cer d18:1/18:0 / d18:1/16:0 постоянно ассоциировалось с распространенностью и новым возникновением гипертонии. Cer d18:1/24:0 также был связан с обоими показателями гипертонии [45].

В исследовании E. Michelucci с участием 123 пациентов, перенесших инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, показано, что существует связь между определенными видами и соотношениями церамидов в индексе CERT1 и количеством факторов риска ССЗ, а также функцией левого желудочка у пациентов с острым инфарктом миокарда. Например, уровень Cer d18:1/16:0 был выше у женщин и пациентов с ДЛП. Он имел прямую и значимую корреляцию с возрастом, натрийуретическим пептидом, скоростью оседания эритроцитов и фибриногеном. Cer d18:1/18:0 также был повышен у женщин и пациентов с ДЛП, его уровень возрастал с увеличением числа факторов риска ССЗ (АГ, ДЛП, СД) [46].

У лиц с перенесенными неблагоприятными ССС в анамнезе наблюдалось повышение концентрации изучаемых церамидов и их соотношений. При этом церамиды Cer d18:1/18:0 имели наибольшую связь с риском развития ССС (ОШ 1,31, 95 % ДИ 1,21–1,41), даже после корректировки на традиционные факторы риска (ОШ 1,21, 95 % ДИ 1,11–1,33) [46]. В другой части исследования A.S. Navulinna et al. с участием 8101 человека продемонстрировано, что Cer d18:1/16:0, Cer d18:1/18:0, Cer d18:1/20:0, Cer d18:1/24:1 и Cer d18:1/24:0 ассоциированы с риском развития серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий [47]. Кроме того, те же самые виды и соотношения церамидов связаны с риском инфаркта миокарда и сердечно-сосудистой смерти у пациентов с ИБС [48]. Результаты исследования S. Angoedh et al. продемонстрировали более сильную связь между церамидами и ССЗ в отношении рецидивирующих сосудистых событий и летальных исходов [23]. В более поздних трудах M. Nilvo et al. показано, что концентрации церамидов в сыворотке крови потенциально могут использоваться в качестве предикторов таких ССЗ, как ИБС, инсульт, сердечная недостаточность и фибрилляция предсердий [24, 49].

Помимо изучения уровней плазменных церамидов в сыворотке крови, перспективным может также служить и определение уровня церамидов в моче. Так, например, в исследовании Y. Morita с участием 420 пациентов с различными патологиями (хронический гломерулонефрит

($n = 126$), СД ($n = 167$), системная красная волчанка ($n = 88$) и АГ ($n = 39$)), были измерены сфинголипиды мочи – Cer d18:1/16:0, d18:1/18:0, d18:1/18:1, d18:1/20:0, d18:1/22:0 и d18:1/24:0. Cer в моче были значительно выше у пациентов с хроническим гломерулонефритом, АГ и системной красной волчанкой по сравнению с участниками контрольной группы ($p < 0,05$) [50].

В настоящем проведенном исследовании показана связь керамидов с ДЛП и АГ у лиц без предшествующих ССЗ, что, вероятно, в совокупности с небольшим размером выборки может затруднять получение достоверной и полной картины, но, с другой стороны, позволяет рассмотреть использование данных биомаркеров для первичной профилактики ССЗ. Результаты данного исследования показывают значительный потенциал для будущих научных исследований и позволят выполнить более глубокий анализ, в том числе и в механизмах формирования изучаемых процессов.

Заключение

АГ и ДЛП являются распространенными ФССР среди лиц, занятых в угледобывающем секторе. ГХС и повышенный уровень АпоВ определены как самые распространенные варианты ДЛП. Наименьшую частоту имели случаи низкого уровня ХС ЛПОНП и АпоА. Случаев повышенного уровня Лп(а) в ходе исследования выявлено не было. Анализ керамидного профиля показал статистически значимое снижение концентрации Cer d18:1/21:0 у лиц с АГ. Наиболее неблагоприятный клинический и липидный профиль наблюдался среди лиц с АГ по сравнению с шахтерами без АГ. Результаты многофакторного анализа также показали влияние АГ на развитие нарушений липидного обмена у работников угольной промышленности.

Список литературы / References

- World Health Organization. Hypertension fact sheet. 2024 [cited 2025 25 September]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>. Accessed 25 Feb 2026
- Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Имаева А.Э., Капустина А.Н., Муромцева Г.А., Евстифеева С.Е. и др. от имени участников исследования ЭССЕ-РФ 2. Распространенность артериальной гипертензии, охват лечения и его эффективность в Российской Федерации (данные наблюдательного исследования ЭССЕ-РФ 2). *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2019; 15 (4): 450–466. doi:10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466 [Balanova Yu.A., Shalnova S.A., Imaeva A.E., Kapustina A.V., Muromtseva G.A., Evstifeeva S.V., Tarasov V.I., Redko A.N., Viktorova I.A., Prishchepa N.N., Yakushin S.S., Boytsov S.A., Drapkina O.M. Prevalence, Awareness, Treatment and Control of Hypertension in Russian Federation (Data of Observational ESSERF-2 Study). *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2019; 15 (4): 450–466. (In Russ) doi: 10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466]
- Бойцов С.А., Драпкина О.М., Шляхто Е.В., Конради А.О., Баланова Ю.А., Жернакова Ю.В. и др. Исследование ЭССЕ-РФ (Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации). Десять лет спустя. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021; 20 (5): 3007. doi:10.15829/1728-8800-2021-3007 [Boytsov S.A., Drapkina O.M., Shlyakhto E.V., Konradi A.O., Balanova Yu.A., Zhernakova Yu.V., Metelskaya V.A., Oshchepkova E.V., Rotar O.P., Shalnova S.A. Epidemiology of Cardiovascular Diseases and their Risk Factors in Regions of Russian Federation (ESSE-RF) study. Ten years later. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2021; 20 (5): 3007. (In Russ.). doi: 10.15829/1728-8800-2021-3007]
- Баланова Ю.А., Драпкина О.М., Куценко В.А., Имаева А.Э., Концевая М.В., Максимов С. А. и др. Артериальная гипертензия в российской популяции в период пандемии COVID 19: гендерные различия в распространенности лечения и его эффективности. Данные исследования ЭССЕ-РФ3. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023; 22 (8S): 3785. doi:10.15829/1728-8800-2023-3785 [Balanova Yu.A., Drapkina O.M., Kutsenko V.A., Imaeva A.E., Kontsevaya A.V., Maksimov S.A. et al. Hypertension in the Russian population during the COVID-19 pandemic: sex differences in prevalence, treatment and its effectiveness. Data from the ESSE-RF3 study. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023; 22 (8S): 3785. (In Russ.). doi: 10.15829/1728-8800-2023-3785. EDN: YRUNUX]
- Williams B., Masi S., Wolf J., Schmieder R.E. Facing the challenge of lowering blood pressure and cholesterol in the same patient: report of a Symposium at the European Society of Hypertension. *Cardiol. Ther.* 2020; 9 (1): 19–34. doi: 10.1007/s40119-019-00159-1
- Yusuf S., Hawken S., Ounpuu S., Dans T., Avezum A., Lanas F., McQueen M., Budaj A., Pais P., Varigos J., Lisheng L. Effect of Potentially Modifiable Risk Factors Associated With Myocardial Infarction in 52 Countries (the INTERHEART Study): Case-Control Study. *The Lancet*. 2004; 364 (9437): 937–952.
- Rosengren A., Hawken S., Ounpuu S., Sliwa K., Zubaid M., Almahmeed W.A., Blackett K.N., Sittithamorn C., Sato H., Yusuf S. Association of Psychosocial Risk Factors With Risk of Acute Myocardial Infarction in 11,119 Cases and 13,648 Controls From 52 Countries (the INTERHEART study): Case-Control Study. *The Lancet*. 2004; 364 (9437): 953–962.
- McEvoy J.W., Whelton Seamus P., Blumenthal R.S. 38–Dyslipidemia. In: Bakris G.L., Sorrentino M.J., editors. Hypertension: a companion to Braunwald's heart disease. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2018. P. 353–360. doi: 10.1016/B978-0-323-42973-3.00038-X

9. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Куценко В.А., Имаева А.Э. и др. Вклад артериальной гипертензии и других факторов риска в выживаемость и смертность в российской популяции. *Кардиоваскуляр. терапия и профилактика*. 2021; 20 (5): 3003. doi: 10.15829/1728-8800-2021-3003 [Balanova Yu.A., Shalnova S.A., Kutsenko V.A., Imayeva A.E. et al. Contribution of hypertension and other risk factors to survival and mortality in the Russian population. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2021; 20 (5): 3003. (In Russ.) doi: 10.15829/1728-8800-2021-3003]
10. Пиктушанская Т.Е., Часовских Е.В., Землякова С.С. Состояние здоровья работников угольной промышленности. *Медицина труда и промышл. экология*. 2023; 63 (6): 359–366. doi: 10.31089/1026-9428-2023-63-6-359-366. EDN: rmmgso [Piktushanskaya T.E., Chasovskikh E.V., Zemlyakova S.S. Health status of coal industry workers. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2023; 63 (6): 359–366. (In Russ.) <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-6-359-366>. EDN: rmmgso]
11. Панев Н.И., Евсеева Н.А., Филимонов С.Н., Коротенко О.Ю., Данилов И.П. Частота встречаемости факторов кардиоваскулярного риска у больных антракосиликозом в сочетании с артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца. *Медицина труда и промышленная экология*. 2022; 62 (7): 444–451. doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-7-444-451 [Panev N.I., Evseeva N.A., Filimonov S.N., Korotenko O.Yu., Danilov I.P. Frequency of occurrence of cardiovascular risk factors in patients with anthracosilicosis in combination with arterial hypertension and coronary heart disease. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2022; 62 (7): 444–451. (In Russ.) doi: 10.31089/1026-9428-2022-62-7-444-451]
12. Fan Y., Huang J.J., Sun C.M., Qiao N., Zhang H.X., Wang H., Tao R., Shen Y.N., Wang T. Prevalence of dyslipidaemia and risk factors in Chinese coal miners: a cross-sectional survey study. *Lipids Health Dis*. 2017 Aug 23; 16 (1): 161. doi: 10.1186/s12944-017-0548-9 PMID: 28835245; PMCID: PMC5569536.
13. Zhao H., Tao H., Fu J., Hou W., Hu C., Liu Y., Ding X., Hu D., Dai Y. Cross-sectional analysis of dyslipidemia risk in coal mine workers: from epidemiology to animal models. *Sci. Rep.* 2024 Nov 6; 14 (1): 26894. doi: 10.1038/s41598-024-74718-5 PMID: 39505893; PMCID: PMC11542065.
14. Zhao H., Tao H., Gao J., Wang J., Hui G., Zhu Y., Wang J., Ding X., Dai Y. IL-6 Affects Liver Metabolic Abnormalities Caused by Silicon Exposure by Regulating the PKC/YY1 Signaling Pathway. *Genes (Basel)*. 2025 Apr 16; 16 (4): 456. doi: 10.3390/genes16040456 PMID: 40282416; PMCID: PMC12026785.
15. Yang Y., Zheng Z., Chen Y., Wang X., Wang H., Si Z., Meng R., Wu J. A case control study on the relationship between occupational stress and genetic polymorphism and dyslipidemia in coal miners. *Sci Rep.* 2023 Feb 9; 13 (1): 2321. doi: 10.1038/s41598-023-29491-2 PMID: 36759651; PMCID: PMC9911731.
16. Meeusen J.W., Donato L.J., Kopecky S.L., Vasile V.C., Jaffe A.S., Laaksonen R. Ceramides improve atherosclerotic cardiovascular disease risk assessment beyond standard risk factors. *Clin. Chim. Acta*. 2020 Dec; 511: 138–142. doi: 10.1016/j.cca.2020.10.005 Epub 2020 Oct 12. PMID: 33058843.
17. Choi R.H., Tatum S.M., Symons J.D., Summers S.A., Holland W.L. Ceramides and other sphingolipids as drivers of cardiovascular disease. *Nat. Rev. Cardiol.* 2021 Oct; 18 (10): 701–711. doi: 10.1038/s41569-021-00536-1 Epub 2021 Mar 26. PMID: 33772258; PMCID: PMC8978615.
18. Mantovani A., Dugo C. Ceramides and risk of major adverse cardiovascular events: A meta-analysis of longitudinal studies. *J. Clin. Lipidol.* 2020; 14 (2): 176–185. doi: 10.1016/j.jacl.2020.01.005
19. Ji R., Akashi H., Drosatos K., Liao X., Jiang H., Kennel P.J., Brunjes D.L., Castillero E., Zhang X., Deng L.Y., et al. Increased de novo ceramide synthesis and accumulation in failing myocardium. *JCI Insight*. 2017; 2: e82922. doi: 10.1172/jci.insight.82922
20. Zhang Q.J., Holland W.L., Wilson L., Tanner J.M., Kearns D., Cahoon J.M., Pettey D., Losee J., Duncan B., Gale D., et al. Ceramide mediates vascular dysfunction in diet-induced obesity by PP2A-mediated dephosphorylation of the eNOS-Akt complex. *Diabetes*. 2012; 61: 1848–1859. doi: 10.2337/db12-0329
21. Bharath L.P., Ruan T., Li Y., Ravindran A., Wan X., Nhan J.K., Walker M.L., Deeter L., Goodrich R., Johnson E., et al. Ceramide-Initiated Protein Phosphatase 2A Activation Contributes to Arterial Dysfunction In Vivo. *Diabetes*. 2015; 64: 3914–3926. doi: 10.2337/db15-0244
22. Lemaitre R.N., Yu C., Hoofnagle A., Hari N., Jensen P.N., Fretts A.M., Umans J.G., Howard B.V., Sitlani C.M., Siscovick D.S., et al. Circulating Sphingolipids, Insulin, HOMA-IR, and HOMA-B: The Strong Heart Family Study. *Diabetes*. 2018; 67: 1663–1672. doi: 10.2337/db17-1449
23. Anroedh S., Hilvo M., Akkerhuis K.M., Kauhanen D., Koistinen K., Oemrawsingh R., Serruys P., van Geuns R.J., Boersma E., Laaksonen R., et al. Plasma concentrations of molecular lipid species predict long-term clinical outcome in coronary artery disease patients. *J. Lipid Res.* 2018; 59: 1729–1737. doi: 10.1194/jlr.P081281
24. Hilvo M., Vasile V.C., Donato L.J., Hurme R., Laaksonen R. Ceramides and Ceramide Scores: Clinical Applications for Cardiometabolic Risk Stratification. *Front. Endocrinol.* 2020; 11: 570628. doi: 10.3389/fendo.2020.570628
25. Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В., Шляхто Е.В., Арутюнов Г.П., Баранова Е.И., Барбараш О.Л. и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024. *Рос. кардиол. журн.* 2024; 29 (9): 6117. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6117 EDN: GUEWLU [Kobalava Zh.D., Konradi A.O., Nedogoda S.V., Shlyakhto E.V., Arutyunov G.P., Baranova E.I., Barbarash O.L. et al. Clinical practice guidelines for Hypertension in adults. *Russian Journal of Cardiology*. 2024; 29 (9): 6117. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6117> EDN: GUEWLU.]
26. Ежов М.В., Кухарчук В.В., Сергиенко И.В., Алиева А.С. и др. Нарушения липидного обмена. Клинические рекомендации 2023. *Рос. кардиол. журн.* 2023; 28 (5): 5471. doi: 10.15829/1560-4071-2023-5471 [Ezhov M.V.,

- Kukharchuk V.V., Sergienko I.V., Alieva A.S. et al. Disorders of lipid metabolism. Clinical Guidelines 2023. *Russian Journal of Cardiology*. 2023; 28 (5): 5471. (In Russ.) doi: 10.15829/1560-4071-2023-5471]
27. Цыганкова Д.П., Баздырев Е.Д., Центер И.М., Нахратова О.В., Груздева О.В., Артамонова Г.В. Связь плазменного церамидного комплекса с основными факторами сердечно-сосудистого риска у работников угольной отрасли. *Атеросклероз*. 2024; 20 (4): 371–384. doi: 10.52727/2078-256X-2024-20-4-371-384 [Tsygankova D.P., Bazdyrev E.D., Tsender I.M., Nakhratova O.V., Gruzdeva O.V., Artamonova G.V. The association between plasma ceramides and the main cardiovascular risk factors in coal mining industry workers. *Atherosclerоз*. 2024; 20 (4): 371–384. (In Russ.) doi: 10.52727/2078-256X-2024-20-4-371-384]
 28. Emberson J., Whincup P., Morris R., Walker M., Ebrahim S. Evaluating the impact of population and high-risk strategies for the primary prevention of cardiovascular disease. *Eur. Heart J*. 2004; 25 (6): 484–491.
 29. Borghi C. Interactions between hypercholesterolemia and hypertension: implications for therapy. *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens*. 2002; 11 (5): 489–496. doi: 10.1097/00041552-200209000-00003
 30. Multiple Risk Factor Intervention Trial Research Group. Multiple Risk Factor Intervention Trial. Risk factor changes and mortality results. *JAMA*. 1997; 277 (7): 582–594. doi: 10.1001/jama.1997.03540310080040
 31. Neaton J.D., Wentworth D. Serum cholesterol, blood pressure, cigarette smoking, and death from coronary heart disease. Overall findings and differences by age for 316,099 white men. Multiple Risk Factor Intervention Trial Research Group. *Arch. Intern. Med*. 1992; 152 (1): 56–64. doi: 10.1001/archinte.1992.00400130082009
 32. Dalal J.J., Padmanabhan T.N., Jain P., Patil S., Vasawala H., Gulati A. LIPITENSION: interplay between dyslipidemia and hypertension. *Indian J. Endocrinol. Metab*. 2012; 16 (2): 240–245. doi: 10.4103/2230-8210.93742
 33. Kaplan M., Aviram M. Oxidized low density lipoprotein: atherogenic and proinflammatory characteristics during macrophage foam cell formation. An inhibitory role for nutritional antioxidants and serum paraoxonase. *Clin. Chem. Lab. Med*. 1999; 37 (8): 777–787. doi: 10.1515/CCLM.1999.118
 34. Ross R. Atherosclerosis – an inflammatory disease. *N. Engl. J. Med*. 1999; 340 (2): 115–126. doi: 10.1056/NEJM199901143400207
 35. Förstermann U., Xia N., Li H. Roles of vascular oxidative stress and nitric oxide in the pathogenesis of atherosclerosis. *Circ. Res*. 2017; 120 (4): 713–735. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.116.309326
 36. Nickenig G., Bäumer A.T., Temur Y., Kebben D., Jockenhövel F., Böhm M. Statin-sensitive dysregulated AT1 receptor function and density in hypercholesterolemic men. *Circulation*. 1999; 100 (21): 2131–2134. doi: 10.1161/01.cir.100.21.2131
 37. Otsuka T., Takada H., Nishiyama Y., Kodani E., Saiki Y., Kato K., Kawada T. Dyslipidemia and the risk of developing hypertension in a working-age male population. *J. Am. Heart Assoc*. 2016; 5 (3): e003053. doi: 10.1161/JAHA.115.003053
 38. Wilkinson I.B., Prasad K., Hall I.R., Thomas A., MacCallum H., Webb D.J., Frenneaux M.P., Cockcroft J.R. Increased central pulse pressure and augmentation index in subjects with hypercholesterolemia. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2002; 39 (6): 1005–1011. doi.org/10.1016/s0735-1097(02)01723-0
 39. Piccirillo G., di Giuseppe V., Nocco M., Lionetti M., Moisè A., Naso C., Tallarico D., Marigliano V., Cacciafesta M. Influence of aging and other cardiovascular risk factors on baroreflex sensitivity. *J. Am. Geriatr. Soc*. 2001; 49 (8): 1059–1065. doi: 10.1046/j.1532-5415.2001.49209.x
 40. Li Z., Mao H.Z., Abboud F.M., Chappleau M.W. Oxygen-derived free radicals contribute to baroreceptor dysfunction in atherosclerotic rabbits. *Circ. Res*. 1996; 79 (4): 802–811. doi: 10.1161/01.res.79.4.802
 41. Белик Е.В., Дылева Ю.А., Груздева О.В. Церамиды: взаимосвязь с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний. *Сиб. журн. клин. и эксперим. медицины*. 2023; 38 (1): 28–36. doi: 10.29001/2073-8552-2023-38-1-28-36 [Belik E.V., Dyleva Yu.A., Gruzdeva O.V. Ceramides: correlation with cardiovascular risk factors. *Siberian J. Clin. and Exp. Med*. 2023; 38 (1): 28–36. (In Russ.) doi: 10.29001/2073-8552-2023-38-1-28-36]
 42. Vasile V.C., Meeusen J.W., Medina Inojosa J.R., Donato L.J., Scott C.G., Hyun M.S., Vinciguerra M., Rodeheffer R.R., Lopez-Jimenez F., Jaffe A.S. Ceramide Scores Predict Cardiovascular Risk in the Community. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol*. 2021; 41 (4): 1558–1569. doi: 10.1161/ATVBAHA.120.315530
 43. Chaurasia B., Summers S.A. Ceramides-Lipotoxic inducers of metabolic disorders. *Trends Endocrinol. Metab*. 2015; 26: 538–550. doi: 10.1016/j.tem.2015.07.006
 44. Poss A.M., Summers S.A. Too much of a good thing? An evolutionary theory to explain the role of ceramides in nafl d. *Front. Endocrinol*. 2020; 11: 505. doi: 10.3389/fendo.2020.00505
 45. Shoghli M., Lokki A.I., Lääperi M., Sinisalo J., Lokki M.-L., Hilvo M., Jylhä A., Tuomilehto J., Laaksonen R. The Novel Ceramide- and Phosphatidylcholine-Based Risk Score for the Prediction of New-Onset of Hypertension. *J. Clin. Med*. 2023; 12 (24): 7524. doi: 10.3390/jcm12247524
 46. Michelucci E., Rocchiccioli S., Gaggini M., Ndreu R., Berti S., Vassalle C. Ceramides and Cardiovascular Risk Factors, Inflammatory Parameters and Left Ventricular Function in AMI Patients. *Biomedicines*. 2022; 10 (2): 429. doi.org/10.3390/biomedicines10020429
 47. Havulinna A.S., Sysi-Aho M., Hilvo M., Kauhanen D., Hurme R., Ekroos K. et al. Circulating ceramides predict cardiovascular outcomes in the population-based FINRISK 2002 Cohort. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol*. 2016; 36 (12): 2424–2430. doi: 10.1161/ATVBAHA.116.307497
 48. Laaksonen R., Ekroos K., Sysi-Aho M., Hilvo M., Vihervara T., Kauhanen D., Suoniemi M., Hurme R., März W., Schrnagl H., Stojakovic T., Vlachopoulou E., Lokki M.L., Nieminen M.S., Klingenberg R., Matter C.M., Hornemann T., Jüni P., Rodondi N., Räber L., Windecker S., Gencer B., Pedersen E.R., Tell G.S., Nygård O., Mach F., Sinisalo J., Lüscher T.F. Plasma ceramides predict cardiovascular

- death in patients with stable coronary artery disease and acute coronary syndromes beyond LDL-cholesterol. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (25): 1967–1976. doi: 10.1093/eurheartj/ehw148
49. Hilvo M., Meikle P.J., Pedersen E.R., Tell G.S., Dhar I., Brenner H., Schöttker B., Lääperi M., Kauhanen D., Koistinen K.M., Jylhä A., Huynh K., Mellett N.A., Tonkin A.M., Sullivan D.R., Simes J., Nestel P., Koenig W., Rothenbacher D., Nygård O., Laaksonen R. Development and validation of a ceramide- and phospholipid-based cardiovascular risk estimation score for coronary artery disease patients. *Eur. Heart J.* 2020; 41 (3): 371–380. doi: 10.1093/eurheartj/ehz387
50. Morita Y., Sakai E., Isago H., Ono Y., Yatomi Y., Kurano M. Alterations in urinary ceramides, sphingoid bases, and their phosphates among patients with kidney disease. *Front. Nephrol.* 4:1343181. doi: 10.3389/fneph.2024.1343181

Сведения об авторах:

Иосиф Маркович Центер, лаборант-исследователь лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях, Кемерово, Россия, ORCID: 0000-0002-9048-8294, e-mail: tsenter1998@mail.ru

Евгений Дмитриевич Баздырев, д-р мед. наук, зав. лабораторией эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово, Россия, ORCID: 0000-0002-3023-6239, e-mail: edb624@mail.ru

Дарья Павловна Цыганкова, д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях, Кемерово, Россия, ORCID: 0000-0001-6136-0518, e-mail: darjapavlovna2014@mail.ru

Ольга Владимировна Нахратова, младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях, Кемерово, Россия, ORCID: 0000-0002-2778-6926, e-mail: nahratovao.v@yandex.ru

Ольга Викторовна Груздева, д-р мед. наук, проф. РАН, зав. лабораторией исследований гомеостаза отдела экспериментальной медицины, Кемерово, Россия, ORCID: 0000-0002-7780-829X, e-mail: o_gruzdeva@mail.ru

Евгений Евгеньевич Садовников, аспирант кафедры эпидемиологии, инфекционных болезней и дерматовенерологии, Кемерово, Россия, ORCID: 0000-0002-4335-0962, evsadvov1@gmail.com

Галина Владимировна Артамонова, д-р мед. наук, проф., зам. директора по научной работе, зав. отделом оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях, Кемерово, Россия, ORCID: 0000-0003-2279-3307, e-mail: agv_med@mail.ru

Information about the authors:

Iosif M. Tsenter, research assistant at the laboratory of epidemiology of cardiovascular diseases, department of medical care optimization, Kemerovo, Russia, ORCID: 0000-0002-9048-8294, e-mail: tsenter1998@mail.ru

Evgeny D. Bazdyrev, doctor of medical sciences, head of the laboratory of epidemiology of cardiovascular diseases, department of optimization of medical care for cardiovascular diseases, Kemerovo, Russia, ORCID: 0000-0002-3023-6239, e-mail: edb624@mail.ru

Daria P. Tsygankova, doctor of medical sciences, leading researcher at the laboratory of epidemiology of cardiovascular diseases, department of optimization of medical care, Kemerovo, Russia, ORCID: 0000-0001-6136-0518, e-mail: darjapavlovna2014@mail.ru

Olga V. Nakhratova, junior research fellow at the laboratory of epidemiology of cardiovascular diseases, department of medical care optimization, Kemerovo, Russia, ORCID: 0000-0002-2778-6926, e-mail: nahratovao.v@yandex.ru

Olga V. Gruzdeva, doctor of medical sciences, professor of the Russian academy of sciences, head of the laboratory of homeostasis research at the department of experimental medicine, Kemerovo, Russia, ORCID: 0000-0002-7780-829X, e-mail: o_gruzdeva@mail.ru

Evgeny E. Sadovnikov, postgraduate student of the department of epidemiology, infectious diseases and dermatovenerology, Kemerovo, Russia, ORCID: 0000-0002-4335-0962, evsadvov1@gmail.com

Galina V. Artamonova, doctor of medical sciences, professor, deputy director for science, head of the department of optimization of medical care for cardiovascular diseases, Kemerovo, Russia, ORCID: 0000-0003-2279-3307, e-mail: agv_med@mail.ru

Статья поступила 15.04.2026
После доработки 22.05.2026
Принята к печати 05.06.2026

Received 15.04.2026
Revision received 22.05.2026
Accepted 05.06.2026

