

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ
КАРДИОЛОГИЯ

УДК [616.1-06:616-008.9]:622-051

<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2026-11-3-40-55>

НАРУШЕНИЯ ЛИПИДОМНОГО ПРОФИЛЯ У ЛИЦ С ОЖИРЕНИЕМ, РАБОТАЮЩИХ В УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ЦЕНТЕР И. М.^{1,2}, БАЗДЫРЕВ Е. Д.^{1,2}, ЦЫГАНКОВА Д. П.^{1,2}, НАХРАТОВА О. В.¹,
ГРУЗДЕВА О. В.^{1,2}, САДОВНИКОВ Е. Е.^{1,2}, БАБЕНКОВА А. М.³, АРТАМОНОВА Г. В.¹¹Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний,
б-р имени академика Л. С. Барбараша, стр. 6, г. Кемерово, 650002, Россия²Кемеровский государственный медицинский университет, ул. Ворошилова, д. 22А, г. Кемерово, 650056, Россия³Клинический Медицинский Центр «Энергетик», ул. Кузбасская, 37, г. Кемерово, 650000, Россия

Основные положения

У шахтеров с ожирением дислипидемия встречается чаще и носит более выраженный атерогенный характер, чем у лиц без ожирения. Стандартная липидограмма не полностью отражает метаболические нарушения: расширенная панель с оценкой аполипопротеинов и церамидов выявляет дополнительные отклонения. Ожирение у горняков ассоциировано не только с возрастом, но и со стажем подземной работы. Таким образом, угледобывающая профессия утяжеляет кардиометаболический риск у лиц с ожирением, что требует углубленного липидного скрининга.

Резюме

Цель. Оценить нарушения липидного профиля у лиц с ожирением, работающих в угледобывающей промышленности. **Материалы и методы.** Проведено обследование 209 шахтеров-мужчин, распределенных по группам согласно наличию и степени ожирения. Исследовались ключевые факторы сердечно-сосудистого риска (ФССР), среди которых нарушение липидного обмена и церамидный профиль. Под дислипидемией (ДЛП) понимаются состояния, при которых концентрация липидов и липопротеидов крови выходит за пределы референсных значений. Ожирение оценено по индексу массы тела (ИМТ). Для изучения особенностей церамидного метаболизма проведено сравнение уровней 15 церамидов (Cer d18:1) с разной длиной углеродной цепи жирнокислотного фрагмента. **Результаты.** Распространенность ожирения составила 24,9 % и была представлена I (80,8 %) и II (19,2 %) степенью. ДЛП верифицирована у 64,1 %. Лица с ожирением продемонстрировали значимо неблагоприятный клинический профиль, имея статистически больший уровень систолического и диастолического артериального давления ($p = 0,002$), большую концентрацию глюкозы крови ($p < 0,001$), большую частоту артериальной гипертензии (63,5 % против 36,9 %, $p < 0,001$) и гипергликемии (32,7 % против 15,3 %, $p = 0,006$), а также статистически значимые отклонения липидного спектра за счет больших концентраций общего холестерина (ОХС) ($p = 0,002$), триглицеридов (ТГ) ($p = 0,041$), уровня холестерина липопротеидов очень низкой плотности (ХС-ЛОНП) ($p = 0,041$), большей доли лиц с гиперхолестеринемией (ГХС) ($p = 0,023$) и повышенного уровня аполипопротеинов В (АпоВ) ($p = 0,014$). Остальные показатели также демонстрировали неблагоприятный профиль у лиц с ожирением при оценке концентраций липидов и частоты ДЛП, хотя различия не достигли статистической значимости. Сравнительный анализ концентраций церамидов показал достоверно значимое снижение концентрации Cer d18:1/17:0 у лиц с ожирением ($p = 0,043$). Корреляционный анализ выявил связь ИМТ с уровнем ОХС, АпоВ, ТГ, ХС-ЛОНП, липопротеида (а) и холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛВП). Анализ методом главных компонент подтвердил ассоциацию ожирения не только с учетом возраста, но и длительностью работы в профессии респондентов с различными вариантами ДЛП. **Заключение.** Ожирение и ДЛП являются распространенными ФССР у шахтеров. ГХС и повышенный уровень АпоВ являются самыми частыми вариантами ДЛП. Выявлено статистически значимое снижение концентрации Cer d18:1/17:0 у лиц с ожирением. Наиболее неблагоприятный клинический и липидный профиль наблюдался среди лиц с ожирением по сравнению с респондентами без ожирения. Результаты анализа методом главных компонент продемонстрировали связь ожирения с нарушением липидного обмена у работников угольной промышленности с учетом не только возраста респондентов, но и стажа работы в профессии.

Ключевые слова: ожирение, дислипидемия, нарушение липидного обмена, церамиды, болезни системы кровообращения, угольная отрасль, шахтеры

Корреспонденцию адресовать:

Центер Иосиф Маркович, 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Ворошилова, 22А,

E-mail: tsenter1998@mail.ru

© Центер И. М. и др.

Соответствие принципам этики. Исследование выполнено при одобрении этического комитета НИИ КПСС (протокол № 8 от 10.10.2022)**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта

интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования:

Центер И. М., Баздырев Е. Д., Цыганкова Д. П., Нахратова О. В., Груздева О. В., Садовников Е. Е., Бабенкова А. М., Артамонова Г. В. Нарушения липидного профиля у лиц с ожирением, работающих в угледобывающей промышленности. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2026;11(3):40-55. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2026-11-3-40-55>

Поступила:

07.03.2026

Поступила после доработки:

07.06.2026

Принята в печать:

31.08.2026

Дата печати:

30.09.2026

Сокращения

АГ – артериальная гипертензия

Апо А – аполипопротеины А

Апо В – аполипопротеины В

БСК – болезни системы кровообращения

ГТГ – гипертриглицеридемия

ГХС – гиперхолестеринемия

ДАД – диастолическое артериальное давление

ДЛП – дислипидемия

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИМТ – индекс массы тела

Лп(а) – липопротеин (а)

РФ – Российская Федерация

САД – систолическое артериальное давление

СД – сахарный диабет

ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания

ТГ – триглицериды

ФССР – факторы сердечно-сосудистого риска

ХС, ОХС – общий холестерин

ХС-ЛВП – липопротеиды высокой плотности

ХС-ЛНП – липопротеиды низкой плотности

ХС-ЛОНП – липопротеиды очень низкой

плотности

Cer – церамиды

ORIGINAL RESEARCH
CARDIOLOGYLIPID PROFILE DISORDERS IN OBESE INDIVIDUALS
WORKING IN THE COAL MINING INDUSTRYIOSIF M. TSENER^{1,2}, EVGENY D. BAZDYREV^{1,2}, DARIA P. TSYGANKOVA^{1,2}, OLGA V. NAHRATOVA¹, OLGA V. GRUZDEVA^{1,2},
EVGENY E. SADOVNIKOV^{1,2}, ANASTASIYA M. BABENKOVA³, GALINA V. ARTAMONOVA¹¹Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Barbarash Boulevard, 6, Kemerovo, 650002, Russia²Kemerovo State Medical University, Voroshilova Street, 22A, Kemerovo, 650056, Russia³Clinical Medical Center «Energetik», Kuzbasskaya Street, 37, Kemerovo, 650000, Russia

HIGHLIGHTS

In miners with obesity, dyslipidemia occurs more frequently and has a more pronounced atherogenic pattern than in individuals without obesity. The standard lipid profile does not fully reflect metabolic disturbances: an extended panel including apolipoproteins and ceramides reveals additional abnormalities. Obesity in miners is associated not only with age but also with the duration of underground work. Thus, the coal mining profession aggravates cardiometabolic risk in obese individuals, necessitating advanced lipid screening.

Abstract

Aim. To assess lipid profile disorders in obese individuals working in the coal mining industry. **Materials and methods.** A study was conducted involving 209 male miners, divided into groups based on the presence and severity of obesity. Key cardiovascular risk factors (CVRF) were studied, including lipid metabolism disorders and ceramide profile. Dyslipidemia (DLP) refers to conditions in which the concentration of blood lipids and lipoproteins is higher or lower than reference values. Obesity was assessed using the body mass index (BMI). To study the features of ceramide metabolism, the levels of 15 ceramides (Cer d18:1) with different carbon chain lengths of the fatty acid fragment were compared. **Results.** The prevalence of obesity was 24.9 % and was represented by grade I (80.8 %) and grade II (19.2 %). DLP was verified in 64.1%. Individuals with obesity demonstrated a significantly unfavorable clinical profile, having a statistically higher level of systolic and diastolic blood pressure ($p = 0.002$), higher blood glucose concentration ($p < 0.001$), higher incidence of arterial hypertension (63.5 % vs. 36.9 %, $p < 0.001$) and hyperglycemia (32.7 % vs. 15.3 %, $p = 0.006$), as well as statistically significant deviations in the lipid spectrum due to higher concentrations of total cholesterol (TC) ($p = 0.002$), triglycerides (TG) ($p = 0.041$), very low-density lipoprotein cholesterol (VLDL-C) level ($p = 0.041$), a higher proportion

of individuals with hypercholesterolemia (HC) ($p = 0.023$) and elevated levels of apolipoprotein B (ApoB) ($p = 0.014$). Other indicators also showed an unfavorable profile in individuals with obesity when assessing lipid concentrations and the incidence of DLP, although the differences did not reach statistical significance. Comparative analysis of ceramide concentrations showed a significantly lower concentration of Cer d18:1/17:0 in individuals with obesity ($p = 0.043$). Correlation analysis revealed an association between BMI and the level of TC, ApoB, TG, VLDL-C, lipoprotein (a) and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C). Principal component analysis confirmed the association of obesity not only with age, but also with the duration of work in the profession of respondents with various variants of DLP. **Conclusion.** Obesity and DLP are common CVRF among miners. HC and elevated ApoB levels are the most common variants of DLP. A statistically significant decrease in the concentration of Cer d18:1/17:0 was found in individuals with obesity. The most unfavorable clinical and lipid profile was observed among individuals with obesity compared to respondents without obesity. The results of the principal component analysis demonstrated the association of obesity with lipid metabolism disorders in coal industry workers, taking into account not only the age of the respondents, but also the length of service in the profession.

Keywords: obesity, dyslipidemia, lipid metabolism disorders, ceramides, circulatory system diseases, coal industry, miners

Corresponding author:

Iosif M. Tsenter, Voroshilova Street, 22A, Kemerovo, 650056, Russia,
E-mail: tsenter1998@mail.ru

© Iosif M. Tsenter, et al.

Ethics Statement. The study was endorsed by the Local Ethical Committee of Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (protocol #8/2022, 10th of September, 2022).

Conflict of Interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

For citation:

Iosif M. Tsenter, Evgeny D. Bazdyrev, Daria P. Tsygankova, Olga V. Nahratova, Olga V. Gruzdeva, Evgeny E. Sadovnikov, Anastasiya M. Babenkova, Galina V. Artamonova. Lipid profile disorders in obese individuals working in the coal mining industry. *Fundamental and Clinical Medicine*. 2026;11(3):40-55. (In Russ.) <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2026-11-3-40-55>

Received:

07.03.2026

Received in revised form:

07.06.2026

Accepted:

31.08.2026

Published:

30.09.2026

Введение

Работа на угледобывающих предприятиях, особенно в подземных условиях, ассоциирована с высоким риском развития не только профессиональной патологии, но и большинства хронических неинфекционных заболеваний. В угледобывающей промышленности достаточно много факторов, связанных с более высокими значениями индекса массы тела (ИМТ), по сравнению с другими отраслями. В данном секторе экономики преобладающим большинством являются лица мужского пола. Согласно современным публикациям, ожирение чаще наблюдается именно у мужчин [1]. Работа в горнодобывающей промышленности часто предполагает сменный график, который был определен как фактор риска избыточного веса [2]. Также стоит учитывать результаты исследований, которые демонстрируют, что работа в горнодобывающей промышленности часто связана с проживанием в небольших и отдаленных регионах, где уровень ожирения выше, чем в мегаполисах [1].

По данным Кемеровского областного центра профессиональной патологии, за 2021 год у работников угольных предприятий было диагностировано 15 645 заболеваний системы кровообращения, из них: в 30,9 % случаев был установлен диагноз – эссенциальная первичная гипертензия, в 36,8 % – нарушение обмена липидов и другие липидемии, в 27,9 % – ожирение [3].

По данным Мохначук И. И. и коллег, при анализе смертности на рабочем месте на предприятиях, занятых добычей угля в Российской Федерации (РФ), около 95 % случаев острых заболеваний были обусловлены ССЗ. На 5–6 таких случаев, требующих экстренной медицинской помощи, приходился 1 летальный исход на рабочем месте, в то время как на 7–8 случаев производственных травм приходился 1 летальный исход [4].

Еще в 2004 г. по результатам масштабного международного исследования INTERHEART, в которое были включены более 29 тыс. человек из 52 стран мира, выделены 9 основных факторов, оказывающих влияние на развитие болезней системы кровообращения (БСК), в том числе дислипидемия и ожирение, повышающие вероятность развития инфаркта миокарда в 3,25 и 1,62 раза соответственно [5, 6].

Согласно актуальным клиническим рекомендациям, дислипидемия (ДЛП) – состояние, при

котором концентрации липидов и липопротеидов крови выходят за пределы нормы. Гиперхолестеринемия (ГХС) является наиболее распространенной формой ДЛП и связана с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), а по результатам исследования АЙС-БЕРГ, проведенного в 142 населенных пунктах из 8 федеральных округов РФ (Центральный, Северо-Западный, Южный, Уральский, Сибирский, Приволжский и Дальневосточный, Северо-Кавказский) и включившего в себя 18 489 пациентов, частота ГХС превышала 80 % независимо от федерального округа [7].

Согласно недавним популяционным данным о распространенности ДЛП в РФ (анализ исследования ЭССЕ-РФ-3), ГХС выявлена у 58,8 % респондентов (женщины – 63,6 %, у мужчин – 52,9 %), высокий уровень холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛНП) – у 68,0 % респондентов (женщины – 70,0 %, мужчины – 65,6 %), низкий уровень холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛВП) – у 9,6 % респондентов (женщины – 10,40 %, мужчины – 8,6 %), гипертриглицеридемия (ГТГ) – у 32,2 % респондентов (женщины – 28,0 %, мужчины – 37,3 %). При этом средние концентрации общего холестерина (ОХС), ХС-ЛНП и ХС-ЛВП у мужчин были несколько ниже, по сравнению с женщинами, тогда как уровень ТГ, напротив, более низким был у женщин [8].

К новому перспективному направлению липидомии относится исследование плазменного церамидного комплекса. Церамиды — это класс биоактивных липидов семейства сфинголипидов, молекулярная структура которых состоит из сфингоидного основания, связанного с остатками высших жирных кислот через амидную связь. В течение последних лет многочисленные исследования показали, что церамиды и другие сфинголипиды выступают в качестве центральных регуляторов клеточных ответов на внеклеточные стимулы и стресс. При воздействии таких стрессовых агентов, как цитокины (например, TNF- α), окислительный стресс или гипергликемия, уровень церамидов повышается за счёт активации сфингомиелиназы или синтеза *de novo*, что приводит к модуляции клеточных сигнальных путей, участвующих в апоптозе, остановке клеточного цикла, старении и воспалении [9]. Церамиды также способны участвовать в координации метаболизма глюкозы, синтеза триглицеридов, в развитии программируемой клеточной гибели, раз-

растания соединительной ткани и атерогенеза. Повышенные плазменные уровни церамидов связаны с кардиоваскулярными и другими хроническими неинфекционными заболеваниями, в том числе и такими метаболическими нарушениями, как ожирение, инсулинорезистентность и сахарный диабет (СД) [10].

Постепенно появляется все больше данных, подтверждающих роль церамидов в патогенезе метаболических нарушений, вызванных ожирением, через активацию воспаления, апоптоза, активных форм кислорода, «стресса» эндоплазматического ретикулума и аутофагии [11, 12, 13]. Исследование Дылевой Ю. А. и коллег выявило у лиц с ожирением нарушение метаболизма церамидов и накопление специфических насыщенных церамидов (С16:0 и С18:0) [14].

Несмотря на уже достоверно и многократно доказанную взаимосвязь ожирения и заболеваний сердечно-сосудистой системы, а также БСК и нарушений обмена липидов, о взаимосвязи ожирения и церамидного обмена известно недостаточно, в связи с чем продолжается активное изучение данной проблемы.

Цель исследования

Оценить нарушения липидного профиля у лиц с ожирением, работающих в угольной промышленности.

Материалы и методы

Выполнено одноцентровое пилотное исследование, в которое методом сплошной выборки были включены 209 работников угольной промышленности Кемеровской области – Кузбасса (гендерно – исключительно мужчины). Исследование выполнено при одобрении этического комитета НИИ КПСС (протокол № 8 от 10.10.2022). Респонденты были включены в исследование только после подписания формы информированного добровольного согласия.

Протокол исследования подразумевал сбор данных о наличии в анамнезе основных факторов сердечно-сосудистого риска (ФССР) (курение, употребление алкоголя, ожирение, артериальная гипертензия (АГ), ДЛП), ранее зарегистрированных БСК и регулярного использования лекарственных препаратов. Клинико-инструментальный блок исследования составили: измерение систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления, расчет ИМТ, а также определение наличия артериальной гипертензии и ожирения на осно-

вании актуальных клинических рекомендаций. У лиц с ожирением определены степени с учетом ИМТ в соответствии с официально принятыми классификациями: ожирение I степени – ИМТ от 30,0 до 34,9 кг/м²; ожирение II степени – ИМТ от 35,0 до 39,9 кг/м²; ожирение III степени – ИМТ 40,0 кг/м² и выше.

Среди респондентов не выявлено ранее перенесенных острых нарушений мозгового кровообращения, инфаркта миокарда и сахарного диабета. Включенные в настоящее исследование респонденты не получали липид-понижающую терапию. Лицам, у которых на периодическом медицинском осмотре была установлена АГ, назначена гипотензивная терапия.

Определение уровня липидов плазмы крови (ОХС, ТГ, ХС-ЛНП, ХС-ЛОНП и ХС-ЛВП), а также глюкозы крови выполнено с использованием финских стандартных тест-систем Thermo Fisher Scientific. Липопротеин (а) (Лп(а)) определялся ИФА-методом американскими тест-системами Human Lp(a) ELISA Kit фирмы AssayPro. Уровни липидов проанализированы на основании клинических рекомендаций Российского кардиологического общества «Нарушения липидного обмена. Клинические рекомендации 2023»¹. Оптимальные параметры липидного обмена для мужчин группы низкого риска: ОХС < 5,0 ммоль/л, ТГ < 1,7 ммоль/л, ХС-ЛНП < 3,0 ммоль/л, ХС-ЛОНП < 0,85 ммоль/л, ХС-ЛВП > 1,0 ммоль/л, Лп(а) < 50 мг/дл.

Определение уровня аполипопротеинов А (АпоА) и В (АпоВ) проводилось иммунотурбидиметрическим методом на биохимическом анализаторе Roche Cobas c 311 (Швейцария). Повышенным уровнем АпоВ считался > 1,0 г/л, сниженным уровнем АпоА – < 1,2 г/л.

Определение концентраций сывороточных липидов выполнено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. Ввиду отсутствия официально принятых единиц измерения далее в тексте результаты будут представлены в виде значений в условных единицах × 10⁻⁴. Идентификация липидов выполнена при помощи скриптов LipidMatch в соответствии с номенклатурой LipidMaps. Результатом работы стал анализ церамидов (Cer d18:1) с содержанием остатков высших жирных кислот с различной

¹ Ежов М. В., Кухарчук В. В., Сергиенко И. В., Алиева А. С., Анциферов М. Б., Аншелес А. А. и др. Нарушения липидного обмена. Клинические рекомендации 2023. Российский кардиологический журнал. 2023. Т. 28, № 5. С. 54-71. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2023-5471>

длиной углеродной цепи: C12:0 – лауриновая, C14:0 – миристиновая, C16:0 – пальмитиновая, C16:1 – пальмитолеиновая, C17:0 – маргаринавая, C18:0 – стеариновая, C18:1 – олеиновая, C19:0 – нонадециловая, C20:0 – арахидовая, C20:1 – эйкозеновая, C21:0 – генэйкозановая, C22:0 – бегеновая, C23:0 – трикозиловая, C24:0 – лигноцериновая, C24:1 – нервоновая. Значения церамидов ниже предела обнаружения (для Cer d18:1/12:0) заменялись на 0.

Статистический анализ

Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета программ Statistica 10 (StatSoft, Inc., США). Для оценки характера распределения данных использовался критерий Шапиро-Уилка. Установлено отличие от нормального распределение всех количественных данных. Качественные показатели представлены в виде частот (n, %). Количественные переменные представлены медианой (Me) и межквартильным диапазоном (25 % (Q1) и 75 % (Q3)). Различия между относительными величинами анализировались с помощью таблиц сопряженности 2×2 . Для сравнения трех и более независимых групп применялся ранговый анализ вариаций Краскела-Уоллиса. Связи между признаками оценивались с помощью 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. Расчёт мощности для анализируемых показателей выполнен с использованием онлайн-калькулятора MedCalc для двухвыборочного t-критерия (две независимые группы) Различия медиан и корреляционные связи считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты

Частота ДЛП составила 64,1 %, в 3,3 раза реже встречалось ожирение – оно было выявлено у четверти респондентов (24,9 %). Необходимо отметить, что в большей степени ожирение было представлено первой степенью (80,8 %), вторая степень встречалась в 4 раза реже и составила 19,2 % от числа лиц с ожирением. Респондентов с третьей степенью ожирения в ходе исследования не выявлено.

Медианы концентраций параметров липидного обмена респондентов были в пределах рефе-

ренсных значений, за исключением ОХС и АпоВ, которые несколько превышали норму (**таблица 1**). Из вариантов ДЛП преобладающее большинство составило ГХС (61,7 %), у половины исследуемых отмечено повышенное значение уровня АпоВ (50,7 %), более трети респондентов имели повышенный уровень ХС-ЛНП (34,5 %), схожими по своей частоте оказались гипертриглицеридемия (ГТГ) (23,0 %) и пониженный уровень ХС-ЛВП (23,9 %). Наиболее редкими вариантами нарушений липидного обмена стали низкие уровни ХС-ЛОНП и АпоА, Пациентов с повышенным уровнем Лп(а) не выявлено. С учетом отсутствия в настоящее время понятия референса для выбранных объектом изучения в данном исследовании церамидов сложно оценить полученные результаты и значимость той или иной концентрации. Но стоит отметить, что наименьшая концентрация определена у Cer d18:1/12:0, наибольшая – у Cer d18:1/24:0.

Далее был проведен сравнительный анализ клинико-лабораторных данных с учетом наличия ожирения (**таблица 1**). В ходе анализа выявлен достоверно больший возраст у лиц с ожирением ($p = 0,036$), что закономерно нашло отражение в больших показателях САД и ДАД у лиц с ожирением ($p = 0,002$) и большим числе лиц с АГ (63,5 % против 36,9 %, $p < 0,001$). Большую долю курящих лиц составили респонденты, не страдающие ожирением (77,1 % против 61,5 %, $p = 0,028$). У лиц с ожирением выявлены значимые отклонения параметров липидного спектра. Достоверно выше были концентрации ОХС ($p = 0,002$), ТГ ($p = 0,041$), ХС-ЛОНП ($p = 0,041$), чаще диагностированы ГХС ($p = 0,023$) и повышенный уровень АпоВ ($p = 0,014$). Прочие же показатели также имели атерогенный сдвиг у лиц с ожирением, хотя различия не были статистически значимыми. Повышение уровня Лп(а) в ходе исследования обнаружено не было. Респонденты с ожирением имели достоверно более высокую концентрацию глюкозы сыворотки крови ($p < 0,001$), и, как следствие, в данной когорте в два раза чаще определялась гипергликемия ($p = 0,006$).

В соответствии с данными логистического регрессионного анализа, ожирение у работников угольной отрасли ассоциировалось с трехкратным увеличением риска развития АГ (ОШ 2,96; 95 % ДИ: 1,546–5,684, $p = 0,032$), в два раза – ГХС (ОШ 2,23; 95 % ДИ: 1,106–4,510, $p = 0,027$), повышенного уровня АпоВ (ОШ 2,30; 95 % ДИ: 1,172–4,522, $p < 0,019$) и гипергликемии –

в 2,692 раза (ОШ 2,69; 95 % ДИ: 1,305–5,554, $p = 0,041$), по сравнению с лицами без ожирения.

Сравнительный анализ концентраций церамидов показал достоверно значимое снижение концентрации Cer d18:1/17:0 у лиц с ожирением ($p = 0,043$). Мощность исследования, рассчитанная post hoc для выявленного различия, составила 62 %, что приемлемо для пилотного исследования. В остальном данный ана-

лиз значимых статистических различий не показал. Однако необходимо отметить, что большие концентрации церамидов Cer d18:1/12:0, Cer d18:1/16, Cer d18:1/16:1, Cer d18:1/21:0, Cer d18:1/23:0, Cer d18:1/24:0 определены в группе лиц с ожирением, в то время как концентрации Cer d18:1/14:0, Cer d18:1/18:0, Cer d18:1/18:1, Cer d18:1/19:0, Cer d18:1/20:0, Cer d18:1/20:1, Cer d18:1/22:0, Cer d18:1/24:1 были ниже.

Параметры/ Parameters	Общая выборка/ General sample, n = 209	Группа (1) респондентов без ожирения / Non-obese respondents group, n = 157	Группа (2) респондентов с ожирением / Group of respondents with obesity, n = 52	р-значение между 1 и 2 группами / p-value between groups 1 and 2
Возраст, лет/ Age, years, Me (Q1; Q3)	39,0 (34,0; 45,0)	39,0 (34,0; 44,0)	41,0 (36,0; 48,0)	0,036
Курение/smoking, n (%)	153 (73,2)	121 (77,1)	32 (61,5)	0,028
Алкоголь/alcohol, n (%)	137 (65,5)	107 (68,1)	30 (57,7)	0,827
АГ/ Arterial hypertension, (%)	91 (43,5)	58 (36,9)	33 (63,5)	< 0,001
САД/ systolic blood pressure, мм.рт.ст., Me (Q1; Q3)	135,0 (129,0; 140,0)	134,0 (128,0; 140,0)	139,5 (131,75; 145,50)	0,002
ДАД/ diastolic blood pressure, мм рт.ст., Me (Q1; Q3)	85,0 (80,0; 93,0)	85,0 (80,0; 90,0)	89,0 (83,00; 99,25)	0,002
ОХС, ммоль/л/ TC, mmol/l, Me (Q1; Q3)	5,24 (4,59; 5,64)	5,15 (4,46; 5,60)	5,51 (4,93; 6,06)	0,002
ХС-ЛВП, ммоль/л/ HDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	1,14 (1,01; 1,34)	1,15 (1,02; 1,33)	1,11 (1,00; 1,35)	0,416
ХС-ЛНП, ммоль/л/ LDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	2,82 (2,73; 2,92)	2,72 (2,35; 3,22)	2,88 (2,41; 3,40)	0,242
ТГ, ммоль/л/ TG, mmol/l, Me (Q1; Q3)	1,12 (0,90; 1,65)	1,08 (0,89; 1,62)	1,31 (1,00; 1,82)	0,041
ХС-ЛОНП, ммоль/л/ VLDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	0,51 (0,41; 0,75)	0,49 (0,40; 0,74)	0,60 (0,45; 0,83)	0,041
АпоА, г/л/ ApoA, g/l, Me (Q1; Q3)	1,55 (1,39; 1,70)	1,55 (1,40; 1,71)	1,54 (1,38; 1,67)	0,708
АпоВ, г/л/ ApoB, g/l, Me (Q1; Q3)	1,02 (0,88; 1,21)	0,99 (0,86; 1,18)	1,08 (0,95; 1,24)	0,069
Лп(а), мг/дл/ Lp(a), mg/dl, Me (Q1; Q3)	7,98 (5,93; 11,1)	9,17 (6,25; 12,17)	7,82 (5,82; 10,54)	0,126
Глюкоза, ммоль/л/ glucose, mmol/l, Me (Q1; Q3)	5,57 (5,29; 5,84)	5,50 (5,19; 5,78)	5,75 (5,51; 6,09)	< 0,001
ГХС/ Hypercholesterolemia, n (%)	129 (61,7)	90 (57,3)	39 (75,0)	0,023
Пониженный уровень ХС-ЛВП/ Low HDL level, n (%)	50 (23,9)	37 (23,6)	13 (25,0)	0,850

Таблица 1.
Клинико-лаборатор-
ная характеристика
респондентов

Table 1.
Clinical and laboratory
characteristics of
respondents

Повышенный уровень ХС-ЛНП / High LDL level, n (%)	72 (34,5)	51 (32,5)	21 (40,4)	0,307
ГТГ / Hypertriglyceridemia, n (%)	48 (23,0)	33 (21,0)	15 (28,8)	0,251
Повышенный уровень ХС-ЛОНП / High VLDL level, n (%)	37 (17,7)	26 (16,6)	11 (21,1)	0,528
Пониженный уровень АпоА / Low ApoA level, n (%)	11 (5,3)	6 (3,8)	5 (9,6)	0,147
Повышенный уровень АпоВ / High ApoB level, n (%)	106 (50,7)	72 (45,9)	34 (65,4)	0,014
Повышенный уровень Лп(а) / High Lp(a) level, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-
Гипергликемия / Hyperglycemia, n (%)	41 (19,6)	24 (15,3)	17 (32,7)	0,006
Cer d18:1/12:0, ($\times 10^{-4}$)	0,36 (0,00; 0,71)	0,32 (0,00; 0,70)	0,45 (0,00; 0,75)	0,286
Cer d18:1/14:0, ($\times 10^{-4}$)	1,15 (0,89; 1,70)	1,17 (0,91; 1,78)	1,13 (0,86; 1,66)	0,458
Cer d18:1/16:0, ($\times 10^{-4}$)	127,94 (107,65; 156,13)	127,82 (110,85; 160,09)	128,81 (98,68; 149,23)	0,474
Cer d18:1/16:1, ($\times 10^{-4}$)	0,69 (0,43; 1,13)	0,67 (0,44; 1,13)	0,72 (0,42; 1,09)	0,991
Cer d18:1/17:0, ($\times 10^{-4}$)	3,24 (2,61; 4,21)	3,40 (2,66; 4,37)	2,98 (2,41; 3,74)	0,043
Cer d18:1/18:0, ($\times 10^{-4}$)	64,66 (50,62; 80,52)	65,06 (50,64; 80,70)	64,24 (50,59; 77,80)	0,854
Cer d18:1/18:1, ($\times 10^{-4}$)	1,51 (1,15; 1,89)	1,54 (1,18; 1,91)	1,40 (1,04; 1,79)	0,192
Cer d18:1/19:0, ($\times 10^{-4}$)	1,68 (1,22; 2,21)	1,68 (1,22; 2,26)	1,56 (1,21; 2,17)	0,682
Cer d18:1/20:0, ($\times 10^{-4}$)	56,74 (47,48; 70,76)	57,22 (47,32; 70,57)	56,71 (47,84; 75,78)	0,859
Cer d18:1/20:1, ($\times 10^{-4}$)	0,81 (0,42; 1,21)	0,85 (0,34; 1,22)	0,73 (0,49; 1,19)	0,941
Cer d18:1/21:0, ($\times 10^{-4}$)	576,22 (11,28; 819,98)	576,22 (11,06; 828,57)	583,61 (11,61; 812,76)	0,804
Cer d18:1/22:0, ($\times 10^{-4}$)	890,74 (801,28; 993,37)	901,66 (800,72; 996,31)	870,05 (806,31; 967,84)	0,636
Cer d18:1/23:0, ($\times 10^{-4}$)	853,97 (776,76; 963,07)	851,42 (778,09; 968,31)	858,87 (774,51; 952,42)	0,968
Cer d18:1/24:0, ($\times 10^{-4}$)	6737,84 (6314,85; 7083,14)	6736,45 (6293,29; 7080,91)	6787,25 (6373,97; 7100,94)	0,733
Cer d18:1/24:1, ($\times 10^{-4}$)	809,83 (701,60; 943,60)	826,47 (699,04; 956,56)	777,42 (708,22; 910,79)	0,276

Примечание: АпоА – аполипопротеины А, АпоВ – аполипопротеины В, ГТГ – гипертриглицеридемия, ГХС – гиперхолестеринемия, Лп (а) – липопротеин (а), ОХС – общий холестерин, ТГ – триглицериды, ХС-ЛВП – липопротеиды высокой плотности, ХС-ЛНП – липопротеиды низкой плотности, ХС-ЛОНП – липопротеиды очень низкой плотности, Cer – церамиды.

Notes: ApoA – apolipoproteins A, ApoB – apolipoproteins B, Lp(a) – lipoprotein (a), TC – total cholesterol, TG – triglycerides, HDL – high-density lipoprotein, LDL – low-density lipoprotein, VLDL – very low-density lipoprotein, Cer – ceramides.

Следующий этап исследования заключался в сравнительном анализе групп с учетом степени ожирения с лицами, имевшими нормальные параметры ИМТ (таблица 2). По результатам анализа выявлено достоверное параллельное увеличение уровней САД и ДАД соответственно степени ожирения, а также увеличение числа лиц с АГ по мере увеличения степени ожирения ($p = 0,002$). По мере увеличения степени ожирения также увеличивались концентрация глюкозы сыворотки крови ($p < 0,001$) и распространенность гипергликемии ($p = 0,019$). При анализе концентраций традиционных параметров липидного обмена достоверные различия были выявлены лишь по содержанию ОХС сыворотки крови ($p = 0,016$), также следует отметить, что максимальная концентрация наблюдалась у респондентов с I степенью ожирения. Аналогичная тенденция отмечена и по частоте повышенного уровня АпоВ ($p = 0,042$). Среди

остальных показателей липидного профиля достоверных различий установлено не было, но стоит отметить тенденцию к увеличению у лиц с I степенью ожирения уровня ТГ ($p = 0,053$) и ХС-ЛОНП ($p = 0,053$) и меньшую концентрацию ХС-ЛВП ($p = 0,471$), а у лиц с II степенью ожирения – большую концентрацию Лп(а) ($p = 0,074$).

Сравнительный анализ концентраций церамидов не показал статистически значимых различий в зависимости от степени ожирения. Стоит лишь отметить наибольшие концентрации в группе с отсутствием ожирения церамидов: Cer d18:1/14:0, Cer d18:1/17:0 ($p = 0,081$), Cer d18:1/18:1 ($p = 0,075$), Cer d18:1/19:0, Cer d18:1/20:1, Cer d18:1/22:0 и Cer d18:1/24:1, в то время как концентрация Cer d18:1/21:0 была выше в группе ожирения II степени. Остальные варианты церамидов показали пик своей концентрации среди лиц с I степенью ожирения.

Параметры/Parameters	Группа (1) респондентов без ожирения / Non- obese respondents group, n = 157	Группа (2) респондентов с ожирением I степени / Group of respondents with grade I obesity, n = 42	Группа (3) респондентов с ожирением II степени / Group of respondents with grade II obesity, n = 10	p
Возраст, лет/ Age, years, Me (Q1; Q3)	39,0 (34,0; 44,0)	41,0 (36,0; 47,0)	42,5 (38,25; 50,25)	0,097
Курение/smoking, n (%)	121 (77,1)	26 (61,9)	6 (60,0)	0,090
Алкоголь/alcohol, n (%)	107 (68,1)	23 (54,8)	7 (70,0)	0,971
АГ/ Arterial hypertension, n (%)	58 (36,9)	25 (59,5)	8 (80,0)	0,002
САД/ systolic blood pressure, мм рт.ст., Me (Q1; Q3)	134,0 (128,0; 140,0)	138,0 (130,25; 143,0)	155,0 (142,5; 162,25)	< 0,001
ДАД/ diastolic blood pressure, мм.рт.ст., Me (Q1; Q3)	85,0 (80,0; 90,0)	87,0 (83,0; 97,0)	100,0 (90,25; 102,25)	0,001
ОХС, ммоль/л/ TC, mmol/l, Me (Q1; Q3)	5,15 (4,46; 5,60)	5,53 (5,04; 6,00)	5,37 (4,80; 6,18)	0,016
ХС-ЛВП, ммоль/л/ HDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	1,15 (1,02; 1,33)	1,10 (0,99; 1,34)	1,21 (1,07; 1,39)	0,471
ХС-ЛНП, ммоль/л/ LDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	2,71 (2,35; 3,22)	2,88 (2,42; 3,41)	2,89 (2,48; 3,20)	0,505
ТГ, ммоль/л/ TG, mmol/l, Me (Q1; Q3)	1,08 (0,89; 1,62)	1,35 (1,06; 1,83)	1,10 (0,80; 1,59)	0,053
ХС-ЛОНП, ммоль/л/ VLDL, mmol/l, Me (Q1; Q3)	0,49 (0,40; 0,74)	0,61 (0,48; 0,83)	0,50 (0,36; 0,72)	0,053
АпоА, г/л/ ApoA, g/l, Me (Q1; Q3)	1,55 (1,40; 1,71)	1,54 (1,38; 1,66)	1,57 (1,41; 1,75)	0,820

Таблица 2.
Клинико-лабораторная характеристика респондентов с учетом степени ожирения

Table 2.
Clinical and laboratory characteristics of the respondents, taking into account the degree of obesity

Примечание: АпоА – аполипопротеины А, АпоВ – аполипопротеины В, ГТГ – гипертриглицеридемия, ГХС – гиперхолестеринемия, Лп (а) – липопротеин (а), ОХС – общий холестерин, ТГ – триглицериды, ХС-ЛВП – липопротеиды высокой плотности, ХС-ЛНП – липопротеиды низкой плотности, ХС-ЛОНП – липопротеиды очень низкой плотности, Cer – церамиды.

Notes: ApoA – apolipoproteins A, ApoB – apolipoproteins B, Lp(a) – lipoprotein (a), TC – total cholesterol, TG – triglycerides, HDL – high-density lipoprotein, LDL – low-density lipoprotein, VLDL – very low-density lipoprotein, Cer – ceramides.

АпоВ, г/л/ ApoB, g/l, Me (Q1; Q3)	0,99 (0,86; 1,18)	1,11 (0,95; 1,28)	1,04 (0,97; 1,19)	0,185
Лп(а), мг/дл/ Lp(a), mg/dl, Me (Q1; Q3)	7,82 (5,82; 10,54)	8,54 (6,08; 11,95)	10,69 (8,49; 16,17)	0,074
Глюкоза, ммоль/л/ glucose, mmol/l, Me (Q1; Q3)	5,50 (5,19; 5,78)	5,75 (5,45; 6,08)	5,85 (5,60; 6,26)	< 0,001
ГХС/ Hypercholesterolemia, n (%)	90 (57,3)	32 (76,2)	7 (70,0)	0,071
Пониженный уровень ХС-ЛВП/ Low HDL level, n (%)	37 (23,6)	11 (26,2)	2 (20,0)	0,871
Повышенный уровень ХС-ЛНП/ High LDL level, n (%)	51 (32,5)	18 (42,9)	3 (30,0)	0,402
ГТГ/ Hypertriglyceridemia, n (%)	33 (21,0)	12 (28,6)	3 (30,0)	0,518
Повышенный уровень ХС-ЛОНП/ High VLDL level, n (%)	26 (16,6)	9 (21,4)	2 (20,0)	0,734
Пониженный уровень АпоА/ Low ApoA level, n (%)	6 (3,8)	5 (11,9)	0 (0)	0,082
Повышенный уровень АпоВ/ High ApoB level, n (%)	72 (45,9)	28 (66,7)	6 (60,0)	0,042 p1- 2=0,040
Повышенный уровень Лп(а)/ High Lp(a) level, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	-
Гипергликемия/ Hyperglycemia, n (%)	24 (15,3)	13 (30,9)	4 (40,0)	0,019
Cer d18:1/12:0, ($\times 10^{-4}$)	0,32 (0,00; 0,70)	0,47 (0,0; 0,79)	0,43 (0,09; 0,48)	0,570
Cer d18:1/14:0, ($\times 10^{-4}$)	1,17 (0,91; 1,78)	1,13 (0,90; 1,66)	1,09 (0,74; 1,59)	0,608
Cer d18:1/16:0, ($\times 10^{-4}$)	127,82 (110,85; 160,09)	134,89 (106,45; 151,92)	109,11 (92,90; 129,42)	0,318
Cer d18:1/16:1, ($\times 10^{-4}$)	0,67 (0,44; 1,13)	0,74 (0,42; 1,04)	0,71 (0,43; 1,15)	0,989
Cer d18:1/17:0, ($\times 10^{-4}$)	3,40 (2,66; 4,37)	3,02 (2,45; 3,98)	2,80 (2,33; 3,25)	0,081
Cer d18:1/18:0, ($\times 10^{-4}$)	65,06 (50,64; 80,70)	66,33 (50,69; 84,82)	55,19 (48,42; 63,71)	0,296
Cer d18:1/18:1, ($\times 10^{-4}$)	1,54 (1,18; 1,91)	1,45 (1,12; 1,85)	1,09 (0,66; 1,42)	0,075
Cer d18:1/19:0, ($\times 10^{-4}$)	1,68 (1,22; 2,26)	1,63 (1,29; 2,27)	1,43 (1,12; 1,75)	0,391
Cer d18:1/20:0, ($\times 10^{-4}$)	57,22 (47,32; 70,57)	61,18 (49,57; 77,18)	48,52 (43,89; 54,18)	0,087
Cer d18:1/20:1, ($\times 10^{-4}$)	0,85 (0,34; 1,22)	0,72 (0,47; 1,14)	0,73 (0,62; 1,16)	0,982
Cer d18:1/21:0, ($\times 10^{-4}$)	576,22 (11,06; 828,57)	258,70 (11,46; 804,71)	675,20 (536,15; 808,05)	0,798
Cer d18:1/22:0, ($\times 10^{-4}$)	901,66 (800,72; 996,31)	876,61 (818,42; 985,35)	812,76 (770,97; 859,33)	0,217
Cer d18:1/23:0, ($\times 10^{-4}$)	851,42 (778,09; 968,31)	877,58 (780,33; 989,86)	829,70 (727,98; 858,93)	0,259
Cer d18:1/24:0, ($\times 10^{-4}$)	6736,45 (6293,29; 7080,91)	6788,11 (6295,67; 7110,68)	6749,65 (6411,19; 6945,20)	0,904
Cer d18:1/24:1, ($\times 10^{-4}$)	826,47 (699,04; 956,56)	782,24 (719,97; 938,23)	758,08 (598,81; 859,91)	0,344

При проведении корреляционного анализа между ИМТ респондентов, с одной стороны, и концентрациями липидов, с другой, – выявлены слабые, но статистически достоверные связи. Установлена положительная связь ИМТ с ОХС ($r = 0,236$; $p < 0,001$), АпоВ ($r = 0,176$; $p = 0,013$), ТГ ($r = 0,156$; $p = 0,028$) и ХС-ЛОНП ($r = 0,156$; $p = 0,028$), а также Лп(а) ($r = 0,142$; $p = 0,046$). Отмечена отрицательная связь ИМТ с ХС-ЛВП ($r = -0,151$; $p = 0,033$). Таким образом, при увеличении ИМТ на 1 кг/м^2 можно ожидать повышение уровня Лп(а) на $0,17 \text{ мг/дл}$. При проведении корреляционного анализа между ИМТ респондентов и плазменными уровнями церамидов статистически значимых связей не выявлено.

Заключительным этапом исследования являлся анализ ассоциаций ожирения с различными видами нарушения липидного обмена методом главных компонент, как в целом у лиц с ожирением, так и с учетом его степени, среди респондентов различного возраста (≤ 39 лет, $n = 106$ и ≥ 40 лет, $n = 103$) и продолжительности работы в подземных условиях (≤ 13 лет, $n = 103$ и ≥ 14 лет, $n = 106$).

В целом, ДЛП у лиц с ожирением ассоциирована примерно у трети ($31,07\%$) с ГТГ ($0,88$) и увеличением концентрации ХС-ЛОНП ($0,90$); около пятой части ($21,99\%$) – с высоким уровнем ХС-ЛНП ($-0,87$) и АпоВ ($-0,73$); $14,90\%$ – с ГХС ($-0,81$) и повышением уровня Лп(а) ($-0,50$).

У лиц с ожирением I степени ДЛП ассоциирована у $32,55\%$ лиц с ГТГ ($0,81$), и повышенным уровнем ХС-ЛОНП ($0,90$), у $21,08\%$ – с повышенным ХС-ЛНП ($0,82$) и АпоВ ($0,64$), у $13,23\%$ – со сниженным уровнем АпоА ($-0,57$) и пониженным уровнем ХС-ЛВП ($-0,49$), а у лиц с ожирением II степени – у $42,78\%$ с ГТГ ($0,92$) и пониженным ЛПВП ($0,91$), у $29,69\%$ – с повышенным уровнем Лп(а) ($0,84$) и АпоВ ($0,75$), у $14,05\%$ – с повышенным ХС-ЛОНП ($-0,42$) и повышенным АпоВ ($-0,56$).

Учитывая длительность работы в подземных условиях, ДЛП у работников угольной отрасли со стажем ≤ 13 лет связана с ожирением у $39,15\%$ с ГТГ ($0,94$), а также с повышенным уровнем ХС-ЛОНП ($0,79$). У $28,95\%$ – с повышенным ХС-ЛНП ($-0,76$) и АпоВ ($-0,77$). У $14,69\%$ – со сниженным уровнем ХС-ЛВП ($-0,81$) и повышенным ХС-ЛНП ($-0,41$).

У лиц со стажем ≤ 13 лет ожирение I степени обусловлено нарушением липидного обмена у $42,41\%$ лиц со сниженным уровнем ХС-ЛВП ($0,94$) и повышенным ХС-ЛОНП ($0,94$), у $29,99\%$ – с повышенным ХС-ЛНП ($0,85$) и Лп(а) ($0,73$).

У лиц со стажем ≥ 14 лет ДЛП ассоциирована у $32,24\%$ с ГТГ ($-0,84$) и повышенным уровнем ХС-ЛОНП ($-0,87$). У $18,60\%$ – повышенным уровнем ХС-ЛНП ($0,95$) и ГХС ($0,46$). У $16,93\%$ – с ГХС ($-0,54$) и повышенным Лп(а) ($0,71$). У лиц со стажем ≥ 14 лет ожирение I степени обуславливает нарушение липидного обмена у $34,48\%$ с ГТГ ($0,85$) и повышенным уровнем ХС-ЛОНП ($0,90$). У $20,97\%$ – повышенными уровнями ХС-ЛНП ($0,78$) и АпоВ ($0,71$). У $18,72\%$ – ГХС ($-0,58$) и повышенным АпоА ($-0,74$).

В возрасте ≤ 39 лет у шахтеров ожирение обуславливает у $31,57\%$ лиц ГТГ ($-0,83$) и повышенный уровень ХС-ЛОНП ($-0,81$), у $25,06\%$ – повышенный уровень ХС-ЛНП ($-0,78$) и Лп(а) ($-0,66$). У $15,34\%$ – ГХС ($0,95$) и повышенный уровень ХС-ЛОНП ($0,24$); у $14,75\%$ – повышенные концентрации Лп(а) ($-0,71$) и ХС-ЛНП ($-0,50$). У лиц в возрасте ≤ 39 лет ожирение I степени обуславливает у $29,48\%$ ГТГ ($0,33$) и повышенный уровень ХС-ЛОНП ($0,39$); у $29,18\%$ – повышенные концентрации ХС-ЛНП ($-0,37$) и Лп(а) ($-0,64$); у $15,93\%$ – ГХС ($-0,46$) и повышенный уровень Лп(а) ($-0,55$).

У лиц в возрасте ≥ 40 лет ожирение ассоциировано у $33,63\%$ с ГТГ ($0,92$) и повышенным уровнем ХС-ЛОНП ($0,96$); у $23,98\%$ – с повышением ХС-ЛНП ($0,95$) и АпоВ ($0,91$); у $15,83\%$ – с ГХС ($0,73$) и повышенным уровнем Лп(а) ($0,40$). У лиц в возрасте ≥ 40 лет ожирение I степени обуславливает у $33,93\%$ ГТГ ($0,90$) и повышенный уровень ХС-ЛОНП ($0,97$). У $22,92\%$ – высокие значения ХС-ЛНП ($0,95$) и АпоВ ($0,81$); у $14,61\%$ – ГХС ($-0,71$) и повышенные значения АпоА ($-0,43$).

Необходимо отметить, что данный анализ не выявил ассоциаций ДЛП у респондентов со стажем работы ≤ 13 и ≥ 14 лет, в возрасте ≤ 39 и ≥ 40 лет и ожирением второй степени.

Таким образом, по данным корреляционного, регрессионного и компонентного анализа, ожирение наиболее тесно связано с гиперхолестеринемией, повышенным АпоВ, а также с сочетанием гипертриглицеридемии и повышенного ХС-ЛОНП.

Обсуждение

Итогом одноцентрового исследования с участием 209 шахтеров, занятых добычей угля подземным способом, стало выявление высокой частоты нарушений липидного обмена (64,6 %) и ожирения (24,9 %). ГХС (61,7 %), повышенный уровень АпоВ (50,7 %) и ХС-ЛНП (34,5 %) определены как наиболее распространенные варианты ДЛП. Сравнительный анализ ДЛП с учетом наличия ожирения продемонстрировал статистически значимо неблагоприятный профиль у лиц с ожирением за счет лиц с повышенными концентрациями ОХС, ТГ и ХС-ЛОНП, а также респондентов с ГХС и повышенным уровнем АпоВ. По данным литературы, на протяжении многих лет отмечается, что при ожирении возникает нарушение обмена, главным образом, двух классов липопротеидов – ХС-ЛНП и ХС-ЛВП, что отражается в увеличении содержания в крови ТГ, ХС-ЛНП и снижении уровня ХС-ЛВП, что подтвердилось и в настоящем исследовании. В ходе ряда исследований было доказано, что ожирение ухудшает липидный профиль и увеличивает риск ССЗ, по крайней мере частично, из-за развития атерогенного липидного профиля, а также усугубляет другие кардиометаболические факторы риска [15]. Кроме этого, по результатам масштабных исследований Европейского общества кардиологов, ожирение повышает риск развития таких кардиологических заболеваний, как АГ, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность, фибрилляция предсердий, венозная тромбоэмболия и стеноз аортального клапана [16].

Ожирение приводит к развитию вторичной инсулинорезистентности вследствие гипертрофии и дисфункции адипоцитов. Согласно анализу Лавреновой Е. А. и Драпкиной О. М., инсулинорезистентность, обусловленная избыточной массой тела и ожирением, выступает как независимым, так и усугубляющим фактором риска развития таких связанных с ожирением патологий, как СД, ИБС, АГ и др., находящихся в тесной, за счет патогенеза, взаимосвязи, что, в свою очередь, формирует порочный круг [16]. Так, снижение чувствительности к инсулину распространяется на все типы миоцитов, в том числе и на сердечные. Прогрессирующая резистентность к инсулину в сердечной мышце усугубляет нарушение функций и морфологическое изменение митохондрий

при ожирении, что приводит к снижению энергетического запаса кардиомиоцитов, к нарастанию риска развития левожелудочковой дисфункции на фоне гиперволемии и хронической стимуляции симпатической нервной системы [17]. Установлено, что инсулинорезистентность способствует усугублению развития ДЛП при ожирении. При инсулинорезистентности повышается уровень ТГ, ХС-ЛОНП, снижается уровень ХС-ЛВП, а также умеренно нарастает уровень ХС-ЛНП. Основой для чрезмерного образования ТГ являются свободные жирные кислоты, производство которых увеличивается при ожирении и инсулинорезистентности. Кроме избыточного синтеза свободных жирных кислот на фоне избытка жировой ткани и инсулинорезистентности, эти изменения также ассоциированы с нарушением регулирующего воздействия инсулина на липидный обмен. В условиях инсулинорезистентности и гиперинсулинемии происходит изменение активности липопротеинлипазы и печеночной триглицеридлипазы, что приводит к увеличению выработки и выделения ХС-ЛНП и замедлению их выведения из кровеносного русла. Помимо этого, происходит подавление ингибирующего влияния инсулина на высвобождение ХС-ЛНП в печени, вследствие чего происходит дисбаланс между синтезом и выведением ХС-ЛНП. А ДЛП, в свою очередь, усиливает инсулинорезистентность по вышеописанному порочному кругу. Известно, что высокие концентрации ХС-ЛНП способствуют снижению числа инсулиновых рецепторов [18, 19].

В ходе данного исследования повышения уровня Лп(а) обнаружено не было. Данное обстоятельство может быть связано с особенностями изученной когорты (относительно молодой возраст, отсутствие перенесенных клинических событий), методом определения, а также невысокой распространенностью данного вида ДЛП в целом. Согласно многоцентровому популяционному исследованию, проведенному в рамках проекта ЭС-СЕ-РФ, было показано, что уровень Лп(а) ≥ 50 мг/дл выявлялся лишь у 13–15 % взрослого населения РФ [20].

В настоящее время, ввиду сохраняющегося вопроса решения проблемы смертности и инвалидизации от ССЗ, акцент ставится на поиск новых биомаркеров для эффективных прогнозирования и стратификации сердечно-сосудистого риска, а также профилактики острых со-

судистых событий, что делает изучение церамидов крайне перспективным направлением [21]. Церамиды выступают в роли ключевых компонентов сигнальных путей сфинголипидных клеток, а их плазменные уровни ассоциированы с кардиометаболическими расстройствами [22].

По результатам данного исследования определена достоверно меньшая концентрация Cer d18:1/17:0 у лиц с ожирением, что позволяет предположить протективный эффект этого сфинголипида; при сравнительном анализе концентраций других церамидов достоверных различий выявлено не было. По данным литературных источников, смещение концентраций церамидов плазмы крови в ту или иную сторону определяется при различных патологических процессах, в том числе при ожирении, сосудистом воспалении и атеросклеротических заболеваниях [23]. Установлено, что повышение уровня циркулирующих церамидов приводит к их аккумуляции в различных типах тканей, особенно в жировой [24], но единое мнения о причине данного явления в настоящий момент отсутствует.

У лиц, имеющих острые сосудистые события в анамнезе, наблюдалось повышение плазменных уровней изучаемых церамидов и их соотношений. Церамиды Cer d18:1/18:0 имели наибольшую связь с риском развития ССЗ (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) [25]. В исследовании A.S. Navulinna и коллег с включением 8101 пациента продемонстрировано, что церамиды Cer d18:1/16:0, Cer d18:1/18:0, Cer d18:1/20:0 и Cer d18:1/24:1, Cer d18:1/24:0 связаны с риском развития острых сосудистых событий [26]. Помимо этого, идентичные виды и соотношения церамидов связаны с риском развития ИМ и сердечно-сосудистой смерти у пациентов с ИБС [27]. В результате исследования S. Anroedh и коллег установлено, что ассоциация между церамидами и ССЗ выраженнее в отношении повторных сосудистых событий и летальных исходов [28]. В своих более поздних изысканиях M. Hilvo и коллеги показали, что уровни церамидов сыворотки крови могут применяться в качестве биомаркеров-предикторов сердечно-сосудистых атеросклеротических заболеваний (ИБС, инсульт, сердечная недостаточность и фибрилляция предсердий) [29, 30].

В настоящем исследовании показана связь церамидов с ДЛП и ожирением у лиц без предшествующих острых сосудистых событий, 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 демонстрируют значительный потенциал для будущих научных исследований и позволят выполнить более глубокий анализ, в том числе и в механизмах формирования изучаемых процессов.

Ограничения исследования. Одноцентровое, пилотное исследование с небольшим количеством респондентов мужского пола. Небольшое количество лиц с ожирением II степени не позволило в полной мере провести стратифицированный анализ и может увеличивать риск статистических артефактов. Отсутствие данных о потенциальных смешивающих факторах. В данной работе представлен фрагмент большого исследования. В ходе данной публикации не оценивались такие факторы, как характер питания, уровень физической активности, режим труда и отдыха, качество сна, а также точный энергетический баланс. Все эти факторы могут влиять на нарушение липидного обмена.

Заключение

Ожирение и ДЛП являются распространенными ФССР у лиц, занятых на угледобывающих предприятиях. ГХС и повышенный уровень АпоВ являются наиболее распространенными вариантами ДЛП. Наименьшую частоту имели случаи низкого уровня ХС-ЛОНП и АпоА. Среди обследованных лиц не было выявлено респондентов с повышенным уровнем Лп(а). Анализ церамидного профиля показал статистически значимое снижение концентрации Cer d18:1/17:0 у лиц с ожирением. Наиболее неблагоприятный клинический и липидный профиль наблюдался среди лиц с ожирением, по сравнению с респондентами без ожирения. Анализ методом главных компонент продемонстрировал связь ожирения с нарушением липидного обмена у работников угольной промышленности, учитывая не только возраст респондентов, но и стаж работы в профессии. Наиболее ассоциированы с ожирением ГХС, повышенный АпоВ, а также сочетание ГТГ и повышенного ХС-ЛОНП.

Вклад авторов

И. М. Центер: вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, написание статьи, коррекция статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Е. Д. Баздырев: вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, написание статьи, коррекция статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Д. П. Цыганкова: вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

О. В. Нахратова: получение, анализ и интерпретация данных, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

О. В. Груздева: вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Е. Е. Садовников: вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

А. М. Бабенкова: получение, анализ и интерпретация данных, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Г. В. Артамонова: вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Все авторы утвердили окончательную версию статьи.

Author contributions

Iosif M. Tsenter: Contribution to the concept and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, correction of the article, approval of the final version, fully responsible for the content.

Evgeny D. Bazdyrev: Contribution to the concept and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, correction of the article, approval of the final version, fully responsible for the content.

Daria P. Tsygankova: Contribution to the concept and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

Olga V. Nahratova: data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

Olga V. Gruzdeva: Contribution to the concept and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

Evgeny E. Sadovnikov: Contribution to the concept and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

Anastasiya M. Babenkova: data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

Galina V. Artamonova: Contribution to the concept and design of the study, data acquisition, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

All authors approved the final version of the article.

Литература:

1. Bezzina A., Austin E.K., Watson T., Ashton L., James C.L. Health and wellness in the Australian coal mining industry: A cross sectional analysis of baseline findings from the RESHAPE workplace wellness program. *PLoS One*. 2021;16(6):e0252802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252802>
2. Liu Q., Shi J., Duan P., Liu B., Li T., Wang C., et al. Is shift work associated with a higher risk of overweight or obesity? A systematic review of observational studies with meta-analysis. *Int. J. Epidemiol.* 2018;47(6):1956–1971. <https://doi.org/10.1093/ije/dyy079>
3. Пиктушанская Т.Е., Часовских Е.В., Землякова С.С. Состояние здоровья работников угольной промышленности. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023;63(6):359–366. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-6-359-366>
4. Мохначук И.И., Пиктушанская Т.Е., Брылева М.С., Бетц К.В. Смертность на рабочем месте на предприятиях угольной промышленности России. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023;63(2):88–93. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-2-88-93>
5. Yusuf S., Hawken S., Ounpuu S., Dans T., Avezum A., Lanas F., et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *The Lancet*. 2004;364(9438):937–952.
6. Rosengren A., Hawken S., Ounpuu S., Sliwa K., Zubaid M., Almahmeed W.A., et al. 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. *Lancet*. 2004;364(9437):953–962. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)17019-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)17019-0)
7. Ежов М.В., Ближнюк С.А., Алексеева И.А., Выгодин В.А. Распространенность гиперхолестеринемии и применения статинов в амбулаторной практике в Российской Федерации. Исследование АЙСБЕРГ – диагностирование пациентов с гиперхолестеринемией в условиях амбулаторной практики на раннем этапе с целью улучшения. *Атеросклероз и Дислипидемии*. 2017;4(29):5–17. EDN: XNBWCT.
8. Драпкина О.М., Имаева А.Э., Куценко В.А., Капустина А.В., Баланова Ю.А., Максимов С.А. и др. Дислипидемии в Российской Федерации: популяционные данные, ассоциации с факторами риска. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023;22(8S):3791. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3791> EDN: DGYJLA.
9. Nikolova-Karakashian M.N., Rozenova K.A. Ceramide in stress response. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2010;688:86–108. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6741-1_6
10. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2020.01.005>
11. Levy M., Futerman A.H. Mammalian ceramide synthases. *IUBMB Life*. 2010;62(5):347–356. <https://doi.org/10.1002/iub.319>
12. Holland W.L., Miller R.A., Wang Z.V., Sun K., Barth B.M., Bui H.H., et al. Receptor-mediated activation of ceramidase activity initiates the pleiotropic actions of adiponectin. *Nat. Med.* 2011;17(1):55–63. <https://doi.org/10.1038/nm.2277>
13. Ramírez S., Martins L., Jacas J., Carrasco P., Pozo M., Clotet J., et al. Hypothalamic ceramide levels regulated by CPT1C mediate the orexigenic effect of ghrelin. *Diabetes*. 2013;62(7):2329–2337. <https://doi.org/10.2337/db12-1451>
14. Дылева Ю.А., Груздева О.В., Белик Е.В. Церамиды: фокус на ожирение. *Ожирение и метаболизм*. 2020;17(3):307–315. <https://doi.org/10.14341/omet12565>
15. Bays H.E., Kirkpatrick C.F., Maki K.C., Toth P.P., Morgan R.T., Tondt

- J. et al. Obesity, dyslipidemia, and cardiovascular disease: A joint expert review from the Obesity Medicine Association and the National Lipid Association 2024. *J. Clin. Lipidol.* 2024;18(3):e320–e350. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2024.04.001>
16. Koskinas K.C., Van Craenenbroeck E.M., Antoniadou C., Blüher M., Gorter T.M., Hanssen H., et al. Obesity and cardiovascular disease: an ESC clinical consensus statement. *Eur. Heart J.* 2024;45(38):4063–4098. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae508>
17. Лавренова Е.А., Драпкина О.М. Инсулинорезистентность при ожирении: причины и последствия. *Ожирение и метаболизм.* 2020;17(1):48–55. <https://doi.org/10.14341/omet9759>
18. Hu P., Zhang D., Swenson L., Chakrabarti G., Abel E.D., Litwin S.E. Minimally invasive aortic banding in mice: effects of altered cardiomyocyte insulin signaling during pressure overload. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 2003;285(3):H1261–H1269. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00108.2003>
19. Després J.-P., Lamarche B., Mauriège P., Cantin B., Dagenais G.R., Moorjani S., et al. Hyperinsulinemia as an Independent Risk Factor for Ischemic Heart Disease. *N. Engl. J. Med.* 1996;334(15):952–957. <https://doi.org/10.1056/NEJM199604113341504>
20. Ezhov M.V., Shalnova S.A., Yarovaya E.B., Kutsenko V.A., Evstifeeva S.E., Metelskaya V.A., et al. Lipoprotein(a) in an adult sample from the Russian population: distribution and association with atherosclerotic cardiovascular diseases. *Arch. Med. Sci.* 2021;19(4):995–1002. <https://doi.org/10.5114/aoms/131089>
21. Белик Е.В., Дылева Ю.А., Груздева О.В. Церамиды: взаимосвязь с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2023;38(1):28–36. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-1-28-36>
22. Vasile V.C., Meeusen J.W., Medina Inojosa J.R., Donato L.J., Scott C.G., Hyun M.S., et al. Ceramide Scores Predict Cardiovascular Risk in the Community. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2021;41(4):1558–1569. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.120.315530>
23. Chaurasia B., Summers S.A. Ceramides-Lipotoxic inducers of metabolic disorders. *Trends Endocrinol. Metab.* 2015;26:538–550. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2015.07.006>
24. Poss A.M., Summers S.A. Too much of a good thing? An evolutionary theory to explain the role of ceramides in NAFLD. *Front. Endocrinol.* 2020;11:505. <https://doi.org/doi:10.3389/fendo.2020.00505>
25. Summers S.A., Chaurasia B., Holland W.L. Metabolic messengers: Ceramides. *Nat. Metab.* 2019;1(11):1051–1058. <https://doi.org/10.1038/s42255-019-0134-8>
26. 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. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.116.307497>
27. Laaksonen R., Ekroos K., Sysi-Aho M., Hilvo M., Vihervaara T., Kauhanen D., et al. 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. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw148>
28. Anroedh S., Hilvo M., Akkerhuis K.M., Kauhanen D., Koistinen K., Oemrawsingh R., et al. Plasma concentrations of molecular lipid species predict long-term clinical outcome in coronary artery disease patients. *J. Lipid Res.* 2018;59(9):1729–1737. <https://doi.org/10.1194/jlr.P081281>
29. Hilvo M., Meikle P.J., Pedersen E.R., Tell G.S., Dhar I., Brenner H., et al. 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. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz387>
30. Hilvo M., Vasile V.C., Donato L.J., Hurme R., Laaksonen R. Ceramides and Ceramide Scores: Clinical Applications for Cardiometabolic Risk Stratification. *Front. Endocrinol. (Lausanne)* 2020;11:570628. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.570628>

References:

1. Bezzina A, Austin EK, Watson T, Ashton L, James CL. Health and wellness in the Australian coal mining industry: A cross sectional analysis of baseline findings from the RESHAPE workplace wellness program. *PLoS One.* 2021;16(6):e0252802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252802>
2. Liu Q, Shi J, Duan P, Liu B, Li T, Wang C, et al. Is shift work associated with a higher risk of overweight or obesity? A systematic review of observational studies with meta-analysis. *Int J Epidemiol.* 2018;47(6):1956–1971. <https://doi.org/10.1093/ije/dyy079>
3. Piktushanskaya TE, Chasovskikh EV, Zemlyakova SS. 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>
4. Mokhnachuk II, Piktushanskaya TE, Bryleva MS, Betts KV. Workplace mortality at coal industry enterprises of Russia. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology.* 2023;63(2):88–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-2-88-93>
5. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Dans T, Avezum A, Lanas F, et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet.* 2004;364(9438):937–952.
6. Rosengren A, Hawken S, Ounpuu S, Sliwa K, Zubaid M, Almahmeed WA, et al. 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. *Lancet.* 2004;364(9437):953–962. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)17019-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)17019-0)
7. Ezhov MV, Bliznyuk SA, Alekseeva IA, Vygodin VA. Relevance of hypercholesterolemia and statins intake in the outpatient practice in the Russian Federation (ICEBERG study). *The Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias.* 2017;4(29):5–17. (In Russ.)
8. Drapkina OM, Imaeva AE, Kutsenko VA, Kapustina AV, Balanova YuA, Maksimov SA, et al. Dyslipidemia in the Russian Federation: population data, associations with risk factors. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2023;22(85):3791. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2023-3791>
9. Nikolova-Karakashian MN, Rozenova KA. Ceramide in stress response. *Adv Exp Med Biol.* 2010;688:86–108. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6741-1_6
10. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2020.01.005>
11. Levy M, Futerman AH. Mammalian ceramide synthases. *IUBMB Life.* 2010;62(5):347–356. <https://doi.org/10.1002/iub.319>
12. Holland WL, Miller RA, Wang ZV, Sun K, Barth BM, Bui HH, et al. Receptor-mediated activation of ceramidase activity initiates the pleiotropic actions of adiponectin. *Nat Med.* 2011;17(1):55–63. <https://doi.org/10.1038/nm.2277>
13. Ramírez S, Martins L, Jacas J, Carrasco P, Pozo M, Clotet J, et al. Hypothalamic ceramide levels regulated by CPT1C mediate the orexigenic effect of ghrelin. *Diabetes.* 2013;62(7):2329–2337. <https://doi.org/10.2337/db12-1451>
14. Dyleva YuA, Gruzdeva OV, Belik EV. Ceramides: focus on obesity. Obesity and metabolism. 2020;17(3):307–315. (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/omet12565>
15. Bays HE, Kirkpatrick CF, Maki KC, Toth PP, Morgan RT, Tondt J, et al. Obesity, dyslipidemia, and cardiovascular disease: A joint expert review from the Obesity Medicine Association and the National Lipid Association 2024. *J Clin Lipidol.* 2024;18(3):e320–e350. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2024.04.001>
16. Koskinas KC, Van Craenenbroeck EM, Antoniadou C, Blüher M, Gorter TM, Hanssen H, et al. Obesity and cardiovascular disease: an ESC clinical consensus statement. *Eur Heart J.* 2024;45(38):4063–4098. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae508>
17. Lavrenova EA, Drapkina OM. Insulin resistance in obesity: pathogenesis and effects. *Obesity and metabolism.* 2020;17(1):48–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/omet9759>

18. Hu P, Zhang D, Swenson L, Chakrabarti G, Abel ED, Litwin SE. Minimally invasive aortic banding in mice: effects of altered cardiomyocyte insulin signaling during pressure overload. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2003;285(3):H1261–H1269. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00108.2003>
19. Després J-P, Lamarche B, Mauriège P, Cantin B, Dagenais GR, Moorjani S, et al. Hyperinsulinemia as an Independent Risk Factor for Ischemic Heart Disease. *N Engl J Med*. 1996;334(15):952–957. <https://doi.org/10.1056/NEJM199604113341504>
20. Ezhov MV, Shalnova SA, Yarovaya EB, Kutsenko VA, Evstifeeva SE, Metelskaya VA et al. Lipoprotein(a) in an adult sample from the Russian population: distribution and association with atherosclerotic cardiovascular diseases. *Arch Med Sci*. 2021;19(4):995–1002. <https://doi.org/10.5114/aoms/131089>
21. Belik EV, Dyleva YA, Gruzdeva OV. Ceramides: correlation with cardiovascular risk factors. *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2023;38(1):28–36. (In Russ.) <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2023-38-1-28-36>
22. Vasile VC, Meeusen JW, Medina Inojosa JR, Donato LJ, Scott CG, Hyun MS, et al. Ceramide Scores Predict Cardiovascular Risk in the Community. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 2021;41(4):1558–1569. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.120.315530>
23. Chaurasia B, Summers SA. Ceramides-Lipotoxic inducers of metabolic disorders. *Trends Endocrinol Metab*. 2015;26:538–550. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2015.07.006>
24. Poss AM, Summers SA. Too much of a good thing? An evolutionary theory to explain the role of ceramides in NAFLD. *Front Endocrinol*. 2020;11:505. <https://doi.org/doi: 10.3389/fendo.2020.00505>
25. Summers SA, Chaurasia B, Holland WL. Metabolic messengers: Ceramides. *Nat Metab*. 2019;1(11):1051–1058. <https://doi.org/10.1038/s42255-019-0134-8>
26. Havulinna AS, 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. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.116.307497>
27. Laaksonen R, Ekroos K, Sysi-Aho M, Hilvo M, Vihervaara T, Kauhanen D, et al. 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. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw148>
28. Anroedh S, Hilvo M, Akkerhuis KM, Kauhanen D, Koistinen K, Oemrawsingh R, et al. Plasma concentrations of molecular lipid species predict long-term clinical outcome in coronary artery disease patients. *J Lipid Res*. 2018;59(9):1729–1737. <https://doi.org/10.1194/jlr.P081281>
29. Hilvo M, Meikle PJ, Pedersen ER, Tell GS, Dhar I, Brenner H, et al. 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. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz387>
30. Hilvo M, Vasile VC, Donato LJ, Hurme R, Laaksonen R. Ceramides and Ceramide Scores: Clinical Applications for Cardiometabolic Risk Stratification. *Front Endocrinol. (Lausanne)* 2020;11:570628. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.570628>

Сведения об авторах

Центер Иосиф Маркович ✉, аспирант кафедры пропедевтики внутренних болезней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, лаборант-исследователь лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

ORCID: 0000-0002-9048-8294

Баздырев Евгений Дмитриевич, доктор медицинских наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий лабораторией эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

ORCID: 0000-0002-3023-6239

Цыганкова Дарья Павловна, доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной терапии и клинической фармакологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

ORCID: 0000-0001-6136-0518

Authors

Dr. Iosif M. Tsenter ✉, MD, Postgraduate student, Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Kemerovo State Medical University, Research Assistant at the laboratory of Epidemiology of Cardiovascular Diseases, Department of Medical Care Optimization, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.

ORCID: 0000-0002-9048-8294

Prof. Evgeny D. Bazdyrev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Propaedeutics of Internal Diseases, Kemerovo State Medical University, Head of the Laboratory of Epidemiology of Cardiovascular Diseases, Department of Optimization of Medical Care for Cardiovascular Diseases, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.

ORCID: 0000-0002-3023-6239

Dr. Daria P. Tsygankova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Hospital Therapy and Clinical Pharmacology, Kemerovo State Medical University, Leading Researcher at the Laboratory of Epidemiology of Cardiovascular Diseases, Department of Optimization of Medical Care for Cardiovascular Diseases, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.

ORCID: 0000-0001-6136-0518

Нахратова Ольга Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии сердечно-сосудистых заболеваний отдела оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

ORCID: 0000-0002-2778-6926

Груздева Ольга Викторовна, доктор медицинских наук, профессор РАН заведующая лабораторией исследования гомеостаза отдела экспериментальной медицины федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», заведующая кафедрой медицинской биохимии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

ORCID: 0000-0002-7780-829X

Садовников Евгений Евгеньевич, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры эпидемиологии и инфекционных болезней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, врач-эпидемиолог федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

ORCID: 0000-0002-4335-0962

Бабенкова Анастасия Михайловна, врач-участковый терапевт, АО Клиника «Энергетик», город Кемерово.

ORCID: 0009-0004-6625-246X

Артамонова Галина Владимировна, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора НИИ КПССЗ по научной работе, заведующая отделом оптимизации медицинской помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний».

ORCID: 0000-0003-2279-3307

Dr. Olga V. Nahratova, Junior Researcher at the Laboratory of Epidemiology of Cardiovascular Diseases, Department of Optimization of Medical Care for Cardiovascular Diseases, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.

ORCID: 0000-0002-2778-6926

Prof. Olga V. Gruzdeva, MD, Dr.Sci. (Medicine), Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Homeostasis Research at the Department of Experimental Medicine, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Head of the Department of Medical Biochemistry, Kemerovo State Medical University.

ORCID: 0000-0002-7780-829X

Dr. Evgeny E. Sadovnikov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor at the Department of Epidemiology and Infectious Diseases, Kemerovo State Medical University, Epidemiologist at the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.

ORCID: 0000-0002-4335-0962

Dr. Anastasiya M. Babenkova, MD, general practitioner, JSC "Energetik" Clinic.

ORCID: 0009-0004-6625-246X

Prof. Galina V. Artamonova, MD, Dr.Sci. (Medicine), Professor, Deputy Director for Science, Head of the Department of Optimization of Medical Care for Cardiovascular Diseases, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.

ORCID: 0000-0003-2279-3307