



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1369>

Комплексная ультразвуковая оценка состояния комплекса интима-медиа брахиоцефальных артерий у пациентов с метаболическим синдромом

© Вахитова А.Р.^{1*}, Бердалин А.Б.², Лелюк В.Г.^{2, 4}, Лелюк С.Э.^{3, 4}

¹ ГБУЗ “Городская поликлиника № 64, филиал № 2 ДЗ города Москвы”; 107023 Москва, ул. Ладужская, д. 4-6, Российская Федерация

² ФГБУ “Федеральный центр мозга и нейротехнологий” ФМБА России; 117513 Москва, ул. Островитянова, д. 1, стр. 10, Российская Федерация

³ ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России; 125993 Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Российская Федерация

⁴ МПМЦ “Сосудистая клиника на Патриарших”; 123001 Москва, Большой Козихинский пер., д. 22, стр. 1, Российская Федерация

Цель исследования: комплексная ультразвуковая оценка состояния комплекса интима-медиа (КИМ) брахиоцефальных артерий у пациентов с метаболическим синдромом (МС).

Материал и методы. Обследовано 82 пациента, из них 62 пациента с МС и 20 практически здоровых лиц. Всем пациентам проводился биохимический анализ крови, УЗДС экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий с оценкой качественных и количественных характеристик КИМ бифуркации плечевого ствола (ПГС), общих сонных (ОСА) и позвоночных артерий (ПА).

Результаты. У 100% пациентов с МС зафиксированы изменения эхоструктуры КИМ в виде патологической слоистости, у 9 (14,5%) пациентов – в виде гиперэхогенных включений. Толщина КИМ в бифуркации ПГС и ОСА у пациентов с МС статистически достоверно превышает аналогичный показатель у практически здоровых лиц и демонстрирует прямую корреляционную зависимость от компонентов МС. Модифицированный индекс Карнегана у пациентов с МС статистически значимо превышает аналогичный показатель у практически здоровых лиц и демонстрирует прямую корреляционную зависимость с толщиной КИМ, оцененной в разных сегментах брахиоцефальных артерий (ПГС к 0,356, правая ОСА к 0,718, левая ОСА к 0,846, в бифуркации ОСА справа к 0,431, слева к 0,519).

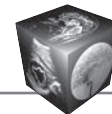
Заключение. Комплексная ультразвуковая оценка состояния КИМ брахиоцефальных артерий у пациентов с МС позволяет получить комплекс качественных и количественных признаков, характерных для метаболической ангиопатии.

Ключевые слова: метаболический синдром; метаболическая ангиопатия; патологическая слоистость; гиперэхогенные включения; толщина комплекса интима-медиа

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

Для цитирования: Вахитова А.Р., Бердалин А.Б., Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Комплексная ультразвуковая оценка состояния комплекса интима-медиа брахиоцефальных артерий у пациентов с метаболическим синдромом. *Медицинская визуализация*. 2024; 28 (2): 32–42. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1369>

Поступила в редакцию: 09.06.2023. **Принята к печати:** 05.03.2024. **Опубликована online:** 11.04.2024.



Comprehensive ultrasound assessment of the state complex intima-media brachiocephalic arteries in patients with metabolic syndrome

© Aliya R. Vakhitova^{1*}, Alexander B. Berdalin², Vladimir G. Lelyuk^{2, 4}, Svetlana E. Lelyuk^{3, 4}

¹ City Polyclinic No. 64, branch No. 2 of the Moscow Department of Healthcare; 4-6, Ladozhskaya str., Moscow 107023, Russian Federation

² Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies of the Federal Medical Biological Agency (FMBA of Russia); 1-10, Ostrovityanova str., Moscow 117513, Russian Federation

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2/1-1, Barrikadnaya str., Moscow 125993, Russian Federation

⁴ Vascular Clinic on the Patriarchs; 22-1, Bolshoy Kozikhinsky lane, Moscow 123001, Russian Federation

Objective. Comprehensive ultrasound assessment of the state complex intima-media (CIM) of brachiocephalic arteries in patients with metabolic syndrome (MS).

Materials and methods. 82 patients were examined, including 62 patients with MS and 20 practically healthy individuals. All patients underwent biochemical blood analysis, ultrasound of the extracranial sections of the brachiocephalic arteries with an assessment of the qualitative and quantitative characteristics of CIM bifurcation of the brachiocephalic trunk (BCT), common carotid arteries (CCA) and vertebral arteries (VA).

Results. 100% of patients with MS, changes in the echostructure of CIM were recorded in the form of pathological layering, 9 (14.5%) patients – in the form of hyperechogenic inclusions. Thickness of CIM in the bifurcation of BCT and CCA in patients with MS statistically significantly exceeds the same indicator in practically healthy persons and demonstrates direct correlation between the components of MS. The modified Carnegian index patients with MS is statistically significantly higher than the same indicator in practically healthy individuals and demonstrates direct correlation with the thickness of CIM estimated in different segments of the brachiocephalic arteries (BCT k 0.356, RCCA k 0.718, LCCA k 0.846, in the bifurcation of CCA on the right k 0.431, on the left k 0.519).

Conclusion. Comprehensive ultrasound assessment of the state brachiocephalic arteries in patients with MS allows us to obtain complex of qualitative and quantitative signs characteristic of metabolic angiopathy.

Keywords: metabolic syndrome; metabolic angiopathy; pathological layering; hyperechoic inclusions; thickness of the complex intima-media

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Vakhitova A.R., Berdalin A.B., Lelyuk V.G., Lelyuk S.E. Comprehensive ultrasound assessment of the state complex intima-media brachiocephalic arteries in patients with metabolic syndrome. *Medical Visualization*. 2024; 28 (2): 32–42. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1369>

Received: 09.06.2023.

Accepted for publication: 05.03.2024.

Published online: 11.04.2024.

Введение

Актуальность темы определяется распространенностью метаболического синдрома (МС) в популяции, его ролью в генезе нарушений кровообращения. По данным статистики, МС встречается в среднем у каждого третьего взрослого человека в мире. Прогнозируется, что в ближайшие 25 лет ожидается увеличение частоты МС в популяции примерно на 50% [1, 2]. МС увеличивает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) в 3 раза и риск смерти от них в 2 раза, повышает риск развития сахарного диабета (СД) и артериальной гипертензии (АГ) в 5 раз. СД и АГ, в свою

очередь, являются одними из основных причин повышенной смертности населения [1, 3].

В основе сосудистых нарушений при МС лежат структурные изменения стенок артерий и артериол, обозначаемые как метаболическая ангиопатия (МА) [4]. Описаны два основных вида структурной перестройки, характерных для МА, – диффузный фиброз меди и диффузный медиакальциноз. Выраженность разных видов морфологической перестройки зависит от особенностей строения стенок артерий [5]. Диффузный фиброз меди преобладает в артериях мышечно-эластического типа (плечеголовной ствол (ПГС), сонные арте-



рии), диффузный медиакальциноз – в артериях мышечного типа (позвоночные артерии – ПА). Структурная перестройка стенок артерий приводит к повышению жесткости, в результате чего ограничиваются регуляторные сосудистые реакции. При утолщении сосудистой стенки возможно развитие диффузного сужения просвета артерий по типу функциональной гипоплазии, что потенциально снижает поступление крови в дистальное циркуляторное русло и лежит в основе развития нарушений кровообращения различных локализаций.

Одним из основных современных методов выявления структурных изменений стенок магистральных артерий при МС является ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) [6], позволяющее проводить качественный анализ состояния отдельных слоев сосудистой стенки, что необходимо для дифференциальной диагностики разных патологических процессов. Существует ряд исследований, в которых проводилось изучение состояния комплекса интима-медиа (КИМ) сонных артерий у пациентов с МС [7–11]. В опубликованных работах имеются сведения о взаимосвязи толщины КИМ с различными компонентами МС и другими факторами риска развития ССЗ [7–11]. При этом толщина КИМ не признается специфическим маркером поражения сосудистой стенки, напрямую связанным с МС. В большинстве исследований разнообразие изменения КИМ трактовались как атеросклеротические, несмотря на то что морфологическая основа структурной перестройки КИМ при атеросклерозе и МА различна [4, 9, 12–15]. Это, в свою очередь, влияет на тактику ведения пациентов с данным состоянием. С рядом допущений качественная оценка КИМ при ультразвуковом сосудистом исследовании позволяет получить весомую информацию для дифференциальной диагностики вышеописанных процессов. В приведенных работах не описаны качественные изменения сосудистой стенки у пациентов с МС, не затронут вопрос дифференциальной диагностики с атеросклеротическим поражением, мало информации о степени структурных изменений стенки на различных уровнях в системе брахиоцефальных артерий (БЦА), также не приводятся корреляции специфических изменений стенки с различными компонентами МС. Оценка этих параметров и явилась целью нашей работы.

Цель исследования: комплексная ультразвуковая оценка состояния комплекса интима-медиа брахиоцефальных артерий у пациентов с метаболическим синдромом.

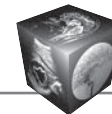
Материал и методы

В период с 02.2022 по 08.2022 обследовано 82 пациента, находившихся на обследовании и лечении в ГБУЗ МО МГКБ Мытищинской поликлинике №3. Из них 1-ю группу составили 62 пациента с МС в возрасте от 19 до 54 (средний возраст 39 ± 9) лет: 5 (8,1%) мужчин в возрасте от 19 до 48 (средний возраст 36 ± 11) лет, 57 (91,9%) женщин в возрасте от 21 года до 54 (средний возраст $39,5 \pm 9,3$) лет, 2-ю группу – 20 практически здоровых лиц без компонентов МС в возрасте от 23 до 49 (средний возраст 36 ± 9) лет: 5 (25%) мужчин в возрасте от 24 до 41 (средний возраст $31,4 \pm 7$) года, 15 (75%) женщин в возрасте от 23 до 49 (средний возраст $36,9 \pm 9,7$) лет.

Диагноз МС устанавливался на основании классических критериев (G.H. Reaven, 1988) с учетом дополнительных критериев [1, 16]. Достоверным МС считается при наличии трех критериев: 1 основного и 2 дополнительных. Основной признак: центральный (абдоминальный) тип ожирения – окружность талии (ОТ) более 80 см у женщин и более 94 см у мужчин. Дополнительные критерии: АГ (артериальное давление (АД) $\geq 140/90$ мм рт.ст.); инсулинорезистентность (ИР); повышение уровня триглицеридов (ТГ) ($\geq 1,7$ ммоль/л); повышение холестерина на липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП) $> 3,0$ ммоль/л; снижение уровня холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП) ($< 1,0$ ммоль/л у мужчин; $< 1,2$ ммоль/л у женщин); повышение холестерина (ХС) $\geq 5,2$ ммоль/л; индекс атерогенности (ИА) 2–2,5; гиперурикемия (мочевая кислота (МК) у мужчин ≥ 420 ммоль/л, у женщин ≥ 420 ммоль/л); нарушенная гликемия натощак и нарушенная толерантность к глюкозе (НГН/ НТГ) (повышенный уровень глюкозы плазмы натощак $\geq 6,1$ ммоль/л, глюкоза плазмы через 2 ч при пероральном глюкозотолерантном тесте (ПГТТ) $\geq 7,8$ и $< 11,1$ ммоль/л); гликированный гемоглобин (HbA_{1c}) $\geq 5,5\%$.

С целью выявления различных компонентов МС всем обследованным лицам проводилось клиническое и лабораторное тестирование. Абдоминальное ожирение диагностировалось по результатам измерения ОТ, оценки роста, массы тела с последующим вычислением индекса массы тела (ИМТ) по формуле Кетле [1].

У 62 (100%) пациентов 1-й группы было выявлено абдоминальное ожирение (по ОТ и ИМТ), ИМТ в группе в целом $30,63 \pm 4,19$ кг/м², ОТ $96,85 \pm 11,4$ см, у пациентов 2-й группы показатели были в пределах нормативных величин. ИМТ в группе



в целом $20,6 \pm 1,7$ кг/м², ОТ $73,95 \pm 8,4$ см. У 62 (100%) пациентов 1-й группы была диагностирована АГ 1–2-й стадии с регулярным приемом антигипертензивных препаратов, среди пациентов 2-й группы АГ не диагностировали. Перед ультразвуковым исследованием сосудов всем пациентам групп сравнения измеряли величины систолического АД, включая систолическое АД (САД) и диастолическое АД (ДАД), и рассчитывали среднее артериальное давление (СрАД), как сумму показателя ДАД и трети разности систолического и диастолического давления. В 1-й группе 5 (8,1%) пациентов курили – 2 (40%) мужчин и 3 (60%) женщины, во 2-й группе 2 (10%) пациента курили, обе – женщины.

При биохимическом тестировании крови оценивались уровни ХС, ТГ, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, МК, HbA_{1c}, рассчитывался ИА по формуле:

$$(ХС - ЛПВП) / ЛПВП.$$

Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Диагностика нарушений обмена инсулин-глюкоза осуществлялась на основании исследования ряда параметров. Оценивали уровень глюкозы и инсулина в ГТТ, рассчитывали индексы HOMA-IR и CARO, триглицеридглюкозный индекс (ТГИ) по

стандартным формулам [7]. Всем пациентам проводился ПГТТ по стандартной методике [1]. По результатам нагрузочного теста оценивали фоновые показатели глюкозы и инсулина, параметры глюкозы и инсулина через 2 ч. Основными признаками ИР считали наличие следующих изменений: патологическую динамику глюкозы и инсулина в ГТТ в виде патологического повышения уровня глюкозы и инсулина за границы нормативных величин (глюкоза $\geq 7,8$ ммоль/л, инсулин > 40 мкЕД/мл), патологическое изменение индексов HOMA ($\geq 2,86$) и CARO ($< 0,33$), ТГИ $\geq 3,5$.

Учитывая, что основной признак был у всех пациентов 1-й группы, произведен расчет дополнительных признаков МС. В результате у 13 (21%) пациентов выявлено 2 дополнительных признака, 3 дополнительных признака – у 11 (17,7%) пациентов, 4 признака – у 16 (25,8%) пациентов; 5 признаков – у 9 (14,5%) пациентов, 6 признаков – у 7 (11,3%) пациентов, 7 признаков – у 2 (3,2%) пациентов, 8 признаков – у 2 (3,2%) пациентов, 9 признаков – у 1 (1,6%) пациента, 10 признаков – у 1 (1,6%) пациента.

Для оценки состояния экстракраниальных отделов БЦА (общих сонных артерий (ОСА), внутренних сонных артерий (ВСА), ПА), включая дистальный отдел ПГС, всем обследованным УЗДС

Таблица 1. Показатели биохимического анализа крови в группах сравнения (mean $\pm$ SD, min–max)

Table 1. Indicators of biochemical blood analysis in comparison groups (mean $\pm$ SD, min–max)

Показатели Indicators	1-я группа			2-я группа		
	мужчины men	женщины women	в целом generally	мужчины men	женщины women	в целом generally
ХС, ммоль/л	5.88 $\pm$ 0.94	5.17 $\pm$ 1.05	5.23 $\pm$ 1.06	3.98 $\pm$ 0.89	4.19 $\pm$ 0.80	4.14 $\pm$ 0.8
СН, ммоль/л	5.02–6.93	2.99–8.18	2.99–8.18	2.65–4.9	2.9–5.58	2.65–5.58
ХС ЛПНП, ммоль/л	4.43 $\pm$ 0.73	3.21 $\pm$ 0.96	3.31 $\pm$ 1.00	2.33 $\pm$ 0.77	2.26 $\pm$ 0.61	2.28 $\pm$ 0.63
СН LDL, ммоль/л	3.82–5.56	1.17–6.12	1.17–6.12	1.06–3.12	1.34–3.48	1.06–3.48
ХС ЛПВП, ммоль/л	1.32 $\pm$ 0.21	1.76 $\pm$ 0.38	1.73 $\pm$ 0.39	1.31 $\pm$ 0.12	1.66 $\pm$ 0.32	1.58 $\pm$ 0.32
СН LHD, ммоль/л	1.05–1.58	0.95–2.82	0.95–2.82	1.17–1.49	1.26–2.3	1.17–2.3
ТГ, ммоль/л	2.34 $\pm$ 1.17	1.28 $\pm$ 0.83	1.36 $\pm$ 0.90	1.07 $\pm$ 0.35	0.72 $\pm$ 0.31	0.81 $\pm$ 0.35
ТГ, ммоль/л	1.46–3.66	0.46–5.11	0.46–5.11	0.58–1.54	0.44–1.57	0.44–1.0
ИА	3.50 $\pm$ 0.64	2.03 $\pm$ 0.80	2.15 $\pm$ 0.88	2.05 $\pm$ 0.67	1.55 $\pm$ 0.42	1.68 $\pm$ 0.53
IA	2.65–4.21	0.74–5.79	0.74–5.79	0.99–2.61	0.90–2.26	0.91–2.61
МК, ммоль/л	481.36 $\pm$ 172.4	299.61 $\pm$ 80.7	314.26 $\pm$ 102.1	341.04 $\pm$ 81.0	240.6 $\pm$ 34.3	265.71 $\pm$ 65.1
CC, ммоль/л	359.6–781	102.9–464.7	102.9–781	233.1–422.7	186.9–301.6	186.9–422.7
HbA _{1c} , %	5.1 $\pm$ 0.39	4.88 $\pm$ 0.36	4.90 $\pm$ 0.36	4.74 $\pm$ 0.21	4.81 $\pm$ 0.28	4.79 $\pm$ 0.26
HbA _{1c} , %	4.7–5.6	4.2–5.9	4.2–5.9	4.5–5	4.3–5.4	4.3–5.4

Примечание. Здесь и в табл. 2, 4: для всех параметров приведены средние значения (mean), величина стандартного отклонения (SD), минимальное (min) и максимальное (max) значение параметра выборки.

Note. Here and in Tabl. 2, 4: for all parameters, the average values (mean), the value of the standard deviation (SD), the minimum (min) and maximum (max) values of the sampling parameter are given.



выполняли на ультразвуковом сканере Рускан 60 (Россия) датчиком линейного формата, работающем с частотой от 5 до 13 МГц по стандартной методике [6]. При оценке состояния БЦА анализировали проходимость просветов артерий, состояние КИМ в области бифуркации ПГС, в ОСА и зоне ее бифуркации, во втором сегменте ПА, включая качественные параметры – экзогенность, дифференцировку КИМ на слои, наличие дополнительных включений в структуре КИМ, характер изменений (диффузные, локальные), количественные параметры – толщину КИМ, которую оценивали по задней стенке бифуркации ПГС, задней стенке ОСА на 1–1,5 см проксимальнее зоны ее бифуркации, а также в области бифуркации ОСА. Кроме того, измеряли межинтимальный диаметр ОСА и анализировали наличие внутрипросветных образований. Для получения дополнительной информации о степени структурной перестройки сосудистой стенки и влияния ее на величину внутрипросветного диаметра рассчитывали модифицированный индекс Карнегана (МИК), как соотношение толщины КИМ и внутрипросветного диаметра сосуда [8].

Критериями исключения из исследования были: наличие ультразвуковых признаков стенозов более 50% по диаметру и окклюзий экстра- и интракраниальных отделов БЦА, артериальных аневризм, артериовенозных мальформаций, СД, ИБС, перенесенные острые нарушения мозгового кровообращения, наличие патологических заболеваний центральной нервной системы (рассеянный склероз, нейроинфекции, дегенерации и т.п.), возраст (младше 18 лет и старше 60 лет).

Статистическая обработка осуществлялась с использованием программных пакетов SPSS Statistics версии 23.0 (IBM, США) и R software версии 3.3.2. Нулевую гипотезу отвергали при уровне значимости $p \leq 0,05$. Для описания количественных переменных применяли среднее арифметическое и стандартное отклонение или медиану и квартили (в случае несоответствия распределения показателя нормальному), для качественных – частоту и долю (в процентах). Для количественных зависимых переменных сравнения между группами осуществлялись при помощи *t*-теста Стьюдента, в случае несоответствия распределения переменной нормальному – критерия Манна–Уитни. При изучении корреляций между количественными или порядковыми переменными использовали метод расчета коэффициента корреляции по Пирсону. Для качественных зависимых переменных сравнения частот категорий между группами проводили при помощи критерия χ^2 или точного критерия Фишера.

Результаты

При оценке экоструктуры КИМ у пациентов групп сравнения выявлены различные варианты изменений: появление в структуре КИМ дополнительных слоев повышенной и сниженной экзогенности (патологическая слоистость) (1-й тип), наличие в структуре КИМ единичных либо множественных гиперэхогенных включений (2-й тип), локальные нарушения дифференцировки на слои в сочетании с повышением либо снижением экзогенности КИМ (3-й тип), пациенты, у которых структурные изменения в КИМ отсутствовали (4-й тип). Вышеперечисленные типы изменений КИМ представлены на эхограммах (рис. 1–4).

У всех пациентов с МС зафиксированы изменения экоструктуры КИМ в виде патологической слоистости (100%). В области бифуркации ПГС у 1 (1,6%) пациента, в ОСА диффузные изменения справа у 22 (35,5%), слева у 21 (33,9%) пациента, локальные изменения справа у 35 (56,4%), слева у 36 (58%) пациентов, в области бифуркации ОСА справа у 62 (100 %) пациентов, слева у 55 (88,7%). 2-й тип структурных изменений в виде гиперэхогенных включений был зафиксирован только в ПА у 9 (14,5%) пациентов, 3-й тип – у 6 (9,7%) пациентов 1-й группы в области бифуркации ПГС, у 1 (1,6%) пациента в области ОСА, в области бифуркации ОСА справа у 4 (6,5%), слева у 3 (4,8%) пациентов.

Результаты сравнения частоты патологической слоистости между группами (χ^2) с расчетом уровня значимости p : патологическая слоистость правой ОСА (ПОСА) $p = 0,003$, левой ОСА (ЛОСА) $p = 0,002$, бифуркации ОСА справа $p < 0,000005$, бифуркации ОСА слева $p < 0,000005$.

При количественном анализе толщины КИМ в различных зонах получены следующие данные, представленные в табл. 2.

Толщина КИМ в различных областях БЦА у пациентов с МС статистически достоверно превышала аналогичные показатели у пациентов группы нормы (толщина КИМ ПГС $p < 0,005$, ПОСА $p < 0,0005$, ЛОСА $p < 0,00005$, бифуркации ПОСА $p < 0,00005$, бифуркации ЛОСА $p < 0,000005$). Максимальная выраженность изменений толщины КИМ, так же как и структурной перестройки, фиксировалась в области бифуркации ОСА.

Проводился статистический анализ зависимости толщины КИМ, оцененной в разных сегментах БЦА, от разных параметров с расчетом коэффициента линейной корреляции Пирсона. Результаты представлены в табл. 3.

Для оценки степени влияния изменений сосудистой стенки на величину внутрипросветного

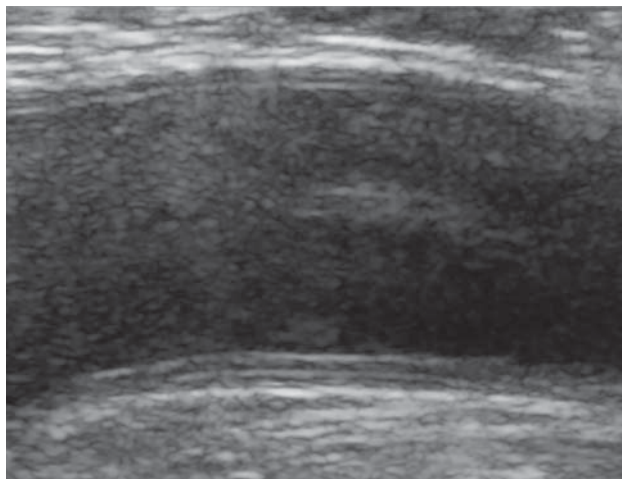
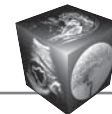


Рис. 1. “Патологическая слоистость” комплекса интима-медиа общей сонной артерии (1-й тип).

Fig. 1. “Pathological layering” of the complex intima-media common carotid artery (type 1).

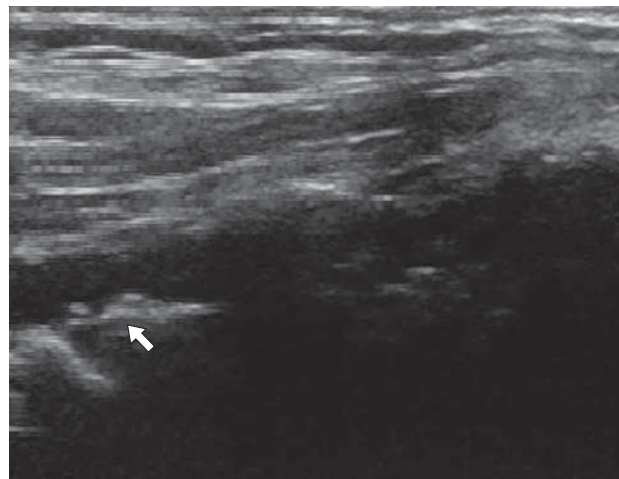


Рис. 2. Единичные гиперэхогенные включения в комплекс интима-медиа позвоночной артерии (стрелка) (2-й тип).

Fig. 2. Single hyperechoic inclusions in the complex intima-media vertebral artery (arrow) (type 2).

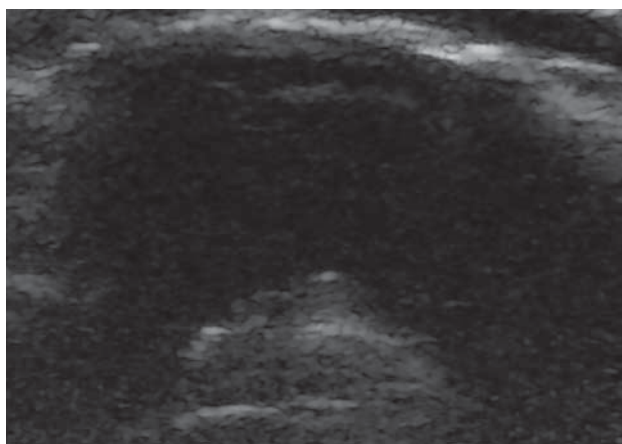


Рис. 3. Равномерное повышение эхогенности в сочетании с полной утратой дифференцировки на слои комплекса интима-медиа в области бифуркации плечеголового ствола (3-й тип).

Fig. 3. Uniform increase of echogenicity in combination with complete loss of differentiation into layers of the complex intima-media in the area of bifurcation brachiocephalic trunk (type 3).

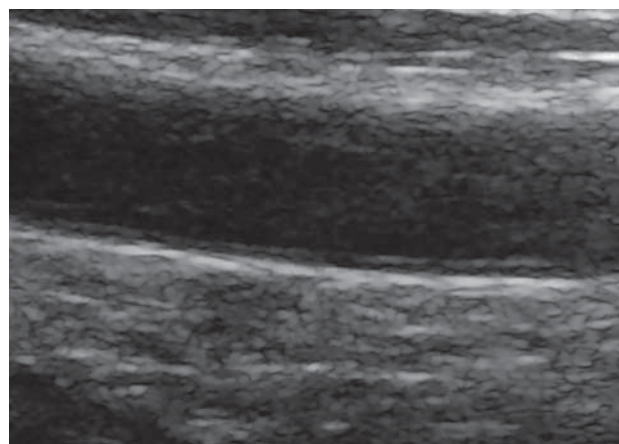


Рис. 4. Нормальная эхоструктура комплекса интима-медиа общей сонной артерии (4-й тип).

Fig. 4. Normal echostructure of the complex intima-media common carotid artery (type 4).

**Таблица 2.** Толщина КИМ у пациентов групп сравнения, мм (mean $\pm$ SD, min–max)**Table 2.** IMT patients of comparison groups, mm (mean $\pm$ SD, min–max)

Артерия Artery		1-я группа			2-я группа		
		мужчины men	женщины women	в целом generally	мужчины men	женщины women	в целом generally
ПГС ВСТ		1.04 $\pm$ 0.17 0.8–1.2	1.09 $\pm$ 0.27 0.7–2.4	1.09 $\pm$ 0.26 0.7–2.4	0.86 $\pm$ 0.05 0.8–0.9	0.88 $\pm$ 0.1 0.7–1	0.88 $\pm$ 0.09 0.7–1
ОСА MCA	Справа Right	0.94 $\pm$ 0.13 0.8–1.1	0.90 $\pm$ 0.15 0.6–1.2	0.90 $\pm$ 0.14 0.6–1.2	0.74 $\pm$ 0.09 0.6–0.8	0.77 $\pm$ 0.1 0.6–0.9	0.76 $\pm$ 0.09 0.6–0.9
	Слева Left	0.92 $\pm$ 0.2 0.7–1.1	0.88 $\pm$ 0.16 0.6–1.2	0.88 $\pm$ 0.17 0.6–1.2	0.70 $\pm$ 0.07 0.6–0.8	0.7 $\pm$ 0.1 0.6–0.9	0.70 $\pm$ 0.09 0.6–0.9
Бифуркация ОСА Bifurcation MCA	Справа Right	1.4 $\pm$ 0.85 0.9–2.9	1.16 $\pm$ 0.25 0.7–2.6	1.18 $\pm$ 0.32 0.7–2.9	0.74 $\pm$ 0.09 0.6–0.8	0.77 $\pm$ 0.1 0.6–0.9	0.76 $\pm$ 0.09 0.6–0.9
	Слева Left	1.06 $\pm$ 0.23 0.7–1.3	1.1 $\pm$ 0.22 0.6–2.2	1.09 $\pm$ 0.22 0.6–2.2	0.72 $\pm$ 0.11 0.6–0.9	0.72 $\pm$ 0.1 0.6–0.9	0.72 $\pm$ 0.1 0.6–0.9

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа (коэффициенты линейной корреляции Пирсона) между толщиной КИМ, оцененной в разных сегментах БЦА, и различными факторами**Table 3.** Results of correlation analysis (Pearson linear correlation coefficients) between thickness of IMT estimated in different BCA segments and various factors

Параметры Parameters	Бифуркация ПГС Bifurcation ВСТ	ПОСА RCCA	ЛОСА LCCA	Бифуркация ПОСА Bifurcation RCCA	Бифуркация ЛОСА Bifurcation LCCA
Возраст Age	0.425	0.426	0.430	0.276	0.391
Масса тела Weight	0.302	0.470	0.400	0.454	0.432
ИМТ BMI	0.335	0.389	0.355	0.394	0.497
ОТ OT	0.364	0.396	0.405	0.468	0.503
САД SBP	0.318	0.374	0.304	0.377	0.305
ДАД DP	0.298	0.391	0.401	0.406	0.345
СрАД Av BP	0.325	0.407	0.381	0.418	0.348
ХС CH	–	0.392	0.359	0.249	0.436
ХС ЛПНП CH LDL	0.302	0.418	0.449	0.348	0.523
ТГ TG	0.282	0.356	0.384	0.412	0.533
ИА IA	0.267	0.281	0.334	0.274	0.431
HbA _{1c}	0.282	–	–	–	–
Глюкоза фон Glucose background	–	0.313	0.291	0.360	0.292

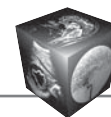


Таблица 3 (окончание).

Table 3 (end).

Параметры Parameters	Бифуркация ПГС Bifurcation BCT	ПОСА RCCA	ЛОСА LCCA	Бифуркация ПОСА Bifurcation RCCA	Бифуркация ЛОСА Bifurcation LCCA
Инсулин фон Insulin background	–	0.269	–	0.342	0.415
Инсулин после нагрузки Insulin after exercise	–	–	–	0.266	0.256
ТГИ TGI	0.275	0.386	0.417	0.507	0.542
Индекс НОМА Index HOMA	–	0.316	0.263	0.431	0.449
Индекс CARO Index CARO	–	–	–	0.253	0.318
Относительный прирост глюкозы Relative increase glucose	–	–	–	0.286	0.288
ХС/ТГ CH/TG	–	–	–	0.234	–

Примечание. Значимой корреляции нет.

Note. There is no significant correlation.

Таблица 4. Межинтимальные диаметры ОСА и МИК у пациентов групп сравнения (mean ± SD, min–max)

Table 4. Interintimal diameters of MCA and IMT patients of comparison groups (mean ± SD, min–max)

Признак Sign	1-я группа			2-я группа		
	мужчины men	женщины women	в целом generally	мужчины men	женщины women	в целом generally
Диаметр ПОСА, мм Diameter RCCA, mm	5.56 ± 0.65 4.7–6.3	5.82 ± 0.66 4.6–8.4	5.8 ± 0.66 4.6–8.4	5.86 ± 0.83 5–6.8	5.35 ± 0.49 4.5–6.5	5.47 ± 0.61 4.5–6.8
Диаметр ЛОСА, мм Diameter LCCA, mm	5.7 ± 0.49 5.1–6.4	5.58 ± 0.60 4.0–7.8	5.59 ± 0.53 4.0–7.8	5.56 ± 0.93 4.8–7	5.35 ± 0.56 4.4–6.2	5.4 ± 0.65 4.4–7.0
МИК справа MIC right	0.17 ± 0.03 0.14–0.22	0.16 ± 0.03 0.1–0.23	0.16 ± 0.03 0.1–0.23	0.13 ± 0.03 0.09–0.16	0.14 ± 0.02 0.11–0.17	0.14 ± 0.02 0.09–0.17
МИК слева MIC left	0.16 ± 0.03 0.13–0.19	0.16 ± 0.03 0.10–0.23	0.16 ± 0.03 0.1–0.23	0.13 ± 0.03 0.09–0.16	0.13 ± 0.02 0.1–0.16	0.13 ± 0.02 0.09–0.16

диаметра производили измерение межинтимального диаметра ОСА с последующим расчетом МИК. Полученные данные представлены в табл. 4.

Межинтимальный диаметр ОСА у пациентов с МС демонстрировал тенденцию к превышению аналогичного показателя у лиц группы контроля. Однако при статистическом анализе не выявлено достоверных различий этого показателя у пациентов групп сравнения ($p > 0,05$). При этом МИК у пациентов с МС был достоверно выше, чем ана-

логичный показатель у пациентов группы нормы, о чем свидетельствуют результаты статистического анализа с расчетом уровня значимости (МИК справа $p = 0,013$, МИК слева $p = 0,0005$). Также выявлена корреляционная зависимость между показателем МИК с толщиной КИМ, оцененной в разных зонах. Для области бифуркации ПГС коэффициент корреляции Пирсона (k) составил 0,356, ПОСА $k = 0,718$, ЛОСА $k = 0,846$, в области бифуркации ОСА справа $k = 0,431$, слева $k = 0,519$.



Обсуждение

Различные параметры, составляющие основу МС, оказывают отрицательное влияние на структуру сосудистой стенки БЦА, приводя к характерным изменениям ряда качественных и количественных характеристик, что было продемонстрировано результатами проведенного исследования. У пациентов с МС в 100% случаев выявлены структурные изменения КИМ в виде “патологической слоистости”, локализованные в ПГС, ОСА, зоне ее бифуркации. Специфичность этого вида изменений для пациентов с МС подтверждается результатами статистического анализа (патологическая слоистость ПОСА $p = 0,003$, ЛОСА $p = 0,002$, бифуркации ОСА справа $p < 0,000005$, бифуркации ОСА слева $p < 0,000005$). В 14% случаев выявлены изменения в виде единичных гиперэхогенных включений в структуре стенок ПА.

Преобладание определенных типов изменений структурной перестройки сосудистой стенки и их локализация в определенных участках БЦА, вероятно, зависит от особенностей строения стенок артерий (мышечно-эластические, мышечные) и особенностей фоновой гемодинамики, в частности, в виде наличия физиологического турбулентного кровотока [4, 9]. Подобные результаты были получены в исследованиях других авторов [10–11], посвященных изучению состояния КИМ ОСА у пациентов с СД 2 типа. Учитывая, что МС является предшественником СД 2 типа, можно предположить, что изменения, выявляемые при данном заболевании, развиваются до дебюта СД 2 типа и являются аналогичными таковым при МС, что подтверждается результатами морфологических исследований [12].

Изменения в виде локального повышения либо снижения эхогенности КИМ в сочетании с полной утратой дифференцировки на слои, выявленные в области бифуркации ПГС и бифуркации ОСА при исследовании в В-режиме, характерны для нестенозирующего атеросклеротического процесса, который также может встречаться у пациентов с МС. Различия эхоструктурных характеристик КИМ и преимущественных зон локализации при данном поражении определяются особенностями распространения атеросклеротического процесса в организме человека и его морфогенезом [4, 9, 12–15]. Различия эхоструктурных изменений КИМ БЦА при МС и нестенозирующем атеросклеротическом поражении могут быть использованы при дифференциальной диагностике этих процессов.

В проведенном исследовании получены прямые корреляционные зависимости между толщиной КИМ, оцененной в различных сегментах БЦА, и рядом показателей, как напрямую связанных

с МС (ИМТ, ОТ, САД, ДАД, СрАД, ХС ЛПНП, ТГ, ИА, гликированный гемоглобин, фоновые уровни инсулина и глюкозы, уровень инсулина после нагрузочного тестирования, ТГИ, индексы НОМА, Caro, относительный прирост глюкозы и соотношение ХС и ТГ МК), так и не имеющих прямой взаимосвязи с этим состоянием (пол, возраст, курение), что согласуется с данным других авторов [7–11]. Измерения гемодинамических параметров кровотока и их корреляция с уменьшением межинтимального диаметра ОСА не проводились, так как данные показатели не раскрывают цель статьи. Структурная перестройка сосудистой стенки может сопровождаться ее утолщением с вторичным влиянием на внутрисосудистый диаметр, приводя к его уменьшению и потенциальному ограничению объемного притока крови к веществу головного мозга. При оценке межинтимального диаметра ОСА и производного показателя в виде МИК у пациентов групп сравнения были выявлены статистически достоверные различия только для показателя МИК, что соответствует результатам существующих исследований [7].

По результатам проведенного исследования могут быть сделаны следующие выводы.

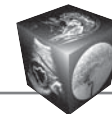
Выводы

1. Структурные изменения комплекса интима-медиа сонных артерий, бифуркации плечевого ствола, позвоночных артерий в виде патологической слоистости и единичных гиперэхогенных включений в структуре сосудистой стенки являются специфическими признаками метаболической ангиопатии, что подтверждается результатами статистического анализа и может быть использовано в дифференциальной диагностике с другими сосудистыми поражениями.

2. Толщина комплекса интима-медиа в бифуркации плечевого ствола и общих сонных артериях у пациентов с метаболическим синдромом статистически достоверно превышает аналогичный показатель у лиц без метаболического синдрома.

3. Структурные изменения комплекса интима-медиа у пациентов с метаболическим синдромом преобладают в общей сонной артерии и зоне ее бифуркации.

4. Толщина комплекса интима-медиа в области бифуркации плечевого ствола, общей сонной артерии и зоне ее бифуркации демонстрирует прямую корреляционную зависимость от возраста, массы тела, индекса массы тела, окружности талии, систолического, диастолического, среднего артериального давления, уровня холестерина, холестерина липопротеинов низкой плотности,



триглицеридов, гликированного гемоглобина, фоновой глюкозы, фонового инсулина и инсулина после нагрузки, триглицеридглюкозного индекса, индекса атерогенности, индексов HOMA, CARO, относительного прироста глюкозы, отношения холестерина к триглицеридам.

5. Модифицированный индекс Карнегана у пациентов с метаболическим синдромом статистически значимо превышает аналогичный показатель у практически здоровых лиц и демонстрирует прямую корреляционную зависимость с толщиной комплекса интима-медиа, оцененной в разных сегментах брахиоцефальных артерий.

Участие авторов

Вахитова А.Р. – проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, статистический анализ и интерпретация полученных данных, написание и редактирование текста, участие в научном дизайне, ответственность за целостность всех частей статьи.

Бердалин А.Б. – сбор и обработка данных, статистический анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

Лелюк В.Г. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Лелюк С.Э. – концепция и дизайн исследования, обзор публикаций по теме статьи, участие в научном дизайне, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Vakhitova A.R. – conducting research, collection and analysis of data, review of publications, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, participation in scientific design, preparation and creation of the published work, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Berdalin A.B. – collection and analysis of data, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing.

Lelyuk V.G. – concept and design of the study, review of publications, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Lelyuk S.E. – concept and design of the study, review of publications, participation in scientific design, approval of the final version of the article.

Список литературы

1. Мычка В.Б., Верткин А.Л., Вардаев Л.И., Дружилов М.А., Ипаткин Р.В., Калинин А.Л., Кузнецова И.В., Кузнецова Т.Ю. Консенсус экспертов по междисциплинарному подходу к ведению, диагностике и лечению больных с метаболическим синдромом. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2013; 12 (6): 41–82.
2. Архипова Э.В. Метаболический синдром: патогенез, критерии диагностики и лечение. *Вестник БГУ. Медицина и фармация*. 2019; 2: 3–9. <https://doi.org/10.18101/2306-1995-2019-2-3-9>
3. Шарипова Г.Х., Саидова М.А., Жернакова Ю.В., Чазова И.Е. Влияние метаболического синдрома на поражение сердца у больных артериальной гипертензией. *Альманах клинической медицины*. 2015; 1: 102–110. <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2015-1-102-110>
4. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Дифференциальный диагноз в ультразвуковой ангиологии. М.: Реал Тайм, 2019. 44 с.
5. Kamenskiy A., Pipinos I.I., Carson J.S., MacTaggart J.N., Baxter B.T. Age and disease-related geometric and structural remodeling of the carotid artery. *J. Vasc. Surg.* 2015; 6: 1521–1528. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2014.10.041>
6. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Методика ультразвукового исследования сосудистой системы: технология сканирования, нормативные показатели. М.: Реал Тайм, 2019. 48 с.
7. Sasaki N., Maeda R., Ozono R. et al. Association of Flow Parameters and Diameter in the Common Carotid Artery with Impaired Glucose Metabolism. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*. 2002; 29 (5): 654–666. <https://doi.org/10.5551/jat.62790>
8. Рзаева Р.А. Наличие метаболического синдрома не влияет на толщину комплекса “интима-медиа” и интерадвентициальный диаметр магистральных сосудов у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа. *Казанский медицинский журнал*. 2018; 99 (2): 235–239. <https://doi.org/10.17816/KMJ2018-235>
9. Башук В.В., Аносова Е.В., Процаев К.И., Павлова Т.В., Кветной И.М., Большаков А.А. Комплекс интима-медиа как новый морфофункциональный объект оценки тяжести полиморбидности. *Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация*. 2013; 147 (4): 22–27.
10. Pacifico L., Bonci E., Andreoli G. et al. Association of serum triglyceride-to-HDL cholesterol ratio with carotid artery intima-media thickness, insulin resistance and nonalcoholic fatty liver disease in children and adolescents. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2014; 24 (7): 737–743. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.01.010>
11. Jia X., Zhu Y., Qi Y. et al. Association between triglyceride glucose index and carotid intima-media thickness in obese and nonobese adults. *J. Diabetes*. 2022; 14 (9): 596–605. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.13312>
12. Ефимов А.С. Диабетические ангиопатии. М.: Медицина, 1989. 228 с.
13. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. Ультразвуковая ангиология. Изд. 3-е. М.: Реал тайм, 2007. 416 с.
14. Головин Д.А., Лелюк С.Э., Лелюк В.Г. Ультразвуковая оценка выраженности диабетической макро- и микроангиопатии у больных сахарным диабетом 2-го типа. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2016; 3: 72–81.
15. Арутюнян Н.М., Лелюк С.Э. Ультразвуковые критерии диагноза ранних проявлений диабетической макроангиопатии у пациентов с сахарным диабетом второго типа. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2007; 5: 76–83.
16. Ивашкин В.Т., Драпкина О.М., Корнеева О.Н. Клинические варианты метаболического синдрома. М.: Мединформ. агентство, 2011. 220 с.



References

1. Mychka V.B., Vertkin A.L., Vardaev L.I. et al. Experts' consensus on the interdisciplinary approach towards the management, diagnostics, and treatment of patients with metabolic syndrome. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2013; 12 (6): 41–81. (In Russian)
2. Arkhipova E.V. Metabolic syndrome: pathogenesis, diagnostic criteria and treatment. *BSU bulletin. Medicine and pharmacy*. 2019; 2: 3–9. <https://doi.org/10.18101/2306-1995-2019-2-3-9> (In Russian)
3. Sharipova G.Kh., Saidova M.A., Zhernakova Yu.V., Chazova I.E. The influence of metabolic syndrome on heart abnormalities in patients with arterial hypertension. *Almanac of Clinical Medicine*. 2015; 1: 102–110 (In Russian)
4. Lelyuk V.G., Lelyuk S.E. Differential diagnosis in ultrasound angiology. Moscow: Real Time, 2019. 44 p. (In Russian)
5. Kamenskiy A., Pipinos I.I., Carson J.S., MacTaggart J.N., Baxter B.T. Age and disease-related geometric and structural remodeling of the carotid artery. *J. Vasc. Surg.* 2015; 6: 1521–1528. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2014.10.041>
6. Lelyuk V.G., Lelyuk S.E. Methods of ultrasound examination of vascular system: scanning technology, normative indicators. M.: Real Time, 2019. 48 p. (In Russian)
7. Sasaki N., Maeda R., Ozono R. et al. Association of Flow Parameters and Diameter in the Common Carotid Artery with Impaired Glucose Metabolism. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*. 2002; 29 (5): 654–666. <https://doi.org/10.5551/jat.62790>
8. Rzaeva R.A. Presence of metabolic syndrome does not influence intima-media thickness and interadventitial diameter of main arteries in patients with type 2 diabetes mellitus. *Kazan Medical Journal*. 2018; 99 (2): 235–239. <https://doi.org/10.17816/KMJ2018-235> (In Russian)
9. Bashuk V.V., Anosova E.V., Prashchayeu K.I., et al. The intima-media complex as new morphofunctional object for investigation of processes of polymorridity *Scientific Bulletins. Series: Medicine, Pharmacy*. 2013; 147 (4): 22–27. (In Russian)
10. Pacifico L., Bonci E., Andreoli G. et al. Association of serum triglyceride-to-HDL cholesterol ratio with carotid artery intima-media thickness, insulin resistance and nonalcoholic fatty liver disease in children and adolescents. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2014; 24 (7): 737–743. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.01.010>
11. Jia X., Zhu Y., Qi Y. et al. Association between triglyceride glucose index and carotid intima-media thickness in obese and nonobese adults. *J. Diabetes*. 2022; 14 (9): 596–605. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.13312>
12. Efimov A.S. Diabetic angiopathies. M.: Medicine, 1989. 228 p. (In Russian)
13. Lelyuk V.G., Lelyuk S.E. Ultrasound angiology. Pub. 3. M.: Real time, 2007. 416 p. (In Russian)
14. Golovin D.A., Lelyuk S.Eh., Lelyuk V.G. Ultrasound in Assessment of Diabetic Macroangiopathy and Microangiopathy in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2016; 3: 72–81. (In Russian)
15. Arutyunyan N.M., Lelyuk S.E. Ultrasound Diagnostic Criteria of Diabetic Macroangiopathy Early Manifestation in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2007; 5: 76–83. (In Russian)
16. Ivashkin V.T., Drapkina O.M., Korneeva O.N. Clinical variants of metabolic syndrome. M.: Med. inform. Agency, 2011. 220 p. (In Russian)

Для корреспонденции*: Вахитова Алия Рустемовна – e-mail: aliafat@yandex.ru

Вахитова Алия Рустемовна – врач ультразвуковой диагностики ГБУЗ “Городская поликлиника № 64, филиал № 2 ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0009-0005-3986-6586>

Бердалин Александр Берикович – канд. мед. наук, старший научный сотрудник ФГБУ “Федеральный центр мозга и нейротехнологий” ФМБА России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5387-4367>

Лелюк Владимир Геннадьевич – доктор мед. наук, профессор, руководитель МПМЦ “Сосудистая клиника на Патриарших”; руководитель отдела клинической и экспериментальной физиологии кровообращения ФГБУ “Федеральный центр мозга и нейротехнологий” ФМБА России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9690-8325>

Лелюк Светлана Эдуардовна – доктор мед. наук, профессор, руководитель МПМЦ “Сосудистая клиника на Патриарших”; профессор кафедры ультразвуковой диагностики ФГБОУ ДПО “Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8428-8037>

Contact*: Aliya R. Vakhitova – e-mail: aliafat@yandex.ru

Aliya R. Vakhitova – ultrasound specialist, City Polyclinic No. 64 branch No. 2, Moscow Department of Healthcare, Moscow. <https://orcid.org/0009-0005-3986-6586>

Alexander B. Berdalin – Cand. of Sci. (Med.), Senior Research assistant, “Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5387-4367>

Vladimir G. Lelyuk – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Vascular Clinic on the Patriarchs; Head of department clinical and experimental physiology of circulatory system, ultrasound and functional diagnostics, Federal center of brain research and neurotechnologies” of the Federal Medical Biological Agency, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9690-8325>

Svetlana E. Lelyuk – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Vascular Clinic on the Patriarchs; Professor of the Department of Ultrasound Diagnostics, Russian Medical Academy of Continuing Professional, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8428-8037>