

Микрокальциноз в атеросклеротической бляшке сонной артерии — признак нестабильности?

Балахонova Т. В., Погорелова О. А., Кошурникова М. В., Трипотень М. И., Бойцов С. А.

Цель. Оценить возможности ультразвуковой технологии MicroPure для выявления микрокальциноза в атеросклеротической бляшке (АСБ) сонной артерии у пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС).

Материал и методы. Обследовано 50 пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями ($65,62 \pm 11,12$ лет, 34 муж.), из них 25 пациентов ОКС ($64,0 \pm 11,5$ лет, 19 муж.) и 25 пациентов с хронической ишемической болезнью сердца (ИБС) ($67,2 \pm 10,7$ лет, 15 муж.). Пациентам было проведено стандартное клинико-лабораторное обследование и ультразвуковое исследование сонных артерий на системе Canon Aplio a550 (Япония) с линейным датчиком с частотой 14,0 МГц. Сканирование выявленных АСБ проводили в В-режиме и режиме MicroPure для анализа микрокальцинатов (МК). Оценивали факт наличия МК в АСБ, количество МК (единичные или множественные), локализацию МК в АСБ (в покрышке, в теле, в основании, сочетанная локализация).

Результаты. МК в АСБ были выявлены у всех пациентов с ОКС, тогда как в группе пациентов с ИБС в 2 раза реже (100% vs 48%, $p=0,0001$). МК чаще выявлялись в покрышке и в теле АСБ у пациентов группы ОКС, чем в АСБ пациентов группы ИБС (43% vs 23%, $p=0,0125$ и 55,4% vs 14,6%, $p<0,001$, соответственно). В обеих группах выявлялись как единичные, так и множественные МК, в группе ОКС 26,3% и 73,7%, в группе ИБС 28,12% и 71,8%, соответственно ($p>0,05$).

Заключение. У пациентов с ОКС выявлено статистически значимое преобладание МК АСБ сонных артерий по сравнению с пациентами с ИБС. Выявление МК с помощью новых ультразвуковых технологий может быть важным признаком нестабильности АСБ.

Ключевые слова: атеросклеротическая бляшка, сонные артерии, ультразвуковое исследование, микрокальциноз, острый коронарный синдром.

Отношения и деятельность: нет.

ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е. И. Чазова Минздрава России, Москва, Россия.

Балахонova Т. В.* — д.м.н., профессор, г.н.с., руководитель лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов; профессор кафедры ультразвуковой и функциональной диагностики с курсом лучевой диагностики Института подготовки кадров высшей квалификации, ORCID: 0000-0002-7273-6979, Погорелова О. А. — к.м.н., с.н.с. лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов, доцент кафедры ультразвуковой и функциональной диагностики с курсом лучевой диагностики Института подготовки кадров высшей квалификации, ORCID: 0000-0001-7897-4727, Кошурникова М. В. — к.м.н., м.н.с. лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов, ORCID: 0000-0002-3292-6823, Трипотень М. И. — к.м.н., с.н.с. лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов, ORCID: 0000-0003-4462-3894, Бойцов С. А. — д.м.н., профессор, академик РАН, генеральный директор, ORCID: 0000-0003-2087-6483.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): tvbdoc@gmail.com

АСБ — атеросклеротическая бляшка, ИБС — ишемическая болезнь сердца, МК — микрокальцинаты, ОКС — острый коронарный синдром, КТ — компьютерная томография, ПЭТ — позитронно-эмиссионная томография, СА — сонная артерия, ТИМ — толщина комплекса интима-медиа, УЗИ — ультразвуковое исследование, SMI — superb microvascular imaging.

Рукопись получена 24.10.2024

Рецензия получена 25.12.2024

Принята к публикации 03.03.2025



Для цитирования: Балахонova Т. В., Погорелова О. А., Кошурникова М. В., Трипотень М. И., Бойцов С. А. Микрокальциноз в атеросклеротической бляшке сонной артерии — признак нестабильности? *Российский кардиологический журнал*. 2025;30(9):6170. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6170. EDN: BFQLNO

Carotid plaque microcalcification — a sign of instability?

Balakhonova T. V., Pogorelova O. A., Koshurnikova M. V., Tripoten M. I., Boytsov S. A.

Aim. To evaluate the potential of the MicroPure ultrasound technology for detecting microcalcification in carotid plaques in patients with acute coronary syndrome (ACS).

Material and methods. The study included 50 patients with cardiovascular diseases ($65,62 \pm 11,12$ years, 34 men), including 25 patients with ACS ($64,0 \pm 11,5$ years, 19 men) and 25 patients with chronic coronary artery disease (CAD) ($67,2 \pm 10,7$ years; 15 men). The patients underwent standard clinical and laboratory examination, as well as carotid ultrasound using a Canon Aplio a550 system (Japan) of 14,0 MHz. Scanning of the detected plaques was performed in B-mode and MicroPure mode for microcalcification analysis. Plaque microcalcification as such, the number (single or multiple) and location (cap, body, base, combined location) of microcalcifications in plaques were assessed.

Results. Plaque microcalcification was detected in all patients with ACS, whereas in the group of patients with CAD they were detected twice as rarely (100% vs 48%, $p=0,0001$). Microcalcifications were more often detected in the plaque cap and body in patients with ACS than in patients with CAD (43% vs 23%, $p=0,0125$ and 55,4% vs 14,6%, $p<0,001$, respectively). In both groups, both single and multiple microcalcifications were detected as follows: 26,3% and 73,7% in the ACS group and 28,12% and 71,8% in the CAD group, respectively ($p>0,05$).

Conclusion. Significant predominance of carotid plaque microcalcifications was detected in patients with ACS compared to patients with CAD. Detection of microcalcifications using novel ultrasound technologies may be an important sign of atherosclerotic plaque instability.

Keywords: atherosclerotic plaque, carotid arteries, ultrasound examination, microcalcification, acute coronary syndrome.

Relationships and Activities: none.

Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia.

Balakhonova T. V.* ORCID: 0000-0002-7273-6979, Pogorelova O. A. ORCID: 0000-0001-7897-4727, Koshurnikova M. V. ORCID: 0000-0002-3292-6823, Tripoten M. I. ORCID: 0000-0003-4462-3894, Boytsov S. A. ORCID: 0000-0003-2087-6483.

*Corresponding author:

tvbdoc@gmail.com

Received: 24.10.2024 **Revision Received:** 25.12.2024 **Accepted:** 03.03.2025

For citation: Balakhonova T. V., Pogorelova O. A., Koshurnikova M. V., Tripoten M. I., Boytsov S. A. Carotid plaque microcalcification — a sign of instability? *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(9):6170. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6170. EDN: BFQLNO

Ключевые моменты

- Впервые применена новая ультразвуковая технология MicroPure для выявления микрокальциноза в атеросклеротической бляшке (АСБ) сонной артерии у пациентов с острым коронарным синдромом и стабильной ишемической болезнью сердца.
- У пациентов с острым коронарным синдромом микрокальцинаты в АСБ сонной артерии встречаются чаще, чем у пациентов с ишемической болезнью сердца.
- Выявление микрокальцинатов с помощью ультразвукового исследования может быть важным признаком нестабильности АСБ.

Key messages

- Novel MicroPure ultrasound technology was used for the first time to detect microcalcifications in the carotid plaque in patients with acute coronary syndrome and stable coronary artery disease.
- In patients with acute coronary syndrome, carotid plaque microcalcifications are more common than in patients with coronary artery disease.
- Detection of microcalcifications using ultrasound may be an important sign of plaque instability.

Нестабильные атеросклеротические бляшки (АСБ) в каротидном бассейне являются непосредственной причиной острых ишемических и коронарных событий у пациентов с атеросклерозом. Выявление признаков высокого риска АСБ сонных артерий (СА) имеет важные клинические последствия для точной стратификации риска. Согласно концепции "нестабильный пациент — нестабильная бляшка" у пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС) АСБ с признаками нестабильности обнаруживают на разных участках артерий [1]. С помощью ультразвуковых методов визуализации можно выявить следующие критерии нестабильной АСБ: гипоехогенная и анэхогенная структура АСБ, неоднородная структура АСБ, особенно с прилежащим к просвету гипоехогенным компонентом, неровная поверхность АСБ, наличие неоваскуляризации АСБ, наличие точечной кальцификации [2]. Локальный кальциноз в АСБ СА рассматривают как один из дополнительных признаков (ancillary features) нестабильной АСБ при стратификации риска инсульта в классификации АСБ Plaque-RADS 2024г наряду с положительным ремоделированием, воспалительными изменениями в периваскулярной жировой ткани СА, выраженностью АСБ СА и прогрессированием процента стеноза [3]. Показано в ряде исследований, что кальцификация бляшек развивается в результате зависимых от воспаления механизмов и участвует в прогрессировании и регрессии атеросклероза. При прогрессировании АСБ преобладающие провоспалительные макрофаги способствуют начальному отложению кальция в некротическом ядре, что называется микрокальцификацией [4]. В результате разрешения хронического воспаления происходит макроскопическое отложение кальция в АСБ, что называется макрокальцинозом, что говорит о стабильности АСБ. Известно, что сосудистая кальцификация является независимым фактором рис-

ка сердечно-сосудистых заболеваний, изучается клиническое применение биохимических маркеров в качестве значимых предикторов сердечно-сосудистых заболеваний и событий [5].

В настоящее время выявить кальциноз СА можно с помощью различных методов визуализации: магнитно-резонансной, позитронно-эмиссионной, компьютерной томографии (КТ) и ультразвукового исследования (УЗИ). Новые ультразвуковые технологии позволяют по-новому посмотреть на визуализацию кальциноза в АСБ. Литературные данные о применении ультразвуковой технологии MicroPure для визуализации микрокальциноза в АСБ СА малочисленны.

Целью нашего исследования было определить возможности ультразвуковой технологии MicroPure для выявления микрокальциноза в АСБ СА у пациентов с ОКС.

Материал и методы

Исследование было проведено в лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов Института клинической кардиологии им. А.Л. Мясникова ФГБУ "НМИЦ Кардиологии им. акад. Е.И. Чазова" Минздрава России. В исследование включено 50 пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (средний возраст $65,62 \pm 11,12$, 34 мужчины). Первую группу составили 25 пациентов, перенесшие ОКС (средний возраст $64,0 \pm 11,5$ года, 19 мужчин). Вторую группу — 25 пациентов с хронической ишемической болезнью сердца (ИБС) (средний возраст $67,2 \pm 10,7$ лет, 15 мужчин).

Пациенты прошли стандартное обследование с применением клинико-лабораторных методов исследования в зависимости от диагноза и сопутствующей патологии и УЗИ экстракраниального отдела брахиоцефальных артерий по описанной ранее методике [6].

УЗИ экстракраниального отдела брахиоцефальных артерий проводили на ультразвуковом сканере Canon Aplio a550 (Япония), с линейным датчиком с частотой 14,0 МГц. АСБ считали локальное образование, высту-

Таблица 1
Клиническая характеристика пациентов

	Пациенты с ОКС (n=25)	Пациенты с ИБС (n=25)	P
Возраст, лет	64,0±11,5	67,2±10,7	p>0,05
Мужчины, n (%)	19 (76%)	15 (60%)	p>0,05
Курение, n (%)	12 (48%)	11 (45%)	p>0,05
АГ, n (%)	23 (92%)	22 (88%)	p>0,05
СД, n (%)	7 (28%)	7 (28%)	p>0,05
Глюкоза	5,6 [5,25; 7,25]	5,1 [4,6; 5,7]	p=0,02
ОХС, ммоль/л	4,85 [4,2; 5,65]	3,66 [3,27; 4,42]	p=0,004
ТГ, ммоль/л	1,31 [1,17; 1,75]	1,22 [0,81; 1,54]	p>0,05
ХС ЛНП, ммоль/л	2,81 [2,55; 3,78]	1,9 [1,59; 2,75]	p=0,002
ХС ЛВП, ммоль/л	0,95 [0,82; 1,12]	1,18 [0,93; 1,53]	p=0,02
ИМТ, кг/м ²	27,5 [25,5; 30,0]	27 [25; 30]	p>0,05

Сокращения: АГ — артериальная гипертензия, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМТ — индекс массы тела, ОКС — острый коронарный синдром, ОХС — общий холестерин, СД — сахарный диабет, ТГ — триглицериды, ХС ЛНП — холестерин липопротеинов высокой плотности, ХС ЛВП — холестерин липопротеинов низкой плотности.

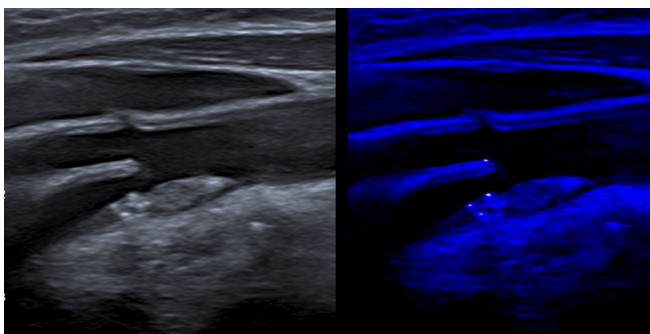


Рис. 1. Ультразвуковое изображение АСБ в области бифуркации общей СА и устье внутренней СА в двойном режиме: слева изображение в В-режиме, справа — в режиме MicroPure.

Примечание: цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

пающее в просвет артерии как минимум на 0,5 мм от величины окружающей толщины комплекса интима-медиа (ТИМ), или на величину, равную 50% от величины окружающей ТИМ, или образование с увеличением ТИМ >1,5 мм. Степень стенозирования СА определяли по критериям ECST (European Carotid Surgery Trial) (исходный диаметр артерии в месте стеноза/диаметр просвета артерии в месте стеноза × 100%). Визуализацию выявленных АСБ проводили в В-режиме и режиме MicroPure, где оценивалось наличие микрокальцинатов (МК), отображаемых в виде точечных флуоресцентных сигналов на синем фоне (рис. 1). Оценивали факт наличия МК в АСБ, количество МК (единичные или множественные), локализацию МК в АСБ (в покрышке, в теле, в основании, сочетанная локализация). Множественные МК определяли при наличии ≥3 флуоресцентных сигналов в АСБ [7]. Клиническая характеристика больных, включенных в исследование, представлена в таблице 1.

Группы были сопоставимы по полу, возрасту, наличию факта курения, основным факторам риска атеросклероза. В группе пациентов с ОКС уровни общего холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности были достоверно выше, уровень холестерина липопротеинов высокой плотности достоверно ниже, чем в группе пациентов с ИБС. Выраженность атеросклероза СА в обеих группах была сопоставима. Стенозы СА составили от 20 до 85% в обеих группах.

Статистический анализ проведен при помощи программы Statistica 6.0. Количественные переменные описаны медианой и интерквартильным размахом (Me) [Q25; Q75] или средним и стандартным отклонением ($M \pm SD$). Качественные показатели описаны относительными частотами в процентах. Оценка различий между независимыми группами для непрерывных показателей проводится при помощи критерия Манна-Уитни, для дискретных — при помощи точного теста Фишера. Значимость различий для всех проверяемых гипотез устанавливали на уровне $p < 0,05$.

Результаты

Нами было проанализировано 74 АСБ пациентов группы ОКС и 82 АСБ пациентов группы с ИБС. МК в АСБ были выявлены у всех пациентов с ОКС, тогда как в группе пациентов с ИБС в 2 раза реже (100% vs 48%, $p=0,0001$) (рис. 2 А).

В группе пациентов с ОКС достоверно чаще выявлялись АСБ с наличием МК (77% vs 39%, $p=0,047$) (рис. 2 Б). Также МК достоверно чаще выявлялись в покрышке и в теле АСБ у пациентов группы ОКС, чем в АСБ пациентов группы ИБС (43% vs 23%, $p=0,0125$ и 55,4% vs 14,6%, $p<0,001$, соответственно) (табл. 2).

В обеих группах равно выявлялись как единичные, так и множественные МК, в группе ОКС 26,3% и 73,7%, в группе ИБС 28,12% и 71,8%, соответственно ($p>0,05$).

Обсуждение

Распределение и характер кальцификации бляшек СА играют важную роль в определении стабильности бляшек [8]. Некоторые формы кальциноза, такие как "кольцевидное усиление" в гиподенсных АСБ (по данным КТ-ангиографии), указывают на наличие воспалительной активности и внутрибляшечного кровоизлияния. Другие формы, такие как распространенные узловатые кальцинаты, могут придавать большую механическую стабильность АСБ, и соответствуют меньшему риску эмболизации. Показано, что мелкие и фрагментированные кальцинаты коронарных бляшек ассоциируются с более высокой степенью нестабильности АСБ [9]. Поверхностные и множественные кальцинаты ассоциированы с внутрибляшечными кровоизлияниями и как следствие повышенным риском инсульта [10]. Локальный кальциноз СА мо-

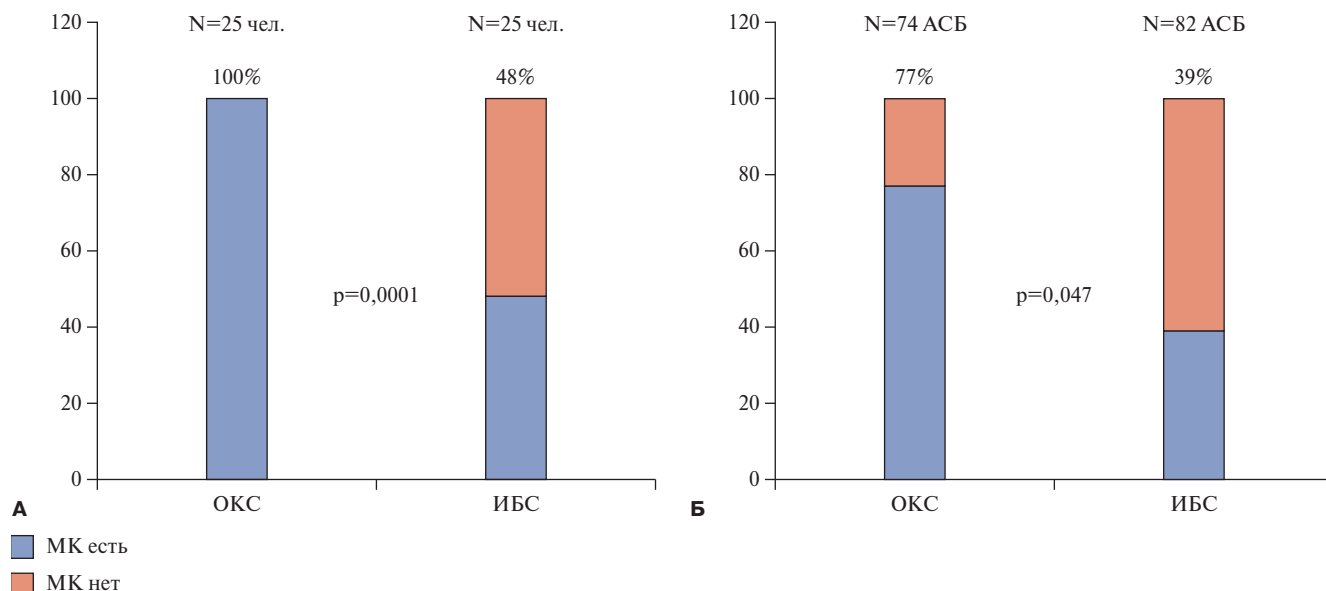


Рис. 2. Наличие МК в АСБ СА (MicroPure) у пациентов с ОКС по сравнению со стабильной ИБС. **А)** частота МК у пациентов ОКС и ИБС, **Б)** частота МК в АСБ СА у пациентов ОКС и ИБС.

Сокращения: АСБ — атеросклеротическая бляшка, ИБС — ишемическая болезнь сердца, МК — микрокальцинаты, ОКС — острый коронарный синдром.

Таблица 2
Сравнение параметров МК в АСБ пациентов ОКС и ИБС

	Группа ОКС, N=74 АСБ	Группа ИБС, N=82 АСБ	p
Стеноз АСБ СА, %	45 [32,5; 57,5]	45 [35; 60]	>0,05
Наличие МК, n (%)	57 (77)	32 (39)	0,047
МК в покрышке, n (%)	32 (43)	19 (23)	0,0125
МК в теле, n (%)	41 (55,4)	12 (14,6)	<0,001
МК в основании, n (%)	10 (13,5)	10 (12,2)	>0,05
Сочетанная локализация МК, n (%)	38 (51,3)	15 (18,3)	0,0001

Сокращения: АСБ — атеросклеротическая бляшка, ИБС — ишемическая болезнь сердца, МК — микрокальцинаты, ОКС — острый коронарный синдром, СА — сонная артерия.

жет быть предиктором неблагоприятных цереброваскулярных событий [3].

Современные методы визуализации позволяют использовать различные подходы для оценки геометрии, характера распределения, размера и состава кальцификации СА. В данном пилотном исследовании мы попытались оценить возможности ультразвуковой технологии MicroPure для выявления микрокальциноза в АСБ СА у пациентов с ОКС, у которых выявляют нестабильные АСБ в коронарных артериях и в других сосудистых бассейнах [1].

Технология MicroPure состоит в оптимизации ультразвукового изображения, разработанной для улучшения визуализации МК. По сравнению с изображением в В-режиме изображение MicroPure позволяет выделить изолированные точки и улучшить очертания микрокальцификаций относительно окружающей

ткани. При ультразвуковом сканировании МК видны точечными флуоресцентными сигналами белого цвета на синем фоне и хорошо заметны для наблюдения.

Применение MicroPure позволяет определить точечный кальциноз в АСБ с хорошей чувствительностью и специфичностью по сравнению с позитронно-эмиссионной КТ (ПЭТ КТ). ПЭТ КТ с ^{18}F -NaF в настоящее время является единственным неинвазивным методом определения микрокальцификации в АСБ [11]. В исследовании Ruan W, et al. (2021) авторы оценивали возможности метода MicroPure в определении МК в АСБ СА по сравнению с ПЭТ КТ [8]. УЗИ с технологией MicroPure показало чувствительность 81,08% и специфичность 71,43% в выявлении МК при сравнении с ПЭТ КТ. Не было существенных различий по частоте выявления МК ($p=0,180$) при применении двух методов.

Выявление МК с помощью ультразвуковой технологии MicroPure может быть новым маркером для оценки стабильности АСБ в дополнение к традиционным ультразвуковым признакам нестабильных АСБ. Yang S, et al. (2021) провели исследование, целью которого был анализ эффективности использования метода MicroPure для оценки нестабильности АСБ СА [12]. Было проанализировано 142 АСБ у 72 пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения и транзиторной ишемической атаке, в возрасте 65 лет, с ≥ 1 фактором риска атеросклероза. МК с помощью MicroPure были выявлены в 62% бляшек. АСБ с наличием МК характеризовались большей длиной, высотой АСБ и склонностью к разрыву АСБ. 78,4% бляшек с МК были определены как нестабильные и только 37,0% из АСБ без МК ($p<0,001$). При про-

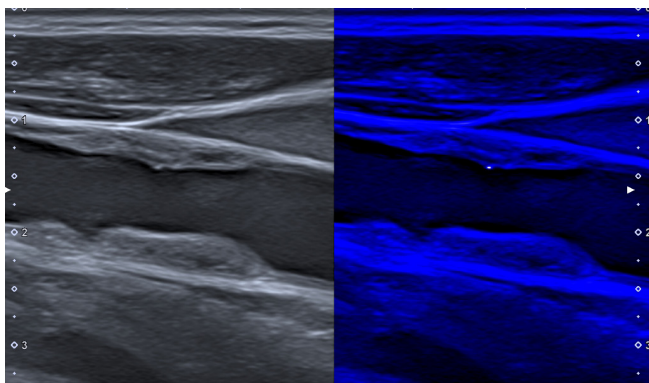


Рис. 3. Ультразвуковое изображение АСБ с единичным МК в покрышке в режиме MicroPure.

Примечание: цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

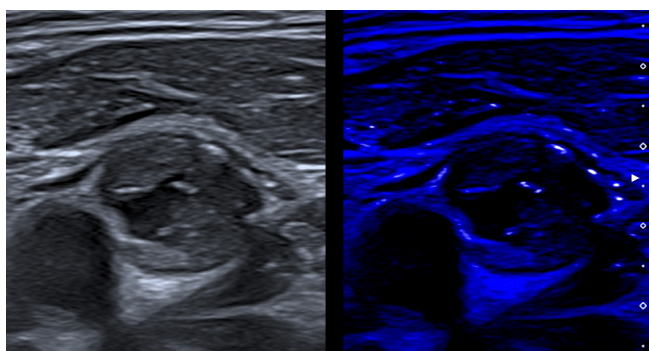


Рис. 4. Ультразвуковое изображение АСБ с множественными МК в режиме MicroPure.

Примечание: цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

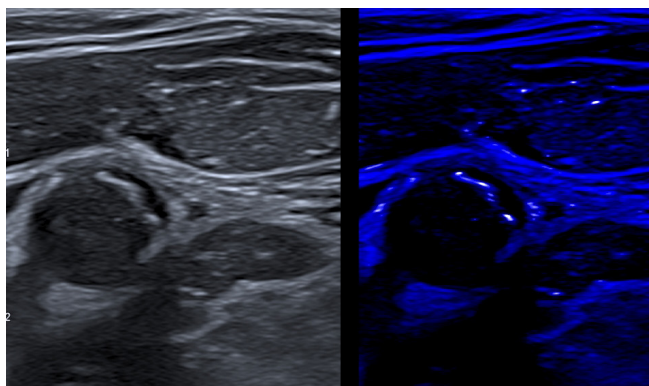


Рис. 5. Ультразвуковое изображение АСБ с множественными МК в покрышке в режиме MicroPure.

Примечание: цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

ведении ROC-анализа чувствительность и специфичность в выявлении нестабильных бляшек составила 71,9 и 73,6%, соответственно.

В исследовании Forsberg F, et al. изучали возможности двух методов обработки ультразвукового изображения АСБ (MicroPure и SMI — superb microvascular imaging), позволяющих оценить такие биомаркеры нестабильных АСБ, как микрокальцификация и нео-

васкуляризация у пациентов перед каротидной эн-дартерэктомией [13]. MicroPure и SMI сравнивались с обычным УЗИ, КТ-ангиографией и патоморфологическим исследованием. МК с помощью MicroPure были обнаружены во всех АСБ и это было подтверждено патоморфологическим исследованием. Однако результаты, полученные с помощью MicroPure, статистически значимо не были связаны с другими показателями оценки неоваскуляризации в АСБ ($p>0,13$). Авторами был сделан вывод, что метод SMI имеет потенциал для оценки нестабильности бляшек, тогда как метод MicroPure представляется менее эффективным применительно к оценке состояния СА.

Признаки нестабильности АСБ СА у пациентов ОКС были изучены с помощью традиционного УЗИ [6, 14]. В исследовании, проведенном ранее, мы рассматривали локальный кальциноз как небольшие гиперэхогенные участки в теле АСБ с ультразвуковой тенью и без нее (размерами до 2,0 мм) при визуальной оценке изображения в В-режиме [6]. У больных ОКС при УЗИ СА чаще встречались такие признаки нестабильной АСБ, как гетерогенная структура, гипозоногенный компонент, неровная поверхность, муральный рост и "слоистая" структура АСБ по сравнению с больными стабильной ИБС. Нами не было выявлено статистически значимых отличий по параметру локального кальциноза АСБ в каротидном бассейне у больных ОКС и стабильной ИБС — 23,2 и 23,4%, соответственно. При исследовании пациентов с ОКС старческого возраста признаки нестабильности АСБ по данным УЗИ были выявлены в 85,2% случаев, локальный кальциноз в АСБ СА выявлен в 19,4% случаев, показана высокая сопоставимость УЗИ и КТ ($K=0,864$, $p<0,001$) [14].

Применение новой ультразвуковой технологии MicroPure в настоящем исследовании выявило МК в АСБ СА у всех пациентов с ОКС по сравнению с ИБС (100% vs 48%, $p=0,0001$). У пациентов ОКС достоверно чаще выявлялись АСБ с наличием МК (77% vs 39%, $p=0,047$) по сравнению с ИБС. Эти данные сопоставимы с данными Yang S, et al. (2021), в которых большинство нестабильных бляшек имели МК по данным MicroPure [10]. В нашем исследовании МК у пациентов с ОКС чаще встречались в покрышке АСБ, в теле АСБ, но не в основании (рис. 3-5). В исследовании Yang S, et al. процент нестабильных АСБ был выше в случае расположения множественных и единичных МК на поверхности АСБ, по сравнению с АСБ без МК по данным MicroPure ($p<0,001$ и $p=0,007$, соответственно). Связь поверхностного распределения кальцификации с низкой плотностью кальцинозов по данным мультиспиральной КТ может свидетельствовать о потенциальной нестабильности АСБ. Так, при сопоставлении данных мультиспиральной КТ о плотности кальциевых депозитов и локализации их в АСБ отмечено статистически достоверное преобладание

низкой эквивалентной плотности кальциевых депозитов при поверхностном кальцинозе АСБ ($p=0,002$) [15]. Vengrenyuk Y, et al. с помощью математических моделей показали, что МК, внедренные в фиброзную покрывку, могут вызывать локальные концентрации напряжений, которые могут отрицательно влиять на биомеханическую стабильность покрывки АСБ [16]. По данным Yang S, et al. (2018), поверхностные и множественные кальцификаты в АСБ СА связаны с внутривенными кровоизлияниями СА, и они могут служить суррогатным маркером АСБ высокого риска [10]. Выявление МК в покрывке АСБ с помощью новых ультразвуковых технологий может быть важным признаком нестабильности АСБ.

Ограничения исследования. Не было сделано сравнения частоты выявления МК, определяемых с помощью режима MicroPure и традиционного В-режима.

Заключение

Обсуждаемые в литературе фенотипы кальциноза АСБ, в т.ч. микрокальциноз, представляют собой актуальную проблему диагностики и могут определять клиническую значимость АСБ. У пациентов с ОКС выявлено статистически значимое преобладание МК АСБ СА по сравнению с пациентами с ИБС. МК в покрывке и теле АСБ чаще встречались у пациентов с ОКС по сравнению с ИБС. Выявление МК в покрывке АСБ с помощью новых ультразвуковых технологий может быть важным признаком нестабильности АСБ.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Naghavi M, Libby P, Falk E, et al. From vulnerable plaque to vulnerable patient: a call for new definitions and risk assessment strategies: Part I. *Circulation*. 2003;108(14):1664-72. doi:10.1161/01.CIR.0000087480.94275.97.
- Picano E, Paterni M. Ultrasound tissue characterization of vulnerable atherosclerotic plaque. *Int J Mol Sci*. 2015;16(5):10121-33. doi:10.3390/ijms160510121.
- Saba L, Cau R, Murgia A, et al. Carotid Plaque-RADS: A Novel Stroke Risk Classification System. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2024;17(1):62-75. doi:10.1016/j.jcmg.2023.09.005.
- Shioi A, Ikari Y. Plaque Calcification During Atherosclerosis Progression and Regression. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*. 2018;25(4):294-303. doi:10.5551/jat.RV17020.
- Ragino YI, Kashtanova EV, Murashov IS, et al. The Study of Biochemical Factors of Calcification of Stable and Unstable Plaques in the Coronary Arteries of Man. *Kardiologiya*. 2020;60(2):83-8. (In Russ.). Рагино Ю.И., Каштанова Е.В., Мурашов И.С. и др. Исследование биохимических факторов кальцификации стабильных и нестабильных бляшек в коронарных артериях человека. *Кардиология*. 2020;60(2):83-8. doi:10.18087/cardio.2020.2.n775.
- Pogorelova OA, Tripoten MI, Guchaeva DA, et al. Carotid Plaque Instability in Patients With Acute Coronary Syndrome as Assessed by Ultrasound Duplex Scanning. *Kardiologiya*. 2017;57(12):5-15. (In Russ.). Погорелова О.А., Трипотень М.И., Гучаева Д.А. и др. Признаки нестабильности атеросклеротической бляшки в сонных артериях у больных с острым коронарным синдромом по данным ультразвукового дуплексного сканирования. *Кардиология*. 2017;57(12):5-15. doi:10.18087/cardio.2017.12.1006.
- Ruan W, He Y, Shao X, et al. The ability of MicroPure® ultrasound technique to identify microcalcifications in carotid plaques. *Clin Neurol Neurosurg*. 2021;201:106401. doi:10.1016/j.clineuro.2020.106401.
- Saba L, Nardi V, Cau R, et al. Carotid Artery Plaque Calcifications: Lessons From Histopathology to Diagnostic Imaging. *Stroke*. 2022;53(1):290-7. doi:10.1161/STROKEAHA.121.035692.
- Pugliese L, Spiritiglozzi L, Di Tosto F, et al. Association of plaque calcification pattern and attenuation with instability features and coronary stenosis and calcification grade. *Atherosclerosis*. 2020;311:150-7. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2020.06.021.
- Yang J, Pan X, Zhang B, et al. Superficial and multiple calcifications and ulceration associate with intraplaque hemorrhage in the carotid atherosclerotic plaque. *Eur Radiol*. 2018;28(12):4968-77. doi:10.1007/s00330-018-5535-7.
- Patil S, Teichner E, Subtirelu R, et al. Bilateral Carotid Artery Molecular Calcification Assessed by [18F] Fluoride PET/CT: Correlation with Cardiovascular and Thromboembolic Risk Factors. *Life (Basel)*. 2023;13(10):2070. doi:10.3390/life13102070.
- Yang S, Cai J, He Y, et al. Usability of Ultrasonic MicroPure Imaging for Evaluating the Vulnerability of Carotid Atherosclerotic Plaques. *J Ultrasound Med*. 2021;40(12):2727-34. doi:10.1002/jum.15671.
- Forsberg F, Machado P, Stanczak M, et al. Assessing carotid plaque neovascularity and calcifications in patients prior to endarterectomy. *J Vasc Surg*. 2019;70(4):1137-44. doi:10.1016/j.jvs.2019.02.020.
- Konstantinova EV, Sagatelyan AA, Bogdanova AA, et al. Comparative assessment of the signs of instability of atherosclerotic plaques in the carotid arteries in elderly patients with acute coronary syndrome with duplex scanning and computed tomography angiography. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(9):3275. (In Russ.). Константинова Е.В., Сарателян А.А., Богданова А.А. и др. Сравнительная оценка признаков нестабильности атеросклеротических бляшек в сонных артериях у пациентов с острым коронарным синдромом старческого возраста по данным дуплексного сканирования и компьютерной томографической ангиографии. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022;21(9):3275. doi:10.15829/1728-8800-2022-3275.
- Kokov AN, Masenko VL, Mukhamadiyarov RA. Equivalent density of calcium deposits — a new diagnostic pattern of atherocalcinosis. Regional circulation and microcirculation. 2024;23(1):26-36. (In Russ.). Кокос А.Н., Масенко В.Л., Мухамадияров Р.А. Эквивалентная плотность кальциевых депозитов — новый диагностический паттерн атерокальциноза. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2024;23(1):26-36. doi:10.24884/1682-6655-2024-23-1-26-36.
- Vengrenyuk Y, Carlier S, Xanthos S, et al. A hypothesis for vulnerable plaque rupture due to stress-induced debonding around cellular microcalcifications in thin fibrous caps. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006;103(40):14678-83. doi:10.1073/pnas.0606310103.