

Количественная оценка эхогенности атеросклеротических бляшек сонных артерий и ее значение в клинической практике

М.И. Трипотень¹, О.А. Погорелова¹, Л.Ш. Хамчиева¹,
И.П. Колос², В.С. Шишкина³, И.В. Архипов⁴,
А.В. Гаврилов³, А.Н. Рогоза¹, Т.В. Балахонова¹

¹ Институт клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ
“Российский кардиологический научно-производственный комплекс”
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

² ФГБУ “Государственный научно-исследовательский центр
профилактической медицины” Министерства здравоохранения
Российской Федерации, г. Москва

³ ФГБОУ ВО “Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова”, г. Москва

⁴ ФГБНУ “Российский научный центр хирургии
имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва

М.И. Трипотень – к.м.н., научный сотрудник лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов отдела новых методов диагностики Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. О.А. Погорелова – к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов отдела новых методов диагностики Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. Л.Ш. Хамчиева – аспирант лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов отдела новых методов диагностики Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. И.П. Колос – к.м.н., врач-кардиолог отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма и электрокардиостимуляции ФГБУ “Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. В.С. Шишкина – к.б.н., научный сотрудник кафедры клеточной биологии и гистологии биологического факультета ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”, г. Москва. И.В. Архипов – ведущий инженер лаборатории электрофизиологии и нагрузочных тестов ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского”, г. Москва. А.В. Гаврилов – к.т.н., заведующий лабораторией медицинских компьютерных систем Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”, г. Москва. А.Н. Рогоза – д.б.н., профессор, руководитель отдела новых методов диагностики Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва. Т.В. Балахонова – д.м.н., профессор, руководитель лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов отдела новых методов диагностики Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва.

Контактная информация: 121552 г. Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15а, отдел новых методов диагностики. Трипотень Мария Ильинична. Тел. (факс): +7 (499) 414-64-18. E-mail: tmi-doc@yandex.ru

Исследование по оценке медианы серой шкалы (GSM) атеросклеротических бляшек в сонных артериях проводилось с помощью ультразвукового аппарата iU22 (Philips, Нидерланды) и рабочей станции MultiVox (Гаммамед, Россия). На первом этапе работы сопоставлялись результаты оценки GSM, полученные с помощью рабочей станции MultiVox (GSM MV) и программы Adobe Photoshop (GSM AP), при исследовании 25 атеросклеротических бляшек в сонных артериях. Показаны высокая корреляция и хорошая согласованность результатов измерения (метод Блэнда–Алтмана). В этой же группе при измерении GSM MV продемонстрирована высокая внутриоператорская и межоператорская воспроизводимость. На втором этапе работы была изучена 51 атеросклеротическая бляшка со стенозированием просвета сосуда более 70% (44 пациента в возрасте 51–83 года, которым проведена каротидная эндартерэктомия с последующим гистологическим анализом матери-

ала атеросклеротических бляшек). Во всех случаях проводились измерения GSM MV, значения которой достоверно не различались в подгруппах стабильных и нестабильных атеросклеротических бляшек: 52,5 (42,0–64,6) против 46,4 (34,4–59,7) (медиана, интерквартильный размах). Определялся значительный разброс значений GSM MV в подгруппе нестабильных атеросклеротических бляшек, что делает более обоснованной оценку GSM MV по зонам атеросклеротической бляшки. Метод определения GSM, реализованный в рабочей станции MultiVox, может применяться в медицинских исследованиях и использоваться вместо стандартной программы Adobe Photoshop.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, сонная артерия, атеросклеротическая бляшка, медиана серой шкалы (GSM), воспроизводимость, согласованность, каротидная эндартерэктомия, гистологическое исследование.

ВВЕДЕНИЕ

Существенный прогресс в развитии диагностических ультразвуковых систем позволяет с высокой точностью оценивать структуру и морфологию атеросклеротической бляшки (АСБ), выявлять ее осложнения. Для описания структурных характеристик АСБ и прогнозирования локальных гемодинамических эффектов, а также возможности развития осложнений используется классификация, включающая комплексное описание АСБ по различным качественным (структуре, распространенности, форме АСБ, состоянию поверхности) и количественным (% стеноза, длина и высота АСБ, скорость кровотока) параметрам [1–3].

Основная задача на современном этапе диагностики – выявление не просто гетерогенных, а нестабильных АСБ сонных артерий. Ультразвуковые системы экспертного уровня позволяют выявить наиболее значимые изменения структуры и поверхности АСБ для идентификации ее нестабильности. Ультразвуковыми маркерами нестабильности АСБ являются [4]:

- 1) наличие гипоэхогенной или преимущественно гипоэхогенной (более 50%) АСБ, гипоэхогенного или анэхогенного участка, прилежащего к просвету артерии;
- 2) гетерогенная структура АСБ;
- 3) наличие неровной, изъязвленной поверхности бляшки;
- 4) гемодинамически значимый стеноз более 70%;
- 5) наличие неоваскуляризации бляшки по данным ультразвукового исследования с контрастным усилением.

Критериями нестабильности АСБ по данным гистологического исследования, которое является “золотым стандартом” в данном вопросе, являются: резкое преобладание очагов атероматоза над участками фиброза и кальциноза, истончение покрышки и инфильтрация ее липофагами, изъязвление покрышки, формирование тромбов и наличие другого потенциально эмбологенного материала на разрушенной поверхности бляшки. При гемодинамически значимом стенозе АСБ значительно чаще имеют нестабильную структуру [4–6].

Ряд исследований показали, что эхогенность АСБ играет важную роль в оценке прогноза риска развития сердечно-сосудистых событий [4, 7–10]. Для количественной оценки эхогенности бляшки на сегодняшний день используется метод расчета медианы серой шкалы (grey-scale median (GSM)) – частоты распространения пикселей серого цвета в области интереса. Традиционно GSM оценивается при помощи компьютерной программы Adobe Photoshop [11].

Для расчета GSM ультразвуковые изображения АСБ переносятся в программу Adobe Photoshop, где проводится нормализация изображения по референсным значениям белого и черного цветов (от 0 до 5 и от 180 до 200 соответственно). Нормализация – это важный этап в процессе обработки изображения АСБ для исключения операторзависимой и приборзависимой вариабельности [11].

Целью настоящего исследования являются разработка и апробирование нового метода оценки эхогенности АСБ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В лаборатории ультразвуковых методов исследования сосудов отдела новых методов диагностики Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Москва) для обработки ультразвукового изображения здоровых и атеросклеротически измененных стенок артерий используется рабочая станция MultiVox (Гаммамед, Россия). Рабочая станция позволяет обеспечивать хранение и обработку изображений разных визуализирующих методик, таких как рентгенография, ультразвуковое исследование, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография. При помощи рабочей станции была разработана и реализована методика оценки эхогенности АСБ (модифицированная методика оценки GSM).

Задачами первого этапа работы являются определение GSM АСБ по модифицированной методике на рабочей станции MultiVox (GSM MV) и сопоставление полу-

ченных результатов со стандартной методикой определения GSM при помощи программы Adobe Photoshop (GSM AP). Также на этом этапе была проведена внутриоператорская и межоператорская воспроизводимость определения GSM MV.

В исследование было включено 25 АСБ различной эхогенности. Традиционное ультразвуковое дуплексное сканирование сонных артерий проводилось на ультразвуковой системе iU22 (Philips, Нидерланды) с определением структуры АСБ и степени выраженности атеросклеротического поражения. Изображения полученных АСБ были сохранены в формате DICOM на рабочей станции MultiVox, где методом ручного оконтуривания были определены интенсивность АСБ, интенсивность просвета и интенсивность адвентиции. Далее при помощи специального программного алгоритма, включающего нормализацию изображения по референсным значениям черного и белого, была вычислена модифицированная GSM (GSM MV). Также изображения данных АСБ были сохранены в программе Adobe Photoshop, где по общепринятой методике была оценена GSM AP [11].

Задачей второго этапа нашей работы явилось изучение ультразвуковых характеристик АСБ с определением GSM MV, выявленных при дуплексном сканировании у больных со стенозирующим атеросклерозом сонных артерий. Этим больным по показаниям была выполнена операция каротидной эндартерэктомии с гистологическим исследованием материала АСБ.

На данном этапе в исследование была включена 51 АСБ со стенозированием просвета сосуда более 70% (44 пациента, средний возраст $65,2 \pm 7,6$ года ($M \pm \sigma$) (51–83 года), 26 мужчин, 40,9% (18) имели острые нарушения мозгового кровообращения/транзиторные ишемические атаки в анамнезе, 93,2% (41) страдали артериальной гипертонией). Всем пациентам было проведено стандартное дуплексное сканирование сонных артерий на ультразвуковой системе iU22 (Philips, Нидерланды) с сохранением изображений исследуемых АСБ в формате DICOM в базе прибора и на рабочей станции MultiVox. В течение месяца пациентам была проведена операция каротидной эндартерэктомии. Во время операции в 47 случаях проводился забор биологи-

ческого материала удаленной бляшки с последующим детальным гистологическим изучением покрышки, тела и плечей АСБ.

Критериями нестабильности АСБ по данным гистологического исследования являлись: величина АСБ, изъязвление и разрывы покрышки, пристеночный тромбоз, проникновение потенциально эмбологенного материала из бляшки в просвет внутренней сонной артерии, а также степень выраженности отдельных компонентов АСБ (низкое содержание гладкомышечных клеток и компонентов матрикса; крупное некротическое ядро с большим количеством липидов, кристаллов холестерина и атероматозных масс; выраженная инфильтрация покрышки и плеч АСБ клетками воспаления, а также наличие вновь образованных сосудов и кровоизлияний) [6, 12].

Статистический анализ данных проводили с использованием программы Statistica 7.0. Гипотезы о нормальности распределения проверяли с помощью теста Шапиро–Уилка. Количественные параметры, подчиняющиеся нормальному распределению, представлены в виде $M \pm \sigma$, минимального – максимального значений. Количественные параметры, не подчиняющиеся нормальному распределению, представлены в виде медианы, 25–75-го перцентилей (интерквартильный размах), минимального – максимального значений. Использовались t-критерий Стьюдента, ранговый коэффициент корреляции Спирмена (r_s), метод Блэнда–Алмана, критерий χ^2 с поправкой Йетса. Уровень значимости при $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты первого этапа нашей работы показали, что средние значения GSM MV достоверно не отличались от значений GSM AP: 55,8 (41,9–65,8, 26,4–110,8) и 58,0 (37,0–67,0, 25,0–104,0) (медиана, интерквартильный размах, минимальное – максимальное значения) соответственно ($P = 0,90$). При корреляционном анализе результатов измерения GSM двумя методами выявлена достоверная сильная связь: $r_s = 0,99$, $P < 0,001$ (рис. 1). При измерении GSM АСБ результаты, полученные при помощи рабочей станции MultiVox, превыша-

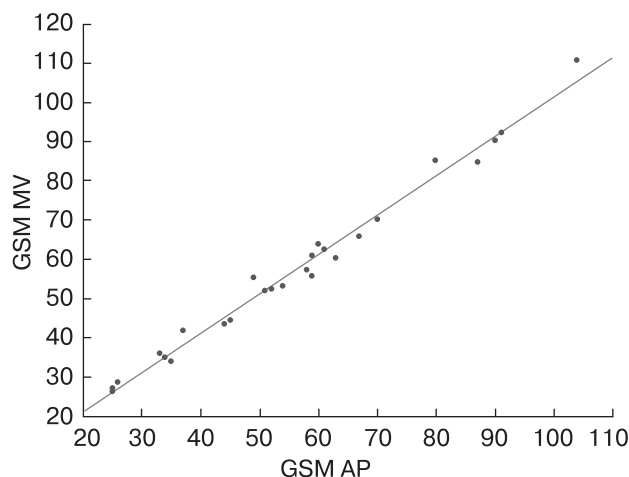


Рис. 1. Корреляционный анализ между значениями GSM MV и GSM AP.

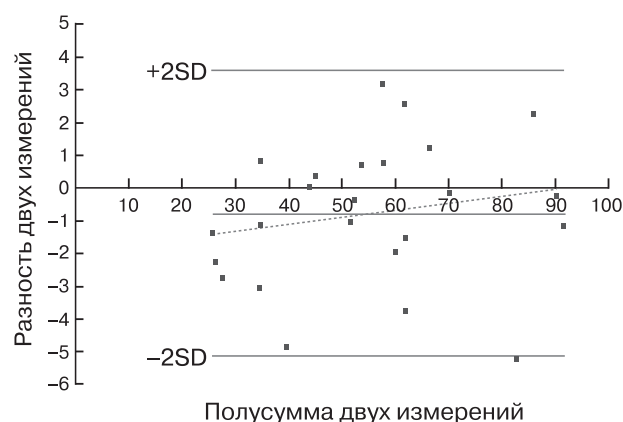


Рис. 2. Сравнение двух методов измерения GSM с помощью анализа Блэнда–Алмана.

ют результаты, полученные при помощи программы Adobe Photoshop, на $0,78 \pm 0,45$, что составляет 1,43% от среднего значения GSM АСБ. Стандартное отклонение различия результатов составило 2,18% от среднего значения GSM (рис. 2). Достоверная сильная корреляционная связь и результаты метода Блэнда–Алмана свидетельствуют о хорошей сопоставимости двух методов.

Внутриоператорская воспроизводимость определения GSM MV оценивалась одним исследователем в течение двух дней, межоператорская – двумя врачами в течение одного дня. При оценке внутриоператорской воспроизводимости результаты второго измерения превышают результаты первого измерения на $0,77 \pm 0,31$ ($P = 0,2$), что составляет 1,17% от среднего значения

Таблица 1. Ультразвуковые критерии структуры бляшек в серой шкале у пациентов с выраженным каротидным атеросклерозом при наличии гистологической верификации (n = 44)

Критерий	Абсолютное количество	Относительное количество, %
Гетерогенность	36 из 47	76,6
Наличие гипоэхогенных зон	30 из 47	63,8
Кальциноз	32 из 47	68,1
Шероховатая, изъязвленная поверхность	26 из 47	55,3

Таблица 2. Ультразвуковые критерии структуры бляшек в серой шкале у пациентов с выраженным каротидным атеросклерозом (n = 51)

Критерий	Абсолютное количество	Относительное количество, %
Гетерогенность	40 из 51	78,4
Наличие гипоэхогенных зон	32 из 51	62,7
Кальциноз	34 из 51	66,7
Шероховатая, изъязвленная поверхность	27 из 51	52,9

GSM. Стандартное отклонение различия результатов составило 1,41% от среднего значения GSM. Коэффициент корреляции Спирмена составляет 0,97 при $P < 0,001$. При оценке межоператорской воспроизводимости результаты измерений первого врача превышают результаты второго врача на $2,12 \pm 0,63$ ($P = 0,03$), что составляет 3,86% от среднего значения GSM. Стандартное отклонение различия результатов составило 2,81% от среднего значения GSM. Коэффициент корреляции Спирмена составляет 0,96 при $P < 0,001$. Полученная высокая внутриоператорская и межоператорская воспроизводимость при измерении GSM MV сопоставима с результатами оценки воспроизводимости GSM AP, которая проводилась различными методами [11, 13, 14].

На втором этапе ультразвуковые изображения 51 АСБ, полученные при дуплексном сканировании сонных артерий пациентов с выраженным каротидным атеросклерозом, были проанализированы в режиме реального времени и обработаны на рабочей станции. Критериями нестабильности АСБ по данным ультразвукового исследования считали: степень выраженности стеноза общей сонной/внутренней сонной артерии более 70%; наличие гипоэхогенной или преимущественно гипоэхогенной (более 50%) бляшки; наличие гипоэхогенной зоны в теле бляшки, прилежащей к просвету артерии; наличие неровной или изъязвленной поверхности бляшки [1, 3].

Преобладали гетерогенные кальцинированные АСБ, большинство бляшек имели гипоэхогенные зоны в теле бляшки, более половины бляшек имели шероховатую или изъязвленную поверхность. Распределение частоты ультразвуковых критериев в зависимости от количества пациентов представлено в табл. 1 и 2.

По данным гистологического исследования 85,1% (40 из 47) АСБ были классифицированы как нестабильные [6, 12], тогда как по результатам ультразвукового дуплексного сканирования как нестабильные были классифицированы 76,5% (39 из 51) АСБ (статистически значимых отличий в частоте встречаемости нестабильных АСБ выявлено не было, $P = 0,50$).

При разделении АСБ больных с выраженным каротидным атеросклерозом на подгруппы стабильных (n = 7) и нестабильных (n = 40) бляшек по данным гистологического исследования достоверных различий ультразвуковых параметров между этими подгруппами выявлено не было (табл. 3).

При разделении АСБ на подгруппы стабильных (n = 12) и нестабильных (n = 39) бляшек по данным ультразвукового дуплексного сканирования выявлено, что в подгруппе нестабильных АСБ достоверно чаще встречались гипоэхогенные участки в теле АСБ (табл. 4).

При оценке GSM MV в подгруппах стабильных и нестабильных АСБ как по данным гистологического, так и по данным

Таблица 3. Частота изучаемых ультразвуковых критериев в подгруппах стабильных и нестабильных АСБ по данным гистологии

Критерий	Стабильные АСБ	Нестабильные АСБ	P
Гетерогенность	85,7% (6 из 7)	75% (30 из 40)	0,89
Наличие гипоехогенных зон	71,4% (5 из 7)	62,5% (25 из 40)	0,98
Кальциноз	71,4% (5 из 7)	67,5% (27 из 40)	0,81
Шероховатая, изъязвленная поверхность	71,4% (5 из 7)	52,5% (21 из 40)	0,60
GSM MV	52,5 42,0–64,6 41,4–69,8	46,4 34,4–59,7 12,4–102,3	0,28

Примечание: GSM MV представлена в виде медианы (первая строка ячейки), интерквартильного размаха (вторая строка ячейки), минимального – максимального значений (третья строка ячейки).

Таблица 4. Частота изучаемых ультразвуковых критериев в подгруппах стабильных и нестабильных АСБ по данным дуплексного сканирования

Критерий	Стабильные АСБ	Нестабильные АСБ	P
Гетерогенность	58,3% (7 из 12)	84,6% (33 из 39)	0,125
Наличие гипоехогенных зон	25,0% (3 из 12)	74,4% (29 из 39)	0,006
Кальциноз	66,7% (8 из 12)	66,7% (26 из 39)	0,75
Шероховатая, изъязвленная поверхность	25,0% (3 из 12)	61,5% (24 из 39)	0,06
GSM MV	42,5 38,2–69,8 23,6–90,4	49,3 34,4–59,7 12,4–102,3	0,94

Примечание: GSM MV представлена в виде медианы (первая строка ячейки), интерквартильного размаха (вторая строка ячейки), минимального – максимального значений (третья строка ячейки).

ультразвукового исследования достоверных различий выявлено не было (см. табл. 3 и 4). Возможно, это можно объяснить тем, что критерии нестабильности по гистологическим и ультразвуковым данным опираются не только на структуру АСБ, но и на размер бляшки (процент стеноза) и состояние поверхности АСБ.

Многочисленные исследования показывают, что нестабильные АСБ имеют низкую эхогенность [9, 15–17]. Однако в ряде работ [14, 18, 19] показано, что это не всегда так. По нашим данным, достоверность различий в зависимости от наличия гипоехогенных зон в проекции АСБ при сравнении стабильных и нестабильных АСБ по данным гистологического исследования не определяется (см. табл. 3). Анализ GSM MV определяет фактически среднее значение эхогенности по бляшке и поэтому может не отразить реальной картины и наличия отдельных компонентов бляшки.

На рис. 3 наглядно показано, что значения GSM MV стабильных и нестабильных АСБ достоверно не отличаются. Однако значительный разброс значений в подгруп-

пе нестабильных АСБ демонстрирует, что определение средней по бляшке GSM MV, вероятно, не так актуально.

На рис. 4 представлен пример АСБ, которая демонстрирует несоответствие критериев гистологического анализа и классических ультразвуковых признаков нестабильности. По результатам гистологического анализа данная АСБ была классифицирована как стабильная, а по данным дуплексного сканирования как нестабильная. В ней присутствуют все классические ультразвуковые признаки нестабильности: гипоехогенный участок АСБ, прилежащий к просвету; фрагментированная покрывка; шероховатая поверхность и гемодинамически значимый стеноз. GSM MV данной АСБ после нормализации изображения (площадь – 0,52 см²) составила 52,2 (см. рис. 4а). GSM MV гипоехогенного участка после нормализации изображения (площадь – 0,06 см²), прилежащего к просвету и имеющего фрагментированную покрывку, – 17,6 (см. рис. 4б).

В ряде исследований встречаются примеры применения специальных программ-

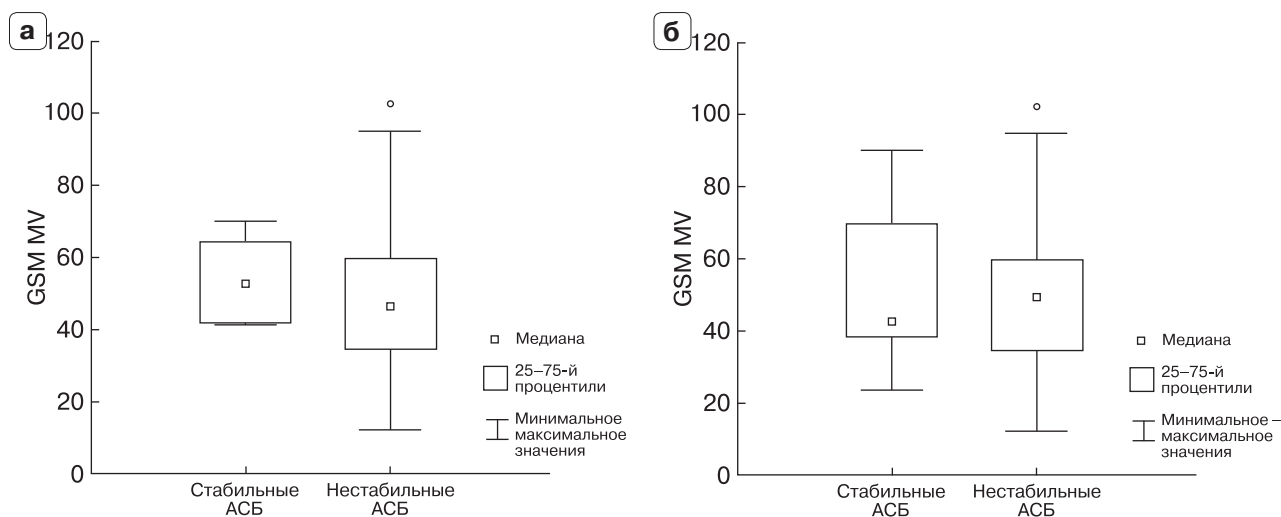


Рис. 3. Диаграммы распределения GSM MV в подгруппах нестабильных и стабильных АСБ по данным гистологического исследования (а) и ультразвукового дуплексного сканирования (б).

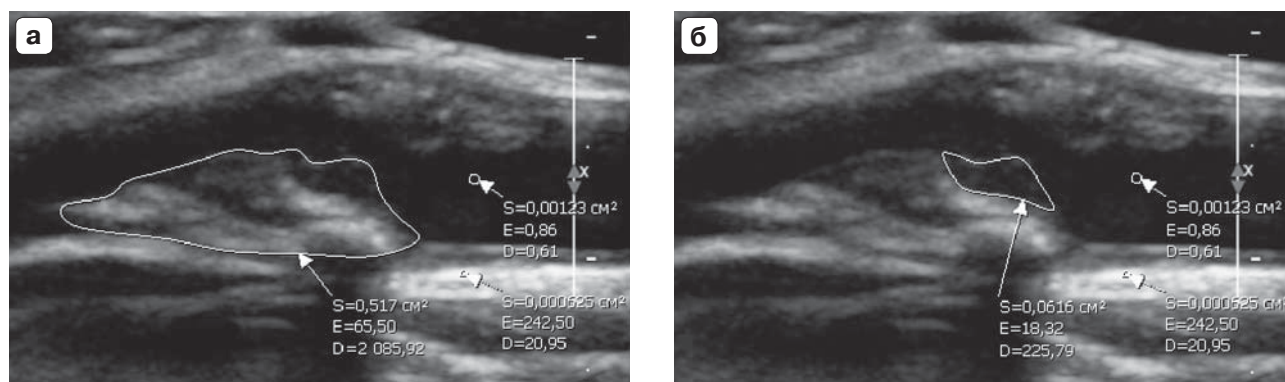


Рис. 4. Ультразвуковое изображение стабильной АСБ. Оценка GSM MV всей АСБ (а) и гипоехогенного участка, прилежащего к просвету (б).

ных алгоритмов для выявления нестабильных АСБ, такие как цветовое картирование участков АСБ, выделение участков АСБ с особыми параметрами [14, 18, 19].

В.К. Lal et al. [14] предложили использование анализа распределения пикселей ультразвукового изображения АСБ для идентификации нестабильных АСБ. После компьютерной обработки ультразвуковых изображений (при сопоставлении данных анализа распределения пикселей ультразвукового изображения с гистологическими данными) авторы показали высокую корреляцию различных тканей (кровь, липидные включения, мышечная ткань, фиброзная ткань и включения кальция) с GSM AP. Полученные данные позволяют выявлять нестабильные АСБ и, возможно,

влиять на дальнейшую тактику лечения больного [14].

В работах R. Sztajzel et al. [18, 19] была предложена комбинация специального цветового картирования GSM АСБ для лучшей идентификации структуры АСБ. Авторы проанализировали каждую АСБ ($n = 31$) по пикселям и предложили использовать картирование участков АСБ красным цветом при GSM AP менее 50, желтым – при GSM AP 50–80, зеленым – при GSM более 80. С учетом гистологических данных, авторами показана хорошая чувствительность метода в выявлении тонкой фиброзной покрывки (73%) и расположения некротического ядра бляшки относительно просвета артерии (84%) [18, 19].

В некоторых работах встречается оценка такого параметра, как площадь гипоэхогенного участка АСБ, прилежащего к просвету артерии, без видимой фиброзной капсулы, с GSM AP менее 25 [13, 17, 20–22]. В ранних работах было показано, что у симптомных АСБ некротическое ядро расположено достоверно ближе к просвету сосуда, чем у асимптомных АСБ [20]. Гипоэхогенный участок бляшки, прилежащий к просвету артерии, встречается достоверно более часто у симптомных АСБ [21].

М.В. Griffin et al. [13] в своей работе показали, что площадь гипоэхогенного участка АСБ, прилежащего к просвету артерии, более 8 мм² ассоциируется с высокой распространенностью симптомных АСБ при всех градациях стенозов; а значения GSM AP менее 15 и площади гипоэхогенного участка АСБ более 8 мм² – два независимых предиктора наличия цереброваскулярной симптоматики и транзиторных ишемических атак (с чувствительностью 77% и специфичностью 66%) [13].

В работе S.K. Kakkos et al. [22] показали, что увеличение площади гипоэхогенного участка АСБ, прилежащего к просвету артерии, ведет к увеличению риска возникновения транзиторных ишемических атак и инсультов. Так, при площади гипоэхогенного участка АСБ менее 4 мм² средний риск возникновения транзиторных ишемических атак в течение года составил 0,4%, тогда как при площади гипоэхогенного участка АСБ 8–10 мм² риск возрастает до 3,2% [22].

Р. Ibrahim et al. [17] провели сравнение морфологии и структуры симптомных (у больных с перенесенным инсультом или транзиторными ишемическими атаками в течение 6 мес до исследования) и асимптомных АСБ сонных артерий. В работе показано, что у симптомных АСБ гипоэхогенный участок АСБ, прилежащий к просвету артерии, выявлялся достоверно чаще, чем у асимптомных АСБ (80 против 45%, $P = 0,001$). Симптомные АСБ характеризуются более низкой эхогенностью в целом (GSM AP $26,2 \pm 7,3$ против $49,4 \pm 14,6$, $P < 0,001$) и более низкой эхогенностью участка бляшки, прилежащего к просвету артерии (GSM AP $5,0 \pm 3,9$ против $11,4 \pm 2,1$, $P = 0,001$) [17].

Таким образом, более обоснованным подходом будет являться оценка GSM MV АСБ

по зонам, особенно с выделением гипоэхогенных участков, прилежащих к просвету артерии, а не в среднем по бляшке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокая корреляция ($r_s = 0,99$, $P < 0,001$) и хорошая согласованность между двумя методами определения GSM свидетельствуют о том, что оба метода оценки GSM сопоставимы по полученным значениям. Высокая внутриоператорская и межоператорская воспроизводимость свидетельствует, что метод определения GSM, реализованный в рабочей станции MultiVox, может применяться в медицинских исследованиях и использоваться вместо стандартной программы Adobe Photoshop.

В нашей работе не было выявлено достоверных отличий между показателями GSM MV стабильных и нестабильных АСБ, что свидетельствует о большой вариабельности эхогенности нестабильных АСБ. Перспективным в этом направлении будет являться комплексная оценка АСБ с применением современных ультразвуковых технологий, позволяющих детально оценить поверхность, подвижность, васкуляризацию, а также структуру бляшки, с учетом специальных программных алгоритмов, оценивающих эхогенность различных участков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультразвуковое исследование сердца и сосудов / Под ред. О.Ю. Атькова. М.: Эксмо, 2009. 400 с.
2. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний: Руководство для врачей / Под ред. В.П. Куликова. М.: Стром, 2007. 512 с.
3. Цвибель В., Пеллерито Дж. Ультразвуковое исследование сосудов. Изд. 5-е / Пер. с англ. под редакцией В.В. Митькова, Ю.М. Никитина, Л.В. Осипова. М.: Видар, 2008. 646 с.
4. Picano E., Paterni M. Ultrasound tissue characterization of vulnerable atherosclerotic plaque // Int. J. Mol. Sci. 2015. V. 16. No. 5. P. 10121–10133.
5. Ануфриев П.Л., Гулевская Т.С., Евдокименко А.Н. “Нестабильная” структура атеросклеротических бляшек каротидного синуса и нарушения мозгового кровообращения // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 1–8.
6. Шишкина В.С. Роль про- и противовоспалительных макрофагов M1 и M2 в развитии атеросклеротического поражения: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. 23 с.

7. Gronholdt M.L.M., Nordestgaard B.G., Schroeder T.V., Vorstrup S., Sillesen H. Ultrasonic echolucent carotid plaques predict future strokes // *Circulation*. 2001. V. 104. No. 1. P. 68–73.
8. Biasi G.M., Froio A., Diethrich E.B., Deleo G., Galimberti S., Mingazzini P., Nicolaides A.N., Griffin M., Raithel D., Reid D.B., Valsecchi M.G. Carotid plaque echolucency increases the risk of stroke in carotid stenting: the Imaging in Carotid Angioplasty and Risk of Stroke (ICAROS) study // *Circulation*. 2004. V. 110. No. 6. P. 756–762.
9. Reiter M., Effenberger I., Sabeti S., Mlekusch W., Schlager O., Dick P., Puchner S., Amighi J., Bucek R.A., Minar E., Schillinger M. Increasing carotid plaque echolucency is predictive of cardiovascular events in high-risk patients // *Radiology*. 2008. V. 248. No. 3. P. 1050–1055.
10. Nicolaides A.N., Kakkos S.K., Kyriacou E., Griffin M., Sabetai M., Thomas D.J., Tegos T., Geroulakos G., Labropoulos N., Dore C.J., Morris T.P., Naylor R., Abbott A.L., Asymptomatic Carotid Stenosis and Risk of Stroke (ACSRS) Study Group. Asymptomatic internal carotid artery stenosis and cerebrovascular risk stratification // *J. Vasc. Surg.* 2010. V. 52. No. 6. P. 1486–1496.
11. Sabetai M.M., Tegos T.J., Nicolaides A.N., Dhanjil S., Pare G.J., Stevens J.M. Reproducibility of computer-quantified carotid plaque echogenicity: can we overcome the subjectivity? // *Stroke*. 2000. V. 31. No. 9. P. 2189–2196.
12. Токлуева Л.Р., Балахонова Т.В., Шишкина В.С., Ваховская Т.В., Стразденъ Е.Ю., Шария М.А., Лукьянов М.М., Рудас М.С., Радюхина Н.В., Тарарак Э.М., Бойцов С.А. Сравнительная характеристика результатов инструментальных методов исследования и гистохимического анализа каротидной атеросклеротической бляшки у асимптомных больных с выраженным атеросклерозом // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2012. № 6. С. 70–76.
13. Griffin M.B., Kyriacou E., Pattichis C., Bond D., Kakkos S.K., Sabetai M., Geroulakos G., Georgiou N., Dore C.J., Nicolaides A. Juxtaluminal hypoechoic area in ultrasonic images of carotid plaques and hemispheric symptoms // *J. Vasc. Surg.* 2010. V. 52. No. 1. P. 69–76.
14. Lal B.K., Hobson R.W., Hameed M., Pappas P.J., Padberg F.T. Jr., Jamil Z., Duran W.N. Noninvasive identification of the unstable carotid plaque // *Ann. Vasc. Surg.* 2006. V. 20. No. 2. P. 167–174.
15. Tegos T.J., Sohail M., Sabetai M.M., Robless P., Akbar N., Pare G., Stansby G., Nicolaides A.N. Echomorphologic and histopathologic characteristics of unstable carotid plaques // *Am. J. Neuroradiol.* 2000. V. 21. No. 10. P. 1937–1944.
16. Salem M.K., Bown M.J., Sayers R.D., West K., Moore D., Nicolaides A., Robinson T.G., Naylor A.R. Identification of patients with a histologically unstable carotid plaque using ultrasonic plaque image analysis // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2014. V. 48. No. 2. P. 118–125.
17. Ibrahimi P., Jashari F., Johansson E., Gronlund C., Bajraktari G., Wester P., Henein M.Y. Vulnerable plaques in the contralateral carotid arteries in symptomatic patients: a detailed ultrasound analysis // *Atherosclerosis*. 2014. V. 235. No. 2. P. 526–531.
18. Sztajzel R., Momjian S., Momjian-Mayor I., Murith N., Djebaili K., Boissard G., Comelli M., Pizolatto G. Stratified gray-scale median analysis and color mapping of the carotid plaque: correlation with endarterectomy specimen histology of 28 patients // *Stroke*. 2005. V. 36. No. 4. P. 741–745.
19. Sztajzel R., Momjian-Mayor I., Comelli M., Momjian S. Correlation of cerebrovascular symptoms and microembolic signals with the stratified gray-scale median analysis and color mapping of the carotid plaque // *Stroke*. 2006. V. 37. No. 3. P. 824–829.
20. Bassiouny H.S., Sakaguchi Y., Mikucki S., McKinsey J.F., Piano G., Gewertz B.L., Glagov S. Juxtaluminal location of plaque necrosis and neof ormation in symptomatic carotid stenosis // *J. Vasc. Surg.* 1997. V. 26. No. 4. P. 585–594.
21. Pedro L.M., Pedro M.M., Goncalves I., Carneiro T.F., Balsinha C., Fernandes e Fernandes R., Fernandes e Fernandes J. Computer-assisted carotid plaque analysis: characteristics of plaques associated with cerebrovascular symptoms and cerebral infarction // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2000. V. 19. No. 2. P. 118–123.
22. Kakkos S.K., Griffin M.B., Nicolaides A.N., Kyriacou E., Sabetai M.M., Tegos T., Makris G.C., Thomas D.J., Geroulakos G., Symptomatic carotid stenosis and risk of stroke (ACSRS) study group. The size of juxtaluminal hypoechoic area in ultrasound images of asymptomatic carotid plaques predicts the occurrence of stroke // *J. Vasc. Surg.* 2013. V. 57. No. 3. P. 609–618.

REFERENCES

1. Cardiovascular ultrasound / Ed. by O.Yu. Atkov. Moscow: Eksmo, 2009. 400 p. (Book in Russian)
2. Vascular Ultrasound / Ed. by V.P. Kulikov. Moscow: Strom, 2007. 512 p. (Book in Russian)
3. Zwiebel W.J., Pellerito J.S. Introduction to Vascular Sonography. 5th ed. / Translated from English. Ed. by V.V. Mitkov, Yu.M. Nikitin, L.V. Osipov. Moscow: Vidar, 2008. 646 p. (Book in Russian)
4. Picano E., Paterni M. Ultrasound tissue characterization of vulnerable atherosclerotic plaque // *Int. J. Mol. Sci.* 2015. V. 16. No. 5. P. 10121–10133.
5. Anufriev P.L., Gulevskaya T.S., Evdokimenko A.N. Unstable structure of carotid sinus atherosclerotic plaques and disturbances of cerebral blood circulation // *Modern problems of science and education*. 2013. No. 3. P. 1–8. (Article in Russian)
6. Shishkina V.S. The role of M1 and M2 macrophages in the development of atherosclerosis. PhD Thesis, Lomonosov Moscow State University, Russia, 2014. 23 p. (Book in Russian)
7. Gronholdt M.L.M., Nordestgaard B.G., Schroeder T.V., Vorstrup S., Sillesen H. Ultrasonic echolucent carotid plaques predict future strokes // *Circulation*. 2001. V. 104. No. 1. P. 68–73.

8. Biasi G.M., Froio A., Diethrich E.B., Deleo G., Galimberti S., Mingazzini P., Nicolaides A.N., Griffin M., Raithel D., Reid D.B., Valsecchi M.G. Carotid plaque echolucency increases the risk of stroke in carotid stenting: the Imaging in Carotid Angioplasty and Risk of Stroke (ICAROS) study // *Circulation*. 2004. V. 110. No. 6. P. 756–762.
9. Reiter M., Effenberger I., Sabeti S., Mlekusch W., Schlager O., Dick P., Puchner S., Amighi J., Bucek R.A., Minar E., Schillinger M. Increasing carotid plaque echolucency is predictive of cardiovascular events in high-risk patients // *Radiology*. 2008. V. 248. No. 3. P. 1050–1055.
10. Nicolaides A.N., Kakkos S.K., Kyriacou E., Griffin M., Sabetai M., Thomas D.J., Tegos T., Geroulakos G., Labropoulos N., Dore C.J., Morris T.P., Naylor R., Abbott A.L., Asymptomatic Carotid Stenosis and Risk of Stroke (ACSRS) Study Group. Asymptomatic internal carotid artery stenosis and cerebrovascular risk stratification // *J. Vasc. Surg.* 2010. V. 52. No. 6. P. 1486–1496.
11. Sabetai M.M., Tegos T.J., Nicolaides A.N., Dhanjil S., Pare G.J., Stevens J.M. Reproducibility of computer-quantified carotid plaque echogenicity: can we overcome the subjectivity? // *Stroke*. 2000. V. 31. No. 9. P. 2189–2196.
12. Toklueva L.R., Balakhonova T.V., Shishkina V.S., Vakhovskaya T.V., Strazden' E.Yu., Shariya M.A., Luk'yanov M.M., Rudas M.S., Radyukhina N.V., Tararak Eh.M., Boytsov S.A. Comparative characteristics of imaging studies and histochemical analysis of carotid atherosclerotic plaques in asymptomatic patients with severe atherosclerosis // *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2012. No. 6. P. 70–76. (Article in Russian)
13. Griffin M.B., Kyriacou E., Pattichis C., Bond D., Kakkos S.K., Sabetai M., Geroulakos G., Georgiou N., Dore C.J., Nicolaides A. Juxtaluminal hypoechoic area in ultrasonic images of carotid plaques and hemispheric symptoms // *J. Vasc. Surg.* 2010. V. 52. No. 1. P. 69–76.
14. Lal B.K., Hobson R.W., Hameed M., Pappas P.J., Padberg F.T. Jr., Jamil Z., Duran W.N. Noninvasive identification of the unstable carotid plaque // *Ann. Vasc. Surg.* 2006. V. 20. No. 2. P. 167–174.
15. Tegos T.J., Sohail M., Sabetai M.M., Robless P., Akbar N., Pare G., Stansby G., Nicolaides A.N. Echomorphologic and histopathologic characteristics of unstable carotid plaques // *Am. J. Neuroradiol.* 2000. V. 21. No. 10. P. 1937–1944.
16. Salem M.K., Bown M.J., Sayers R.D., West K., Moore D., Nicolaides A., Robinson T.G., Naylor A.R. Identification of patients with a histologically unstable carotid plaque using ultrasonic plaque image analysis // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2014. V. 48. No. 2. P. 118–125.
17. Ibrahimi P., Jashari F., Johansson E., Gronlund C., Bajraktari G., Wester P., Henein M.Y. Vulnerable plaques in the contralateral carotid arteries in symptomatic patients: a detailed ultrasound analysis // *Atherosclerosis*. 2014. V. 235. No. 2. P. 526–531.
18. Sztajzel R., Momjian S., Momjian-Mayor I., Murith N., Djebaili K., Boissard G., Comelli M., Pizolatto G. Stratified gray-scale median analysis

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ВИДАР
МЕДИЦИНСКАЯ
ЛИТЕРАТУРА

ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН

<http://vidar.ru/>



Интернет-магазин Издательства «Видар» предлагает своим покупателям профессиональную медицинскую литературу по издательским ценам!

Мы предлагаем вам несколько вариантов доставки: самовывоз, доставка курьером по Москве, доставка почтой в другие регионы.

Ждем Вас на нашем интернет-ресурсе. Также вы сможете оформить подписку на еще не вышедшие издания и купить их по более выгодной цене!

Контакты:

+7-495-768-0434; +7-495-589-8660

- and color mapping of the carotid plaque: correlation with endarterectomy specimen histology of 28 patients // *Stroke*. 2005. V. 36. No. 4. P. 741–745.
19. Sztajzel R., Momjian-Mayor I., Comelli M., Momjian S. Correlation of cerebrovascular symptoms and microembolic signals with the stratified gray-scale median analysis and color mapping of the carotid plaque // *Stroke*. 2006. V. 37. No. 3. P. 824–829.
 20. Bassiouny H.S., Sakaguchi Y., Mikucki S., McKinsey J.F., Piano G., Gewertz B.L., Glagov S. Juxtaluminal location of plaque necrosis and neof ormation in symptomatic carotid stenosis // *J. Vasc. Surg.* 1997. V. 26. No. 4. P. 585–594.
 21. Pedro L.M., Pedro M.M., Goncalves I., Carneiro T.F., Balsinha C., Fernandes e Fernandes R., Fernandes e Fernandes J. Computer-assisted carotid plaque analysis: characteristics of plaques associated with cerebrovascular symptoms and cerebral infarction // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2000. V. 19. No. 2. P. 118–123.
 22. Kakkos S.K., Griffin M.B., Nicolaidis A.N., Kyriacou E., Sabetai M.M., Tegos T., Makris G.C., Thomas D.J., Geroulakos G., Symptomatic carotid stenosis and risk of stroke (ACSRS) study group. The size of juxtaluminal hypoechoic area in ultrasound images of asymptomatic carotid plaques predicts the occurrence of stroke // *J. Vasc. Surg.* 2013. V. 57. No. 3. P. 609–618.

Gray-scale median analysis in assessment of carotid arteries atherosclerotic plaques and its clinical value

M.I. Tripoten¹, O.A. Pogorelova¹, L.Sh. Khamchieva¹,
I.P. Kolos², V.S. Shishkina³, I.V. Arkhipov⁴, A.V. Gavrilov³,
A.N. Rogoza¹, T.V. Balakhonova¹

¹ Institute of Clinical Cardiology, Russian Cardiology Research Center, Moscow

² National Research Center for Preventive Medicine, Moscow

³ Lomonosov Moscow State University, Moscow

⁴ B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow

M.I. Tripoten – M.D., Ph.D., Researcher, Laboratory of Vascular Ultrasound, Department of New Diagnostic Technologies, Institute of Clinical Cardiology, Russian Cardiology Research Center, Moscow. O.A. Pogorelova – M.D., Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Vascular Ultrasound, Department of New Diagnostic Technologies, Institute of Clinical Cardiology, Russian Cardiology Research Center, Moscow. L.Sh. Khamchieva – M.D., Ph.D. fellow, Laboratory of Vascular Ultrasound, Department of New Diagnostic Technologies, Institute of Clinical Cardiology, Russian Cardiology Research Center, Moscow. I.P. Kolos – M.D., Ph.D., Department of Anti-Arrhythmic Surgery, National Research Center for Preventive Medicine, Moscow. V.S. Shishkina – Ph.D., Researcher, Division of Cellular Biology and Histology, Lomonosov Moscow State University, Moscow. I.V. Arkhipov – Cognizant Engineer, Laboratory of Electrophysiology, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. A.V. Gavrilov – Ph.D., Head of Medical Computer Systems Laboratory, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow. A.N. Rogoza – Ph.D., Professor, Head of Department of New Diagnostic Technologies, Institute of Clinical Cardiology, Russian Cardiology Research Center, Moscow. T.V. Balakhonova – M.D., Ph.D., Professor, Head of Laboratory of Vascular Ultrasound, Department of New Diagnostic Technologies, Institute of Clinical Cardiology, Russian Cardiology Research Center, Moscow.

Carotid arteries atherosclerotic plaques were assessed using grey-scale median (GSM) analysis (iU22 (Philips, Netherlands) scanner and workstation MultiVox (Gammamed, Russia)). GSM analysis results of 25 atherosclerotic plaques obtained by MultiVox (GSM MV) and Adobe Photoshop (GSM AP) were compared at the first stage of the study. There were good correlation and agreement (Bland–Altman method) between GSM MV and GSM AP results. Good intraobserver and interobserver agreement was demonstrated for GSM MV measurements. At the second stage of the study, 51 carotid arteries atherosclerotic plaques with more than 70% stenosis were investigated (44 patients aged 51–83 years who underwent carotid endarterectomy with subsequent atherosclerotic plaques histological study). There was not any significant difference in GSM MV between subgroups with stable and unstable atherosclerotic plaques: 52.5 (42.0–64.6) against 46.4 (34.4–59.7) (median, interquartile range). Significant dispersion of GSM MV values in subgroup of unstable atherosclerotic plaques was determined. It makes more reasonable to do GSM MV evaluation in different zones of atherosclerotic plaques. GSM MV can be used in medical practice instead of GSM AP.

Key words: duplex ultrasound, carotid artery, atherosclerotic plaque, grey-scale median (GSM), reproducibility, agreement, carotid endarterectomy, histology.