

Современные методы определения объема атеросклеротической бляшки сонной артерии с помощью трехмерного ультразвукового исследования: возможности применения модуля полуавтоматического количественного анализа 3D-изображений атеросклеротических бляшек

*Т.В. Балахонова, О.А. Погорелова, М.И. Трипотень,
М.В. Кошурникова, З.Г. Лугинова, А.В. Сусеков, А.Н. Рогоза*

*Институт 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. 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. 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. М.В. Кошурникова – к.м.н., лаборант-исследователь 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. З.Г. Лугинова – аспирант лаборатории клинической липидологии отдела проблем атеросклероза Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации. А.В. Сусеков – д.м.н., руководитель лаборатории клинической липидологии отдела проблем атеросклероза Института клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации. 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.

Контактная информация: 121552 г. Москва, ул. 3-я Черепковская, д. 15а, ИКК им. А.Л. Мясникова, лаборатория ультразвуковых методов исследования сосудов. Балахонова Татьяна Валентиновна.
Тел.: (495) 414-64-18. E-mail: tvbdoc@gmail.com

Цель работы – анализ возможностей модуля полуавтоматического количественного анализа в оценке объема атеросклеротической бляшки сонных артерий при трехмерном ультразвуковом сканировании. В исследование было включено 40 пациентов (женщин – 7, мужчин – 33) очень высокого сердечно-сосудистого риска, находившихся на терапии розувастатином в дозе 40 мг/сут в течение 3 мес. Возраст больных колебался от 51 до 70 лет. Ультразвуковое обследование проводилось на сканере iU 22 (Philips, Нидерланды) с использованием линейного (L9–3) и линейного объемного (VL13–5) датчиков. Полученные 3D-изображения 70 атеросклеротических бляшек до и после 3 мес терапии были обработаны на рабочей станции. Статистический анализ показал хорошую внутриоператорскую воспроизводимость полуавтоматического количественного анализа 3D-изображений атеросклеротических бляшек. Коэффициент вариации составил 3,1%, коэффициент корреляции Спирмена – 0,99 ($P = 0,000$). Объем атеросклеротических бляшек через 3 мес приема гиполипидемической терапии достоверно снизился: до лечения 85,0 (54,8–195,5) (5,0–1 720,0) мм³, после лечения 83,5 (56,0–192,0) (5,0–1 716,0) мм³ ($P = 0,045$). При этом уменьшение объема атеросклеротических бляшек наблюдалось в 21 случае: 81,0 (69,0–197,0) (14,0–1 720,0) мм³ и 77,0 (60,0–194,0) (11,0–1 716,0) мм³ ($P < 0,001$). В 11 случаях объем атеросклеротических бляшек остался без изменений: 74,0 (19,0–127,5) (5,0–678,0) мм³ и 74,0 (19,0–127,5) (5,0–678,0) мм³. В 8 случаях наблюдалось увеличение объема атеросклеротических бляшек: 146,5 (75,8–171,5) (48,0–284,0) мм³ и 155,5 (79,3–197,3) (55,0–321,0) мм³ ($P = 0,012$). Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования модуля полуавтоматического анализа 3D-изображений в клинической практике для определения количественных характеристик атеросклеротических бляшек и позволяют применять его для оценки динамики атеросклеротического процесса у пациентов высокого риска.

Ключевые слова: трехмерное ультразвуковое исследование, полуавтоматический количественный анализ, воспроизводимость, атеросклероз, гиполипидемическая терапия.

ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковое исследование сосудистой стенки – одно из наиболее активно развивающихся направлений ультразвуковой диагностики раннего атеросклероза. Применение дуплексного сканирования позволяет диагностировать с высокой степенью точности как ранние, так и выраженные, вплоть до окклюзии, стадии атеросклеротических изменений, оценить качественные (структура, поверхность) и количественные (процент стеноза) характеристики атеросклеротической бляшки (АСБ) [1–3]. Количественный метод определения выраженности атеросклеротического процесса (процент стеноза сонной артерии) менее тесно связан с факторами риска развития атеросклероза по сравнению с фактом наличия АСБ, ее площадью и объемом [1]. Развитие атеросклеротического процесса вдоль сонной артерии происходит в 2,4 раза быстрее, чем в сторону просвета артерии, поэтому метод определения объема бляшки (как и площади) представляется более чувствительным в отношении стратификации сердечно-сосудистого риска, чем измерение ее высоты [4]. В исследовании А.М. Johri et al. [5] было показано, что общий объем АСБ в каротидном бассейне по данным трехмерного ультразвукового исследования характеризуется большей чувствительностью и специфичностью в отношении коронарного атеросклероза по сравнению с высотой АСБ, оцененной при дуплексном сканировании. Так, общий объем АСБ менее 0,09 мл предсказал отсутствие коронарного атеросклероза у 93,3% исследуемых пациентов (чувствительность – 98,0%), тогда как высота АСБ менее 1,35 мм – лишь у 75,0% больных (чувствительность – 93,9%) [5].

Эти данные позволяют надеяться на то, что изучение размеров и качественных характеристик АСБ сонных артерий может дать лучший прогноз по сравнению с возможностями используемых в настоящее время моделей оценки сердечно-сосудисто-

го риска, не учитывающих факт наличия доклинического атеросклероза.

Ультразвуковое исследование с трехмерной визуализацией позволяет расширить информацию, получаемую с помощью дуплексного сканирования, оценить дополнительные количественные характеристики АСБ, в частности объем [4–6]. Появление новых объемных линейных датчиков, а также современного программного обеспечения позволяет значительно повысить точность и воспроизводимость количественной оценки атеросклеротических изменений [7, 8]. Одним из последних достижений в этой области стала возможность полуавтоматического определения объема АСБ в сонной артерии с помощью подключаемого модуля количественного анализа сосудистых бляшек.

Наиболее ранние исследования с помощью трехмерной визуализации показали широкие возможности количественной оценки АСБ, но были проведены на малых группах пациентов [9]. В исследовании *High Risk Plaque BioImage Study* [10–12] впервые был апробирован новый ультразвуковой метод трехмерного исследования сонных артерий (обследование более 6 000 пациентов без признаков сердечно-сосудистых заболеваний). Н. Sillessen et al. [12], используя двумерное сканирование сонных артерий в поперечном сечении от проксимальных до дистальных отделов с последующей трехмерной обработкой изображения в модуле количественного анализа АСБ (мануальное трехмерное ультразвуковое исследование), оценивали атеросклеротическую нагруженность сонных артерий с определением суммарной площади всех бляшек.

Преимущество данной технологии заключается в возможности выполнить объемную оценку субклинического поражения, что позволяет провести более точную количественную оценку в отличие от двумерного ультразвукового исследования [5]. Впоследствии М. Graebe et al. [13] была подтверждена высокая воспроизводимость метода мануального трехмерного ультразвукового исследования с оценкой суммарной площади АСБ и метода измерения объема бляшки с помощью стандартного трехмерного ультразвукового исследования.

Полученные результаты позволили сделать вывод о возможности использования

количественного анализа АСБ методом трехмерного ультразвукового исследования как возможного нового инструмента в индивидуальной оценке сердечно-сосудистого риска. Сообщения о результатах применения трехмерного ультразвукового исследования сонных артерий с использованием модуля количественного анализа 3D-изображений АСБ в клинической практике на фоне медикаментозных воздействий весьма немногочисленны.

Цель работы – изучение возможностей модуля количественного анализа в оценке объема АСБ сонных артерий при трехмерном ультразвуковом сканировании.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена в Институте клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова ФГБУ “Российский кардиологический научно-производственный комплекс” Министерства здравоохранения Российской Федерации. В исследование было включено 40 пациентов (женщин – 7, мужчин – 33) очень высокого сердечно-сосудистого риска, находившихся на терапии розувастатином в дозе 40 мг/сут в течение 3 мес. Возраст больных варьировал от 51 до 70 лет.

Всем пациентам в ходе обследования, исходно и через 3 мес терапии, был проведен биохимический анализ крови, в частности определяли уровень общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП), холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛПВП).

Ультразвуковое исследование сонных артерий было проведено на ультразвуковой системе iU 22 (Philips, Нидерланды) до и после 3 мес терапии. Всем пациентам при помощи линейного датчика (L9–3) было выполнено дуплексное сканирование сонных артерий по стандартной методике для определения наличия и выраженности атеросклеротического процесса с оценкой структуры и поверхности АСБ, процента стеноза сонных артерий. АСБ считали структурой, выступающую в просвет артерии на 0,5 мм или 50% от величины окружающей толщины комплекса интимамедиа (ТКИМ), или структуру с увеличением ТКИМ более 1,5 мм [14]. В случае выяв-

ления АСБ проводили трехмерное ультразвуковое исследование при помощи линейного объемного датчика (VL13–5) со скоростью реконструкции в трехмерном и четырехмерном режимах до 64 мегавоксел/с. Полученные изображения были сохранены в формате *DICOM*. Угол сканирования области интереса варьировал от 15 до 25° в зависимости от протяженности АСБ. Полученные трехмерные изображения обрабатывали на компьютерной рабочей станции с помощью полуавтоматического модуля программного обеспечения *Philips Qlab-VPQ (Vascular Plaque Quantification)*.

Статистический анализ данных проводили с использованием программы *Statistica 7.0*. Для выявления статистических различий при сравнении данных двух визитов использовался непараметрический критерий Уилкоксона. Данные представлены как медиана, интерквартильный размах, минимальное – максимальное значения. Тест внутриоператорской воспроизводимости величин проводили по методу Блэнда–Алтмана. Результаты представлены как среднее арифметическое значение внутриоператорской разности (М) (%), стандартное отклонение разности (STD) (%), коэффициент вариации (%). Проводили корреляционный анализ с расчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Уровень значимости – 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для включения в исследование было выбрано 70 гетерогенных АСБ с гладкой поверхностью со стенозированием просвета сосуда не более 70%. Во всех случаях были получены качественные изображения АСБ, что позволило провести запись трехмерных ультразвуковых изображений для последующей обработки и измерения объема АСБ. В исследование не включались бляшки с выраженным кальцинозом и гипоэхогенные бляшки ввиду неточной оценки границ их контуров.

Измерение объема АСБ с помощью модуля полуавтоматического количественного анализа 3D-изображений АСБ

Протокол оценки объема АСБ при помощи модуля полуавтоматического количественного анализа 3D-изображений АСБ включает в себя (рис. 1) обнаружение:

- начального кадра, который определяет начальную область бляшки (расположен проксимальнее бляшки в свободной от АСБ зоне);
- конечного кадра, который определяет конечную область бляшки (расположен дистальнее бляшки в свободной от АСБ зоне);
- ключевого кадра (кадров), которые содержат АСБ (хотя бы на одном кадре контуры АСБ выставляются вручную).

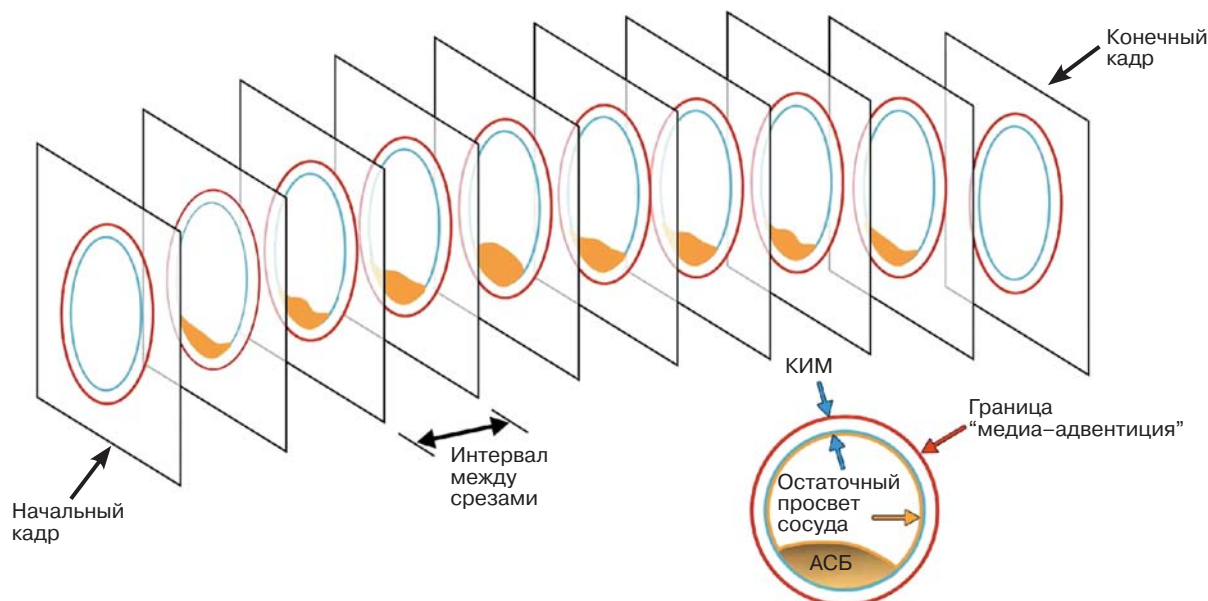


Рис. 1. Схема полуавтоматического измерения объема АСБ в модуле полуавтоматического количественного анализа 3D-изображений. (Адаптировано из [12].)

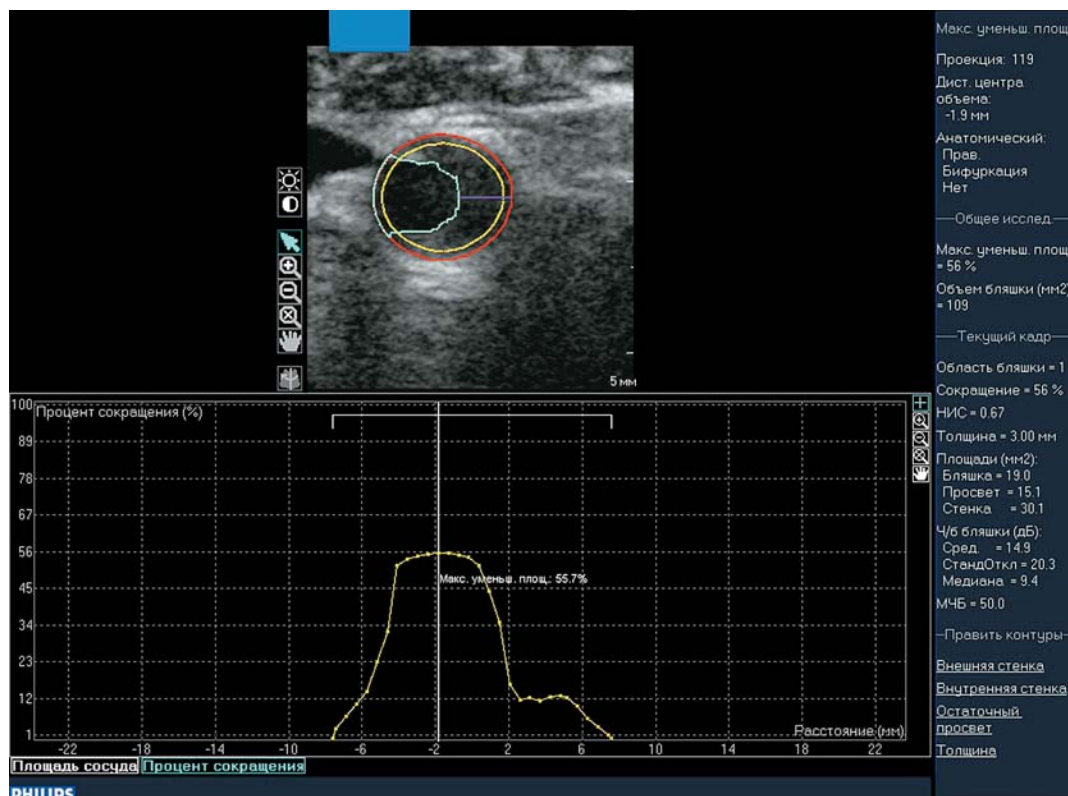


Рис. 2. Определение объема АСБ с помощью модуля полуавтоматического количественного анализа 3D-изображений (красный контур – граница раздела “медиа–адвентиция”, желтый контур – граница раздела “интима – просвет сосуда” (выставляются на начальном свободном от АСБ кадре), голубой контур – граница АСБ, фиолетовая линия – максимальная высота АСБ).

На начальном и конечном кадрах оператор определяет с помощью эллипса границу “медиа–адвентиция”. Другая граница, соответствующая разделу “интима – просвет сосуда”, устанавливается автоматически, учитывая значения ТКИМ, заданные в настройках программы. Необходимо учитывать, что в настройках по умолчанию ТКИМ общей сонной артерии составляет 0,5 мм, при необходимости эти значения можно изменить. Основываясь на указанных кадрах и границах АСБ и сосуда, далее обнаружение границ бляшки на всем протяжении и вычисление объема производятся программой автоматически (рис. 2). Предусмотрена возможность коррекции контуров АСБ в полуавтоматическом режиме в случае ошибочной автоматической оценки.

Система обеспечивает наглядное графическое изображение зоны интереса двумя способами визуализации (см. рис. 2). В верхней части экрана отражается сосуд в поперечном сечении с обведенным конту-

ром АСБ, внутренним и наружным контурами сосуда. На графике в нижней части экрана показан процент стеноза (процент сокращения) сосуда на протяжении АСБ для каждого отслеживаемого кадра, где по оси Y представлен процент стеноза сосуда по площади (%), по оси X – длина АСБ (мм). В правой части экрана приводятся расчетные параметры: максимальное уменьшение площади (стеноз по площади АСБ) (%) и объем АСБ (мм³) для всего исследования; стеноз по площади АСБ (%), высота АСБ (мм), площадь АСБ (мм²), площадь свободного просвета сосуда (мм²) для текущего кадра.

Нами оценивался объем как локальных АСБ на одном сегменте сонной артерии, так и пролонгированных АСБ, визуализируемых на нескольких сегментах. Объем АСБ варьировал от 5,0 до 1 024,0 мм³ (61,0 (24,5–122,5) мм³), суммарный объем всех АСБ у одного пациента был от 5,0 до 1 720,0 мм³ (85,0 (54,8–195,5) мм³).

Оценка эффективности гиполипидемической терапии

Параметры	Исходно	Через 3 мес	P
ОХС, ммоль/л	5,79	3,80	<0,001
	5,29–6,66	3,31–4,36	
	3,60–8,15	2,60–6,35	
ХС-ЛПНП, ммоль/л	3,98	2,03	<0,001
	3,47–4,56	1,73–2,49	
	1,93–5,90	1,21–4,67	
ХС-ЛПВП, ммоль/л	1,08	1,17	нд
	0,99–1,29	0,93–1,35	
	0,71–1,93	0,74–1,75	
ТГ, ммоль/л	1,62	1,17	<0,001
	1,18–2,07	0,88–1,58	
	0,68–4,71	0,53–2,03	

Примечание: данные в таблице представлены как медиана, интерквартильный размах, минимальное – максимальное значения.

На фоне гиполипидемической терапии розувастатином в дозе 40 мг/сут в течение 3 мес уровни ОХС, ХС-ЛПНП и ТГ достоверно снизились (таблица).

Объем АСБ через 3 мес приема гиполипидемической терапии достоверно снизился: до лечения – 85,0 (54,8–195,5) (5,0–1 720,0) мм³, после лечения – 83,5 (56,0–192,0) (5,0–1 716,0) мм³ (P = 0,045).

При этом уменьшение объема АСБ наблюдалось в 21 случае: 81,0 (69,0–197,0) (14,0–1 720,0) мм³ и 77,0 (60,0–194,0) (11,0–1 716,0) мм³ (P < 0,001). В 11 случаях объем АСБ остался без изменений: 74,0 (19,0–127,5) (5,0–678,0) мм³ и 74,0 (19,0–127,5) (5,0–678,0) мм³. В 8 случаях наблюдалось увеличение объе-

ма АСБ: 146,5 (75,8–171,5) (48,0–284,0) мм³ и 155,5 (79,3–197,3) (55,0–321,0) мм³ (P = 0,012).

Для расчета внутриоператорской воспроизводимости метода полуавтоматического измерения объема АСБ было исследовано 35 АСБ одним оператором с временным промежутком между расчетами 5 дней. При измерении объемов АСБ результаты первого измерения превышали результаты второго измерения на $0,94 \pm 0,52$ мм³ (P = 0,08), что составило 0,91% от среднего значения объема. STD различия результатов составили 3,0% от среднего значения объема (рис. 3). Коэффициент вариации составил 3,1%, коэффициент корреляции Спирмена – 0,99 (P = 0,000) (рис. 4).

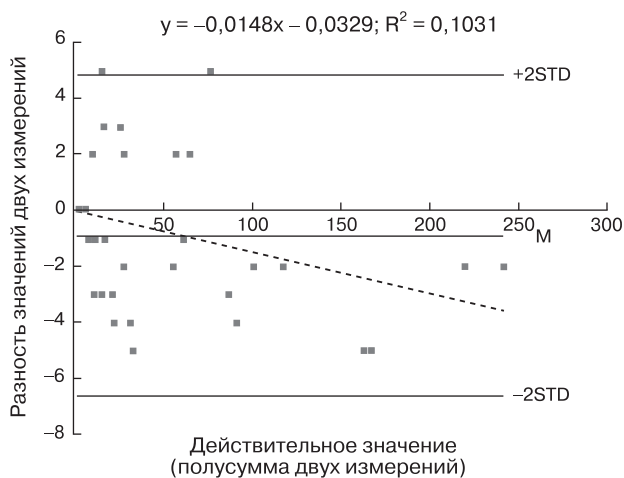


Рис. 3. График Блэнда-Алтмана для оценки воспроизводимости результатов измерений.

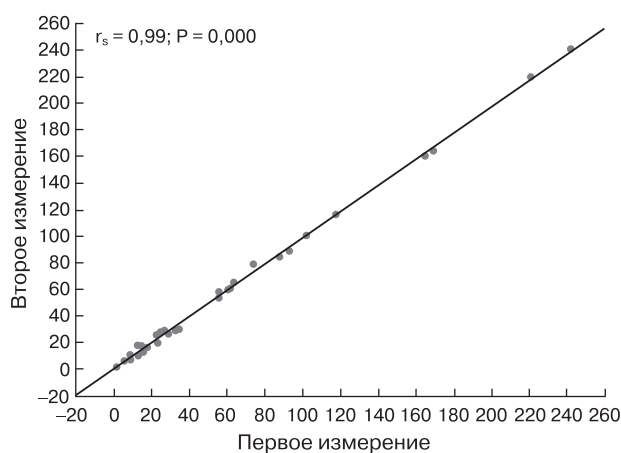


Рис. 4. График корреляционной зависимости между результатами первого и второго измерений.

Полученные данные свидетельствуют о высокой внутриоператорской воспроизводимости результатов полуавтоматического метода оценки объема АСБ с помощью модуля количественного анализа АСБ.

ОБСУЖДЕНИЕ

В ранних работах по сосудистой трехмерной визуализации объем АСБ оценивался при помощи методов контура и эллипса [15–17]. При определении объема АСБ методом контура на каждом срезе осуществляется ручное оконтуривание границ АСБ. Методом эллипса овалный контур выставляется полуавтоматически, однако этим методом можно оценить только объем АСБ, имеющих соответствующую (овальную) форму. Во многих работах была показана хорошая воспроизводимость этих методов оценки объема АСБ [15, 18]. В обзорной статье G.C. Makris et al. [15] при анализе нескольких исследований по воспроизводимости трехмерной ультразвуковой оценки объема АСБ данные внутри- и межоператорской воспроизводимости составили 2,8–6,0 и 4,2–7,6% соответственно. В проведенном нами ранее исследовании внутри- и межоператорской воспроизводимости двух методов определения объема АСБ с помощью трехмерного ультразвукового исследования также были продемонстрированы низкие значения коэффициентов вариации (7,7 и 8,2% для метода контура и 3,8 и 6,2% для метода эллипса), что свидетельствует о хорошей воспроизводимости методов и возможности использования их в дальнейших исследованиях [19]. Из недостатков метода контура можно отметить, что он не может быть применен к очень пролонгированным АСБ, так как имеет ограниченное число выставляемых контуров (15 контуров) при измерении объема. За счет увеличения шага между срезами можно посчитать объем очень пролонгированной бляшки, но тогда будет велика погрешность измерений, а результаты будут недостоверными. В этом аспекте измерений АСБ технология измерения объема, заложенная в модуле количественного анализа 3D-изображений АСБ, превосходит метод контура. Метод эллипса для измерения объема АСБ является самым быстрым и удобным методом. Но, несмотря на про-

демонстрированную хорошую воспроизводимость, он имеет ограничения, так как может быть применен только к тем бляшкам, которые имеют эллипсоидную форму, что на практике встречается достаточно редко.

В нашем исследовании была показана высокая внутриоператорская воспроизводимость результатов метода измерения объема АСБ с помощью модуля количественного анализа. Значение коэффициента вариации составило 3,1%. В работе M. Graebe et al. [13] продемонстрирована хорошая воспроизводимость метода анализа 3D-изображений (межоператорская воспроизводимость определения объема бляшки с помощью трехмерного ультразвукового исследования, выраженная коэффициентом внутригрупповой корреляции (*intraclass correlation coefficient*), составила 0,89 (0,83–0,93) (95-й доверительный интервал) по сравнению с методом мануального трехмерного ультразвукового исследования с оценкой суммарной площади АСБ (0,60 (0,29–0,77)) [13].

Изучаемая технология количественного анализа 3D-изображений АСБ может быть использована для оценки суммарного объема АСБ на пролонгированном участке, то есть для оценки атеросклеротической нагруженности сосудистого бассейна. На экране компьютера при работе с модулем наглядно можно увидеть, за счет чего происходит уменьшение или увеличение объема АСБ (за счет изменения высоты или длины АСБ) в случае оценки динамики (рис. 5, 6).

В процессе работы с модулем полуавтоматического количественного анализа АСБ выявлены следующие особенности и недостатки данной технологии.

1) Модуль не позволяет рассчитать объем гипоехогенных бляшек, неоднородных бляшек с преобладанием в области ее покрышки компонентов низкой эхогенности и кальцинированных бляшек с выраженной ультразвуковой тенью в связи с тем, что границы таких АСБ и остаточного просвета четко обвести не представляется возможным.

2) Корректировка границ АСБ и контура артерии в полуавтоматическом режиме может занимать достаточно продолжительное время. Однако чаще всего эти манипуля-

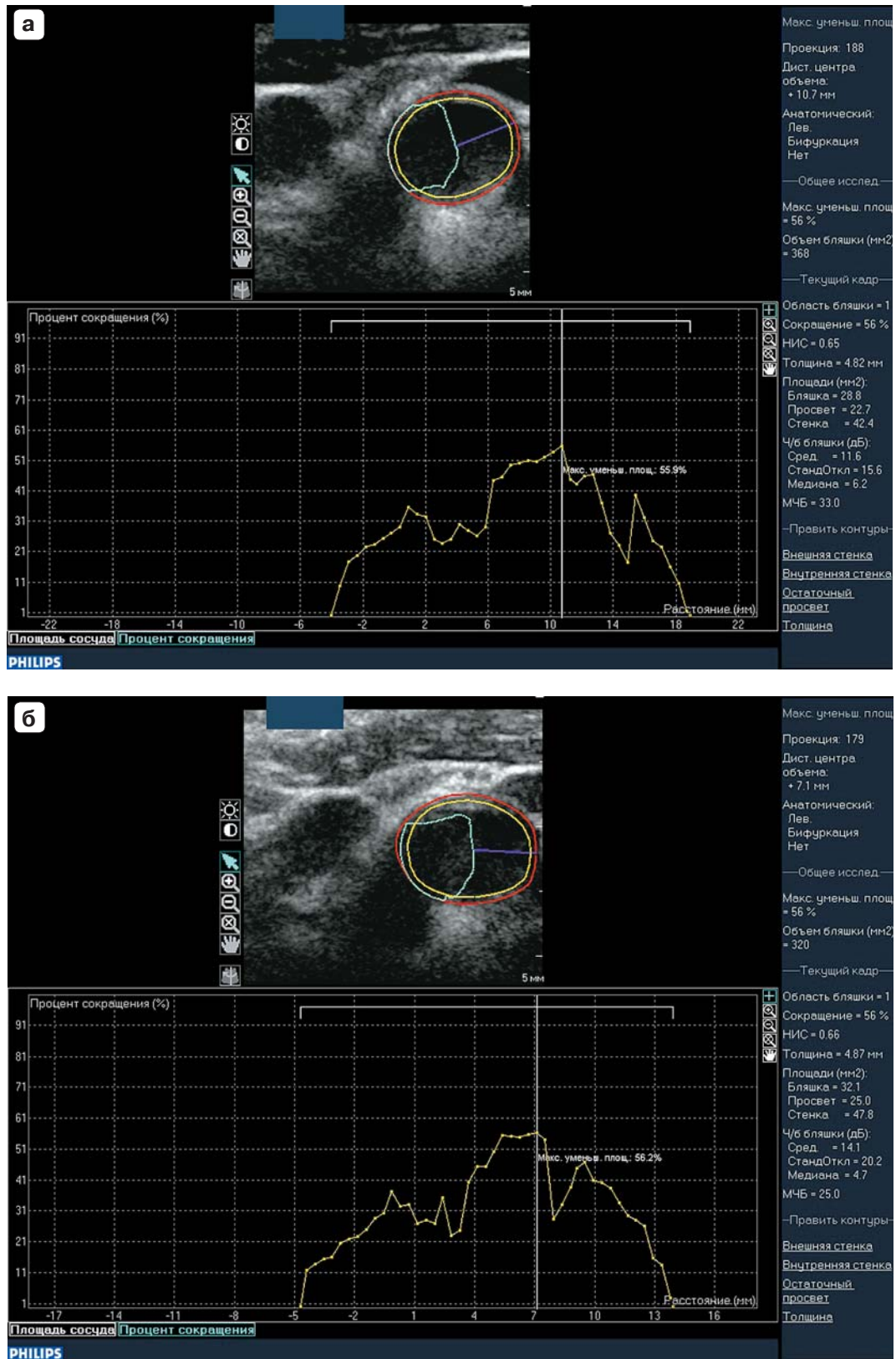


Рис. 5. Пример уменьшения объема АСБ после 3 мес терапии розувастатином в дозе 40 мг/сут. а – до терапии объем АСБ 368 мм³. б – после терапии объем АСБ 320 мм³.

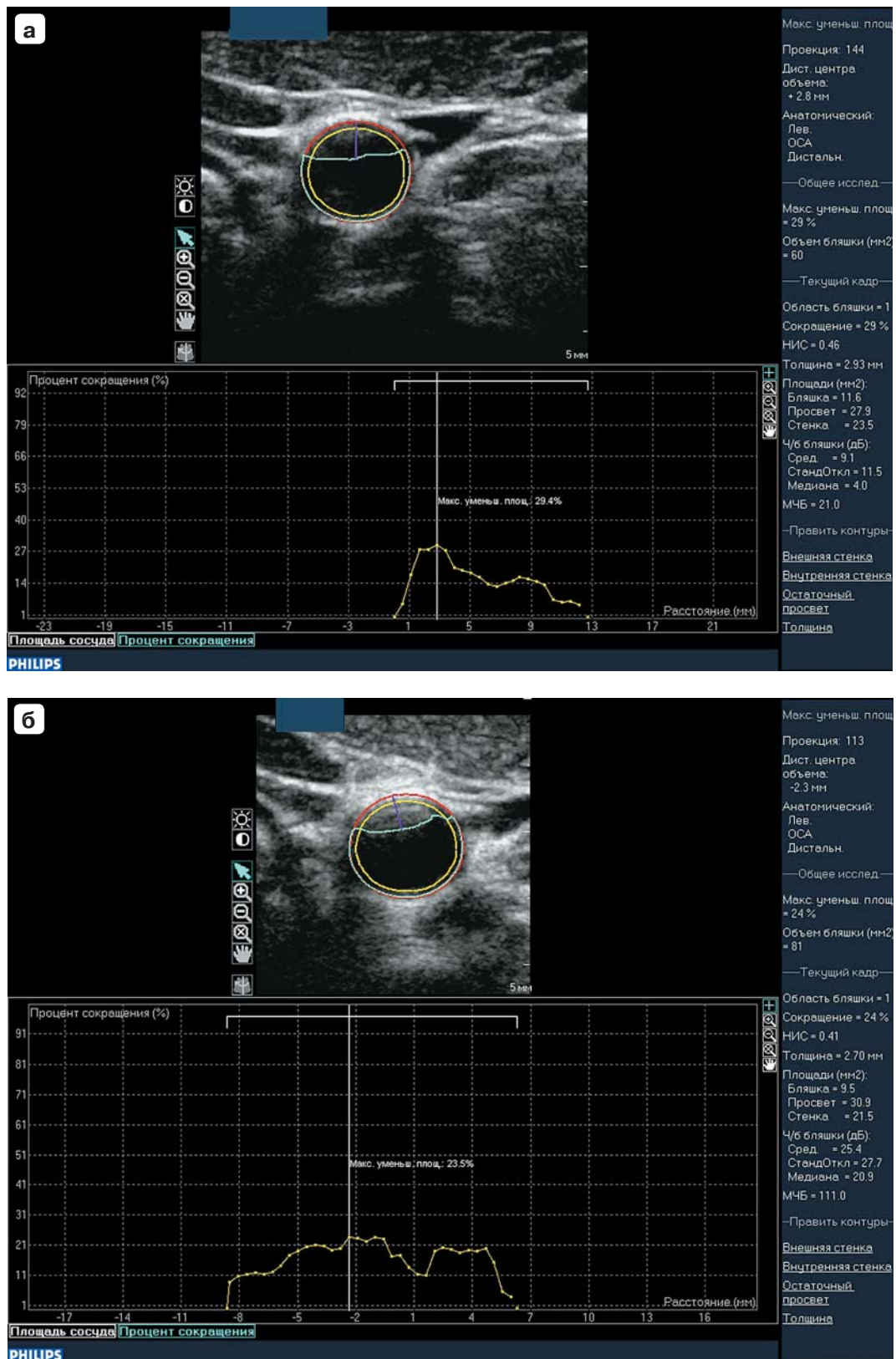


Рис. 6. Пример увеличения объема АСБ после 3 мес терапии розувастатином в дозе 40 мг/сут. а – до терапии объем АСБ 60 мм³. б – после терапии объем АСБ 81 мм³.

ции приходится выполнять при низком качестве ультразвукового изображения. Чаще всего низкое качество трехмерного изображения возникает при движениях пациента, глотании или плохом контакте объемного датчика с кожей пациента [13].

В нашем исследовании объем АСБ, оцененный с помощью полуавтоматического количественного анализа 3D-изображений, варьировал от 5,0 до 1 024,0 мм³, медиана составила 61,0 мм³; суммарный объем всех АСБ у одного пациента был от 5,0 до 1 720,0 мм³, медиана – 85,0 мм³. Эти данные согласуются с результатами, полученными зарубежными исследователями. Так, в работе К. Al Muhanna et al. [6], где средний объем АСБ сонных артерий составил 1 276,8 мм³ (диапазон от 620,6 до 1 956,3 мм³), была установлена хорошая внутриоператорская воспроизводимость измерений – коэффициент вариации 8,9%.

В исследовании А.М. Johri et al. [5] объем АСБ, оцененный с помощью трехмерного ультразвукового исследования, варьировал от 0,07 до 0,25 мл в подгруппах пациентов в зависимости от степени выраженности коронарного атеросклероза, в группе больных с выраженным коронарным атеросклерозом составил $0,25 \pm 0,11$ мл (диапазон от 0,10 до 0,51 мл). Однако следует заметить, что данные объема АСБ были получены с помощью мануальных методов обработки трехмерного ультразвукового изображения.

Объем бляшки, оцененный полуавтоматическим методом с помощью модуля количественного анализа 3D-изображений АСБ, в работе М. Graebe et al. [13] составил от 0 до 1 764 мм³ (медиана – 380 мм³).

Влияние гиполипидемической терапии на объем АСБ оценено в небольшом количестве исследований. Так, в рандомизированном двойном слепом исследовании С.Д. Ainsworth et al. [20] показана регрессия объема АСБ в сонной артерии, оцененного с помощью трехмерной реконструкции, на фоне 3-месячной терапии аторвастатином в дозе 80 мг/сут у пациентов со стенозами более 60%. В группе пациентов, принимавших аторвастатин, объем бляшки уменьшился на $90,25 \pm 85,12$ мм³ ($M \pm \sigma$), в то время как в группе плацебо наблюдалось увеличение объема АСБ на $16,81 \pm 74,10$ мм³ ($P < 0,001$).

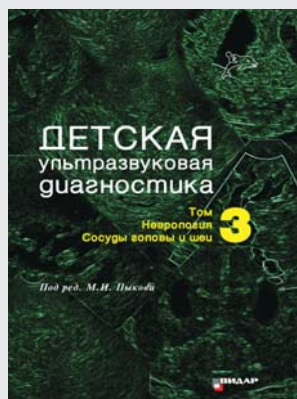
Наши данные о влиянии высоких доз терапии статинами у пациентов очень высокого риска также свидетельствуют о возможности регресса объема АСБ у части больных. Перспективным представляется изучение не только количественных, но и качественных характеристик АСБ с помощью трехмерной эхографии. Это может позволить проводить отдельную оценку объема структур различной эхогенности. Так, в группе лечения статинами пациентов с гиперхолестеринемией бляшки гораздо реже прогрессировали, если они имели низкую эхогенность или если уровень ХС был более 8 ммоль/л [21].

Таким образом, результаты нашего исследования подтвердили, что внутриоператорская воспроизводимость определения объема АСБ при трехмерном ультразвуковом исследовании, выполненного с помощью модуля полуавтоматического количественного анализа изображений АСБ, является хорошей. Эти данные свидетельствуют о перспективности использования модуля в клинической практике для определения количественных характеристик АСБ и позволяют применять его для оценки динамики атеросклеротического процесса у пациентов высокого риска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балахонова Т.В. Ультразвуковая диагностика атеросклероза // Руководство по атеросклерозу и ишемической болезни сердца / Под ред. Е.И. Чазова, В.В. Кухарчука, С.А. Бойцова. М.: Медиа Медика, 2007. 736 с.
2. Ершова А.И., Мешков А.Н., Бойцов С.А., Балахонова Т.В. Современные возможности ультразвуковых методов оценки атеросклеротического процесса у больных семейной гиперхолестеринемией // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2011. № 3. С. 113–122.
3. Кунцевич Г.И. Ультразвуковые методы исследования ветвей дуги аорты. Минск: Аверсэв, 2006. 208 с.
4. Van Engelen A., Wannarong T., Parraga G., Niessen W.J., Fenster A., Spence J.D., de Bruijne M. et al. Three-dimensional carotid ultrasound plaque texture predicts vascular events // Stroke. 2014. V. 45. No. 9. P. 2695–2670.
5. Johri A.M., Chitty D.W., Matangi M., Malik P., Mousavi P., Day A., Gravett M., Simpson C. Can carotid bulb plaque assessment rule out significant coronary artery disease? A comparison of plaque quantification by two- and three-dimensional ultrasound // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2013. V. 26. No. 1. P. 86–95.

НОВИНКИ издательства ВИДАР

ДЕТСКАЯ
ультразвуковая
диагностика

Том **3**
Неврология.
Сосуды головы и шеи
Под ред. М.И. Пыкова

Третий том учебника посвящен одной из самых востребованных тем в детской ультразвуковой диагностике – исследованию центральной нервной системы. В настоящее время невозможно себе представить грамотное ведение ребенка в раннем возрасте без скрининговой нейросонографии, а при неврологической патологии нейросонография используется как основной метод лучевой диагностики. В учебнике подробно представлены различные методики ультразвуковой нейровизуализации, нормальная эхоанатомия, эхографические признаки практически всех патологических изменений ЦНС, которые могут встретиться у маленького пациента. Впервые освещаются вопросы оценки сосудов головы и шеи у детей различных возрастных групп. Учебник предназначен для врачей ультразвуковой диагностики, неонатологов, детских неврологов, нейрохирургов, педиатров.

- Глава 1.** Методика ультразвукового исследования головного мозга у детей раннего возраста
- Глава 2.** Ультразвуковые характеристики структур головного мозга
- Глава 3.** Ультразвуковое доплеровское исследование мозгового кровотока у детей раннего возраста
- Глава 4.** Внутричерепные кровоизлияния
- Глава 5.** Ишемические поражения головного мозга
Перивентрикулярная лейкомаляция
Субкортикальная лейкомаляция
Парасагиттальный ишемический некроз
Ишемические поражения зрительных бугров
- Глава 6.** Воспалительные заболевания головного мозга. Внутриутробная инфекция
- Глава 7.** Врожденные пороки развития головного мозга. Аномалия Арнольда-Киари
- Глава 8.** Гидроцефалия
- Глава 9.** Допплерографическое исследование мозгового кровотока у детей старшего возраста
- Глава 10.** Ультразвуковое исследование спинного мозга

WWW.VIDAR.RU

6. Al Muhanna K., Hossain M., Zhao L., Fischell J., Kowalewski G., Dux M., Sikdar S., Lal B.K. Carotid plaque morphometric assessment with three-dimensional ultrasound imaging // *J. Vasc. Surg.* 2015. V. 61. No. 3. P. 690–697.
7. Bar M., Roubec M., Farana R., Licev L., Tomaskova H., Skoloudik D. Inter-rater reliability of carotid atherosclerotic plaque quantification by 3-dimensional sonography // *J. Ultrasound Med.* 2014. V. 33. No. 7. P. 1273–1278.
8. Kalashyan H., Saqur M., Shuaib A., Romanchuk H., Nanda N.C., Becher H. Comprehensive and rapid assessment of carotid plaques in acute stroke using a new single sweep method for three-dimensional carotid ultrasound // *Echocardiography.* 2013. V. 30. No. 4. P. 414–418.
9. Fenster A., Landry A., Downey D.B., Hegele R.A., Spence J.D. 3D ultrasound imaging of the carotid arteries // *Curr. Drug Targets Cardiovasc. Haematol. Disord.* 2004. V. 4. No. 2. P. 161–175.
10. Falk E., Sillesen H., Muntendam P., Fuster V. The high-risk plaque initiative: primary prevention of atherothrombotic events in the asymptomatic population // *Curr. Atheroscler. Rep.* 2011. V. 13. No. 5. P. 359–366.
11. Muntendam P., McCall C., Sanz J., Falk E., Fuster V., High-Risk Plaque Initiative. The BioImage Study: novel approaches to risk assessment in the primary prevention of atherosclerotic cardiovascular disease – study design and objectives // *Am. Heart J.* 2010. V. 160. No. 1. P. 49–57.
12. Sillesen H., Muntendam P., Adourian A., Entrekin R., Garcia M., Falk E., Fuster V. Carotid plaque burden as a measure of subclinical atherosclerosis: comparison with other tests for subclinical arterial disease in the High Risk Plaque BioImage study // *JACC. Cardiovasc. Imaging.* 2012. V. 5. No. 7. P. 681–689.
13. Graebe M., Entrekin R., Collet-Billon A., Harrison G., Sillesen H. Reproducibility of two 3-D ultrasound carotid plaque quantification methods // *Ultrasound Med. Biol.* 2014. V. 40. No. 7. P. 1641–1649.
14. Touboul P.J., Hennerici M.G., Meairs S., Adams H., Amarenco P., Bornstein N., Csiba L., Desvarieux M., Ebrahim S., Hernandez Hernandez R., Jaff M., Kownator S., Naqvi T., Prati P., Rundek T., Sitzer M., Schminke U., Tardif J.-C., Taylor A., Vicaut E., Woo K.S. Mannheim carotid intima-media thickness and plaque consensus (2004–2006–2011). An update on behalf of the advisory board of the 3rd, 4th and 5th watching the risk symposia, at the 13th, 15th and 20th European Stroke Conferences, Mannheim, Germany, 2004, Brussels, Belgium, 2006, and Hamburg, Germany, 2011 // *Cerebrovasc. Dis.* 2012. V. 34. No. 4. P. 290–296.
15. Makris G.C., Lavid A., Griffin M., Geroulakos G., Nicolaides A.N. Three-dimensional ultrasound imaging for the evaluation of carotid atherosclerosis // *Atherosclerosis.* 2011. V. 219. No. 2. P. 377–383.
16. Delcker A., Diener H.C. Quantification of atherosclerotic plaques in carotid arteries by three-dimensional ultrasound // *Br. J. Radiol.* 1994. V. 67. No. 799. P. 672–678.

17. Fenster A., Blake C., Gyacskov I., Landry A., Spence J.D. 3D ultrasound analysis of carotid plaque volume and surface morphology // *Ultrasonics*. 2006. V. 44. Suppl. 1. P. e153–e157.
18. Kalashyan H., Shuaib A., Gibson P.H., Roman-chuk H., Saqur M., Khan K., Osborne J., Becher H. Single sweep three-dimensional carotid ultrasound: reproducibility in plaque and artery volume measurements // *Atherosclerosis*. 2014. V. 232. No. 2. P. 397–402.
19. Кошурникова М.В., Стразденъ Е.Ю., Устюжанин Д.В., Трипотень М.И., Шария М.А., Балахонова Т.В., Карпов Ю.А. Сравнительная характеристика возможностей методов визуализации (магнитно-резонансная томография и 3D-ультра-звуковое исследование) при количественной оценке объема атеросклеротической бляшки // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2013. №. 3. С. 4–9.
20. Ainsworth C.D., Blake C.C., Tamayo A., Beletsky V., Fenster A., Spence J.D. 3D ultrasound measurement of change in carotid plaque volume: a tool for rapid evaluation of new therapies // *Stroke*. 2005. V. 36. No. 9. P. 1904–1909.
21. Schminke U., Hilker L., Motsch L., Griewing B., Kessler C. Volumetric assessment of plaque progression with 3-dimensional ultrasonography under statin therapy // *J. Neuroimaging*. 2002. V. 12. No. 3. P. 245–245.

3D Ultrasound in Carotid Atherosclerotic Plaque Volume Assessment: Values of Semiautomatic Quantitative Analysis

T.V. Balakhonova, O.A. Pogorelova, M.I. Tripoten,
M.V. Koshurnikova, Z.G. Luginova, A.V. Susekov, A.N. Rogoza
Institute of Cardiology, Russian Cardiology Research Center, Moscow

T.V. Balakhonova – M.D., Ph.D., Professor, Head of Laboratory of Vascular Ultrasound, Department of New Methods of Diagnostics and Investigation, Institute of Cardiology, Russian Cardiology Research Center. O.A. Pogorelova – M.D., Ph.D., Senior Researcher, Laboratory of Vascular Ultrasound, Department of New Methods of Diagnostics and Investigation, Institute of Cardiology, Russian Cardiology Research Center. M.I. Tripoten – M.D., Ph.D., Researcher, Laboratory of Vascular Ultrasound, Department of New Methods of Diagnostics and Investigation, Institute of Cardiology, Russian Cardiology Research Center. M.V. Koshurnikova – M.D., Ph.D., Assistant Researcher, Laboratory of Vascular Ultrasound, Department of New Methods of Diagnostics and Investigation, Institute of Cardiology, Russian Cardiology Research Center. Z.G. Luginova – M.D., Ph.D. fellow, Laboratory of Clinical Lipidology, Department of Problems of Atherosclerosis, Institute of Cardiology, Russian Cardiology Research Center. A.V. Susekov – M.D., Ph.D., Head of Laboratory of Clinical Lipidology, Department of Problems of Atherosclerosis, Institute of Cardiology, Russian Cardiology Research Center. A.N. Rogoza – M.D., Ph.D., Professor, Head of Department of New Methods of Diagnostics and Investigation, Institute of Cardiology, Russian Cardiology Research Center.

Aim of the study – to assess the value of semiautomatic quantitative analysis in carotid atherosclerotic plaque volume estimation with the help of 3D ultrasound. 40 patients (7 women and 33 men) were included in to the study. All patients were with high risk of cardiovascular diseases and under the treatment of rosuvastatin (40 mg per day) for 3 months. Age of patients varied between 51 and 70 years old. Ultrasound examination was performed using iU 22 scanner (Philips, Nederland) equipped with linear (L9–3) and volume linear (VL13–5) probes. 3D images of 70 atherosclerotic plaques were analyzed before and after 3 months therapy. Statistical analysis showed good intraobserver reproducibility of semiautomatic quantitative analysis in assessment of atherosclerotic plaques 3D images. Coefficient of variation was 3.1%, Spearman correlation coefficient – 0.99 ($P = 0.000$). Atherosclerotic plaques volume decreased significantly in 3 months of the hypolipidemic therapy: before the treatment – 85.0 (54.8–195.5) (5.0–1 720.0) mm^3 , after the treatment – 83.5 (56.0–192.0) (5.0–1 716.0) mm^3 ($P = 0.045$). Volume decreased in 21 cases: 81.0 (69.0–197.0) (14.0–1 720.0) mm^3 and 77.0 (60.0–194.0) (11.0–1 716.0) mm^3 ($P < 0.001$). There were not any changes in 11 cases: 74.0 (19.0–127.5) (5.0–678.0) mm^3 and 74.0 (19.0–127.5) (5.0–678.0) mm^3 . Volume increased in 8 cases: 146.5 (75.8–171.5) (48.0–284.0) mm^3 and 155.5 (79.3–197.3) (55.0–321.0) mm^3 ($P = 0.012$). Semiautomatic quantitative analysis of 3D images is the perspective method which can be used in clinical practice for the assessment of atherosclerotic plaques quantitative characteristics and atherosclerotic process dynamics in the high risk group.

Key words: *three-dimensional (3D) ultrasound, semiautomatic quantitative analysis, reproducibility, atherosclerosis, hypolipidemic therapy.*