

Врублевский А. В., Бощенко А. А., Богданов Ю. И.
ФГБНУ «Томский НИМЦ», «НИИ кардиологии», 634012, Томск, ул. Киевская, д. 111а

ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ЧРЕСПИЩЕВОДНОЙ ЭХОКАРДИОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ АТЕРОСКЛЕРОЗА ГРУДНОГО ОТДЕЛА АОРТЫ

Ключевые слова: трехмерная чреспищеводная эхокардиография; грудной отдел аорты; атеросклероз

Ссылка для цитирования: Врублевский А. В., Бощенко А. А., Богданов Ю. И. Возможности и ограничения трехмерной чреспищеводной эхокардиографии в диагностике атеросклероза грудного отдела аорты. Кардиология. 2019;59(10S):22–30

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Сравнение возможностей и ограничений двухмерной (2D) и трехмерной (3D) мультиплановой чреспищеводной эхокардиографии в диагностике стадии атеросклероза грудного отдела аорты (ГА), количественной оценке аортальных атером и их геометрии, а также предикции коронарного атеросклероза. **Материал и методы.** 2D и 3D мультиплановое чреспищеводное ультразвуковое исследование (ЧПУЗИ) ГА выполнено у 180 больных с типичной или вероятной стенокардией (104 мужчины, 76 женщин, средний возраст $62,4 \pm 7,5$ лет) на ультразвуковой диагностической системе IE33 xMatrix (Philips) с помощью матричного чреспищеводного датчика X7-2t. В 2D режиме визуализировали восходящий отдел, доступные для локализации участки дуги и весь нисходящий отдел ГА по стандартному протоколу, применяя технологию сканирования xPlane. 3D исследование выполняли, применяя режимы Live 3D и Full Volume. 2D и 3D исследования записывали в виде серии видеоклипов на жесткий диск прибора с последующей off-line обработкой на рабочей станции QLab 10.8 (Philips). Измеряли высоту (см) и визуально оценивали контур каждой атеромы в 2D и 3D режимах. Выделяли 5 стадий атероматоза ГА: 1 – утолщение комплекса интима-медиа < 2 мм; 2 – локальное или диффузное утолщение комплекса интима-медиа 2–3 мм (мелкие атеромы); 3 – атеромы высотой > 3 –5 мм без мобильного или ulcerогенного компонентов; 4 – атеромы высотой > 5 мм без мобильного или ulcerогенного компонентов; 5 – атеромы любой высоты с мобильным или ulcerогенным компонентом. После ЧПУЗИ ГА всем обследованным больным выполнена диагностическая цифровая коронарная ангиография. У 122 (67,7%) больных, не имеющих стентов в коронарных артериях и коронарных шунтов, рассчитан SYNTAX Score. **Результаты.** Всего проанализировано 620 атером: 109 (17,6%) в восходящем отделе, 8 (1,3%) в дуге и 503 (81,1%) в нисходящем отделе ГА. В среднем у одного больного выявлено $3,4 \pm 2,1$ атеромы в различных отделах ГА. Высота атером в 3D изображении была значимо выше ($p < 0,001$), чем в 2D, составляя $0,38 \pm 0,09$ см и $0,26 \pm 0,07$ см соответственно. Усредненный прирост высоты атером в 3D режиме составил $0,12 \pm 0,06$ см. В 3D изображении 87,7% атером демонстрировали неровные контуры, в то время как в 2D изображении неровность контуров имели только 35,4% атером. Мобильный компонент у 6 (66,6%) из 9 осложненных атером выявлен только в 3D изображении. В 2D режиме стадии атероматоза ГА 1–5 выявлены в 22 (12,2%), 103 (57,2%), 43 (23,9%), 7 (3,9%) и 4 (2,2%) случаях соответственно. В 3D режиме стадии атероматоза ГА 1–5 выявлены в 16 (8,9%), 25 (13,9%), 90 (50%), 38 (21,1%) и 10 (5,5%) случаях соответственно. При этом 130 (72,2%) больных в 3D изображении демонстрировали стадию атероматоза ГА более высокой градации. У 1 (0,6%) больного атероматоз ГА не выявлен. Установлена прямая корреляция между стадией атероматоза ГА и SYNTAX Score, составившая для 2D режима $r_s = 0,32$; $p < 0,001$ и 3D режима $r_s = 0,30$; $p < 0,01$ соответственно. **Заключение.** 3D ЧПУЗИ ГА является более точным методом количественной оценки атеросклеротических бляшек и их геометрии, диагностики осложненных атером и стадии атеросклероза, чем 2D исследование, что позволяет, в конечном итоге, изменить стадию атероматоза в сторону более высокой градации. 3D ультразвуковая стадия атероматоза ГА является информативным предиктором выраженности и распространенности коронарного атеросклероза.

Vrublevsky A. V., Boshchenko A. A., Bogdanov Yu. I.
Tomsk National Research Medical Center of the Russian Academy of Science,
Cardiology Research Institute, Kievskaya 111a, Tomsk 634012

POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF THREE-DIMENSIONAL TRANSESOPHAGEAL ECHOCARDIOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF THORACIC AORTA ATHEROSCLEROSIS

Keywords: 3D transesophageal echocardiography; thoracic aorta; atherosclerosis

For citation: For citation: Vrublevsky A. V., Boshchenko A. A., Bogdanov Yu. I. Possibilities and limitations of three-dimensional transesophageal echocardiography in the diagnosis of thoracic aorta atherosclerosis. Kardiologiya. 2019;59(10S):22–30

SUMMARY

Objectives. To compare the possibilities and limitations of the two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) multiplane transesophageal echocardiography (TEE) for the diagnosis of the thoracic aorta (TA) atherosclerosis stage, qualitative and quantitative assessment of aortic atheromas and coronary atherosclerosis prediction. **Materials and methods.** 2D and 3D multiplane TEE of the TA was performed in 180 consecutive CAD patients (104 men, 76 women, mean age 62.4 ± 7.5 years) using Philips IE33 xMatrix system and a X7-2t multiplane probe. Ascending aorta, accessible parts of the arch and descending TA were visualized in 2D mode with standard protocol using Live xPlane mode. 3D study of TA was performed using Live 3D and Full Volume modes. 2D and 3D studies were recorded as video clips series on a system hard drive with subsequent of line processing on a QLab 10.8 (Philips) workstation. Qualitative and quantitative assessment of every atheroma was performed using 2D and 3D modes. The degree of severity and distribution of the TA atheromatosis was evaluated according to the classification of ASE and EACVI (2015): grade 0 – intimal-medial thickness ≤ 1 mm, 1 – intimal thickness ≤ 2 mm, 2 – focal or diffuse intimal thickening of 2–3 mm (small atheromas), 3 – atheromas > 3 –5 mm (no mobile/ulcerated components), 4 – atheromas > 5 mm (no mobile/ulcerated components), 5 – grade 2, 3, or 4 atheromas plus mobile or ulcerated components. After TEE all patients underwent digital coronary angiography. SYNTAX Score was calculated in 122 (67.7%) patients with no coronary stents and bypass grafts. **Results.** 620 atheromas were analysed: 109 (17.6%) in the ascending part, 8 (1.3%) in the arch and 503 (81.1%) in the descending part. On average 3.4 ± 2.1 atheromas per patient were revealed. Atheromas height in 3D was significantly higher ($p < 0.001$), than in 2D, being 0.38 ± 0.09 cm and 0.26 ± 0.07 cm, respectively. Averaged atheromas height increase in 3D was 0.12 ± 0.06 cm. In 3D 87.7% of atheromas have shown irregular contours, while in 2D only 35.4% of atheromas had rough contours. The mobile component in 6 (66.6%) out of 9 atheromas was revealed only in 3D. In 2D 1–5 stages of TA atheromatosis were revealed in 22 (12.2%), 103 (57.2%), 43 (23.9%), 7 (3.9%) and 4 (2.2%) cases, respectively. In 3D 1–5 stages of TA atheromatosis were revealed in 16 (8.9%), 25 (13.9%), 90 (50%), 38 (21.1%) and 10 (5.5%) cases, respectively. With 3D TEE 130 (72.2%) patients were found to have higher gradation of TA atheromatosis stage. TA atheromatosis was not detected in 1 (0.6%) patient. The direct Spearman's correlation between a stage of TA atheromatosis and SYNTAX Score which has been established for 2D $r_s = 0.32$, $p < 0.001$ and 3D $r_s = 0.30$, $p < 0.01$, respectively. **Conclusion.** A comparison between 2D and 3D TEE has shown, that 3D is more precise method of qualitative and quantitative assessment of aortic atheromas and diagnosis of TA atheromatosis stage which allows, ultimately, to change the stage of TA atheromatosis towards a higher gradation. 3D ultrasound stage of TA atheromatosis is a surrogate marker of the severity and prevalence of coronary atherosclerosis.

Information about the corresponding author: Vrublevsky A.V., e-mail: avr@cardio-tomsk.ru

Введение

Точная топическая диагностика и планиметрическая оценка атеросклеротических бляшек высотой > 4 мм в грудном отделе аорты, особенно в дуге, а также осложненных атером с мобильным компонентом и изъязвлением аортальной стенки имеет важное клиническое значение, так как они являются одной из причин крипотогенных инсультов, эмболии сосудов большого круга кровообращения и диссекции аортальной стенки [1–5]. Ряд исследователей рассматривают наличие крупных атером в дуге аорты высотой > 4 мм, как прогностически неблагоприятный ФР повторных сосудистых событий в течение ближайшего года [2–4].

В последнее десятилетие новые возможности цифровой трехмерной магнитно-резонансной томографии и компьютерной томографии с контрастным усилением позволяют позиционировать их в качестве ведущих неинвазивных визуализирующих методов диагностики патологии грудного отдела аорты, в том числе крупных и осложненных атером [6–11]. В то же время мультиплановая чреспищеводная ЭхоКГ (ЧПЭхоКГ), благодаря высокой доступности, мобильности, низкой стоимости, отсутствию лучевой нагрузки и ряду диагностических преимуществ в оценке аортальной стенки, высоты, геометрии и экоструктуры аортальных атером, по-прежнему остается одним из лидирующих неин-

вазивных диагностических инструментов при обследовании больных с патологией грудного отдела аорты [1, 6, 8–10].

В нашем предыдущем исследовании [1] на большом клиническом материале (237 больных хронической ИБС) показана роль мультиплановой двухмерной (2D) ЧПЭхоКГ в диагностике стадии атеросклероза грудного отдела аорты, количественной оценке аортальных атером и предикции коронарного атеросклероза. Так, было установлено, что атеросклеротические бляшки в грудном отделе аорты являются высокочувствительным (85%) и специфичным (83%) суррогатным маркером коронарного атеросклероза, а ультразвуковая стадия атероматоза грудного отдела аорты косвенно отражает суммарное атеросклеротическое поражение артерий сердца. Нами [1], а также другими авторами [6, 8–10], с помощью 2D чреспищеводного ультразвукового исследования была показана возможность неинвазивной диагностики и динамического наблюдения осложненных атером в грудном отделе аорты, в частности, бляшек с мобильным компонентом и ulcerогенных бляшек с пенетрацией аортальной стенки, имеющих важное клиническое и прогностическое значение.

В последнее десятилетие внедрение в клиническую практику трехмерной (3D) мультиплановой ЧПЭхоКГ и ультразвуковых датчиков матричного типа привело

к пересмотру многих известных диагностических позиций верификации атеросклероза грудного отдела аорты, полученных с помощью 2D исследования, и открыло новые перспективы неинвазивной визуализации и объемной количественной оценки аортальных атером без применения методик с ионизирующим излучением [12–15].

Целью данного исследования являлось сравнение возможностей и ограничений 2D и 3D мультиплановой ЧПЭхоКГ в диагностике стадии атеросклероза грудного отдела аорты, количественной оценке аортальных атером и их геометрии, а также предикции коронарного атеросклероза.

Материалы и методы

С ноября 2017 г. по июнь 2018 г. в отделении атеросклероза и хронической ИБС НИИ кардиологии Томского НИМЦ обследовано 180 больных с типичной или вероятной стенокардией – 104 мужчины и 76 женщин (средний возраст $62,4 \pm 7,5$ года), направленных для проведения диагностической коронарной ангиографии, процедуры повторного стентирования коронарных артерий или операции коронарного шунтирования. Клиническая характеристика больных представлена в таблице 1. Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и одобрено комитетом по биомедицинской этике НИИ кардиологии Томского НИМЦ. Все больные дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Критериями исключения являлись абсолютные противопоказания к выполнению ЧПЭхоКГ, фибрилляция предсердий, частая экстрасистолия и отказ больного от исследования.

Мультиплановое чреспищеводное ультразвуковое исследование грудного отдела аорты в режимах 2D и 3D выполняли натошак на ультразвуковой диагностической системе экспертного класса IE33 xMatrix (Philips, Германия-США) с помощью матричного чреспищеводного датчика X7-2t. Интубацию пищевода осуществляли в положении пациента лежа на левом боку после местной анестезии слизистой ротоглотки (лидокаин 10%, спрей).

В 2D режиме визуализировали восходящий отдел, доступные для локализации участки дуги и весь нисходящий отдел грудной аорты в продольном и поперечном сечениях по стандартному протоколу, применяя технологию сканирования xPlane. Синхронно регистрировали ЭКГ во II модифицированном отведении. На глубине 25–30 см от резцов измеряли толщину комплекса интима-медиа (см) не менее чем в трех сегментах и рассчитывали среднее значение. Комплекс интима-медиа с четким, ровным контуром, толщиной <1 мм

Таблица 1. Клиническая характеристика больных

Показатель	Количество, n (%)
Объем выборки	180
Мужчины	104 (57,8)
Женщины	76 (42,2)
Средний возраст, М±SD	62,4±7,5
ИБС	171 (95)
Постинфарктный кардиосклероз	60 (33,3)
Стенты в коронарных артериях	58 (32,2)
Артериальная гипертензия	166 (92,2)
Инсульт или транзиторная ишемическая атака в анамнезе	12 (6,6)
Хроническая болезнь почек (скорость клубочковой фильтрации <60 мл/мин/м ²)	42 (23,3)
Ожирение (ИМТ ≥30 кг/м ²)	73 (40,5)
СД типа 2 или нарушение толерантности к глюкозе	36 (20)
Курение	49 (27,2)
Дислипидемия	174 (96,6)
Стенозы сонных артерий <50%	132 (73,3)
Стенозы сонных артерий ≥50%	16 (8,8)
Стенозы бедренных артерий <50%	92 (51,1)
Стенозы бедренных артерий ≥50%	9 (5)

расценивали как норму [10]. 3D исследование выполняли, применяя режимы сканирования в реальном времени – Live 3D и полнообъемной пирамиды – Full Volume. Ход 2D и 3D исследований записывали в виде серии видеоклипов на жесткий диск прибора с последующей off-line обработкой на рабочей станции QLab ver.10.8 (Philips, Германия-США). Измеряли высоту (см) и визуально оценивали контур каждой атеромы в 2D и 3D режимах.

Согласно рекомендациям Американского общества по ЭхоКГ (ASE) и Европейской ассоциации сердечно-сосудистого изображения (EACVI) 2015 года [10] выделяли 5 стадий атероматоза грудного отдела аорты: 1 – утолщение комплекса интима-медиа <2 мм; 2 – локальное или диффузное утолщение комплекса интима-медиа 2–3 мм (мелкие атеромы); 3 – атеромы высотой >3–5 мм без мобильного или ulcerогенного компонентов; 4 – атеромы высотой >5 мм без мобильного или ulcerогенного компонентов; 5 – атеромы любой высоты с мобильным или ulcerогенным компонентом.

В течение недели после чреспищеводного ультразвукового исследования грудного отдела аорты всем обследованным больным выполнена диагностическая цифровая коронарная ангиография. Взаимосвязь стадии атероматоза грудного отдела аорты и показателя суммарного атеросклеротического поражения артерий сердца SYNTAX Score, рассчитанного по шкале SYNTAX [16],

Рисунок 1. Сравнительный анализ высоты атеромы в нисходящем отделе грудной аорты в 2D и 3D режимах

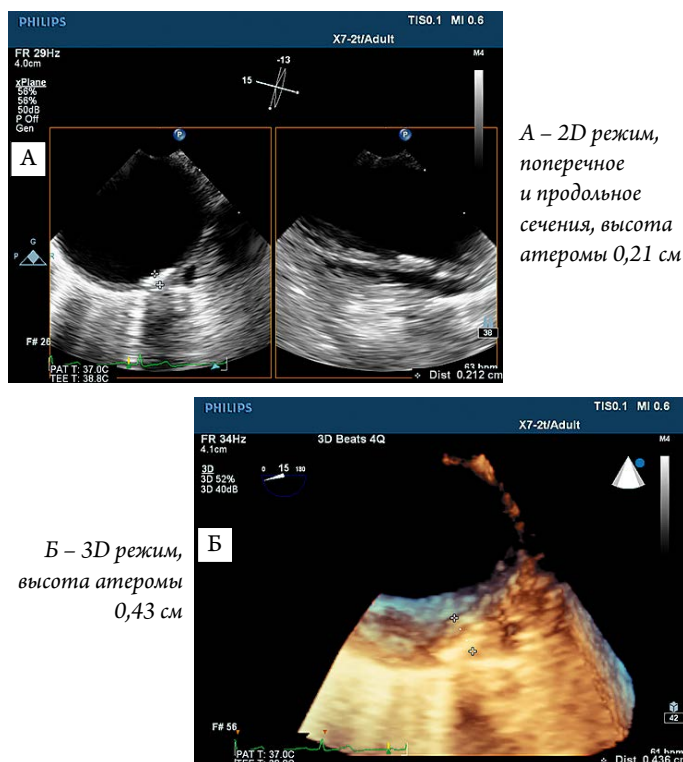
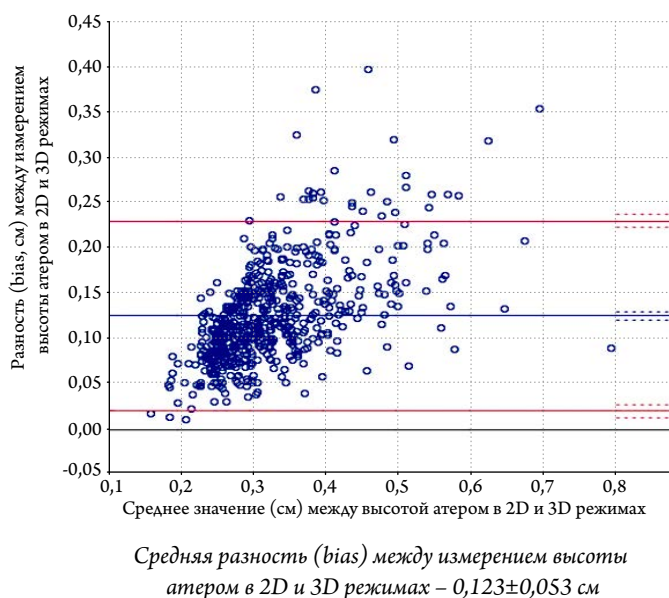


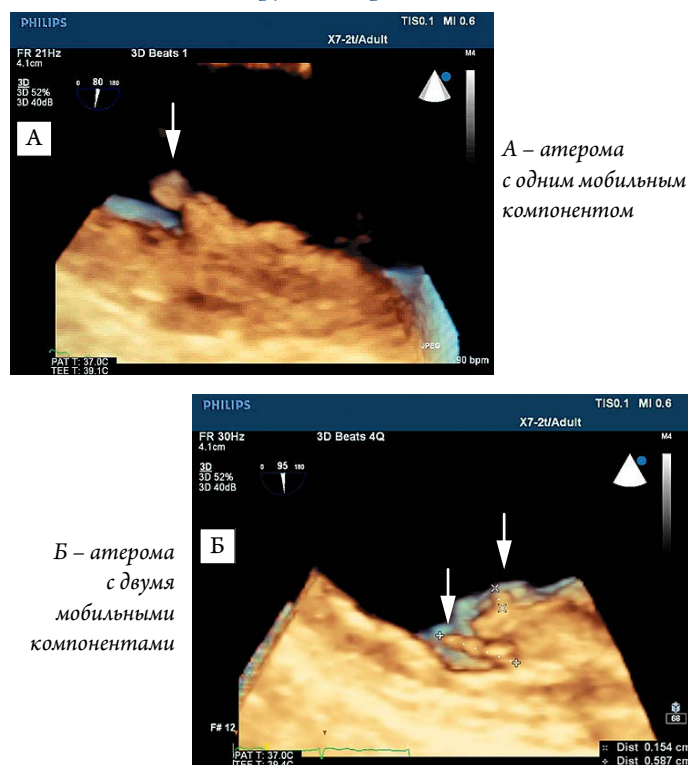
Рисунок 2. Сравнительный анализ высоты атером в грудном отделе аорты в 2D и 3D режимах методом Блэнда–Альтмана (n=620)



проанализирована у 122 (67,7%) больных, не имеющих стентов в коронарных артериях и коронарных шунтов.

Статистическая обработка материала выполнена с помощью пакета прикладных программ STATISTICA, ver. 10.0 (StatSoft Inc., США). Данные представлены как $M \pm SD$. Учитывая нормальное распределение в иссле-

Рисунок 3. Пример 3D реконструкции осложненных атером с мобильным компонентом в нисходящем отделе грудной аорты



дуемой выборке, для оценки межгрупповых различий применяли t-тест Стьюдента. Сравнение высоты атером в 2D и 3D режимах в грудном отделе аорты выполнено методом Блэнда–Альтмана. Взаимосвязь ультразвуковой стадии атероматоза грудного отдела аорты с толщиной комплекса интима-медия и SYNTAX Score оценена с помощью метода ранговой корреляции Спирмена.

Результаты

Всего у 180 обследованных больных выявлено и проанализировано 620 атером: 109 (17,6%) в восходящем отделе, 8 (1,3%) в дуге и 503 (81,1%) в нисходящем отделе грудной аорты. В среднем у одного больного выявлено $3,4 \pm 2,1$ атеромы в различных отделах грудной аорты. Установлена статистически значимая прямая взаимосвязь между толщиной комплекса интима-медия и стадией атероматоза грудного отдела аорты как в 2D режиме – $r_s = 0,61$; $p < 0,001$, так и в 3D режиме – $r_s = 0,65$; $p < 0,001$. Высота атером в 3D изображении была значительно выше, чем в 2D, как суммарно во всех отделах грудной аорты, так и в отдельных ее регионах (табл. 2, рис. 1). Усредненный прирост высоты атером в 3D изображении в сравнении с 2D представлен в таблице 2. Сравнение высоты атером в 2D и 3D режимах, выполненное методом Блэнда–Альтмана, подтвердило значимое расхождение полученных данных. При этом значение средней разности (bias) составило $0,123 \pm 0,053$ см (рис. 2). В 3D

Таблица 2. Сравнительная оценка высоты атером в грудном отделе аорты в 2D и 3D режимах

Регионы грудной аорты, n	2D, см	3D, см	Дельта 3D-2D, см	p, 2D и 3D
Все регионы, n=620	0,26±0,07	0,38±0,09	0,12±0,06	<0,001
Восходящий отдел, n=109	0,32±0,09	0,47±0,12	0,15±0,05	<0,001
Дуга, n=8	0,27±0,06	0,43±0,12	0,16±0,06	<0,001
Нисходящий отдел, n=503	0,25±0,06	0,36±0,08	0,11±0,05	<0,001

Таблица 3. Сравнительная визуализационная оценка контура атером в грудном отделе аорты в 2D и 3D режимах

Режим	Регионы грудной аорты							
	Все регионы		Восходящий отдел		Дуга		Нисходящий отдел	
	ровный, n	неровный, n, %	ровный, n	неровный, n, %	ровный, n	неровный, n, %	ровный, n	неровный, n, %
2D	400	220 (35,4)	91	18 (16,5)	2	6 (75)	307	196 (38,9)
3D	76	544 (87,7)	70	39 (35,7)	0	8 (100)	6	497 (98,8)

изображении атеромы более часто демонстрировали неровные контуры, чем в 2D изображении (табл. 3). Мобильный компонент у 6 (66,6%) из 9 осложненных атером выявлен только с помощью 3D изображения (табл. 4, рис. 3). Ульцерогенных бляшек с пенетрацией аортальной стенки не выявлено. У 1 (0,6%) больного в нисходящем отделе грудной аорты обнаружен адвентициальный рост атеромы (рис. 4).

Рисунок 4. Пример диагностики в 3D режиме крупной атеромы с адвентициальным ростом в нисходящем отделе грудной аорты

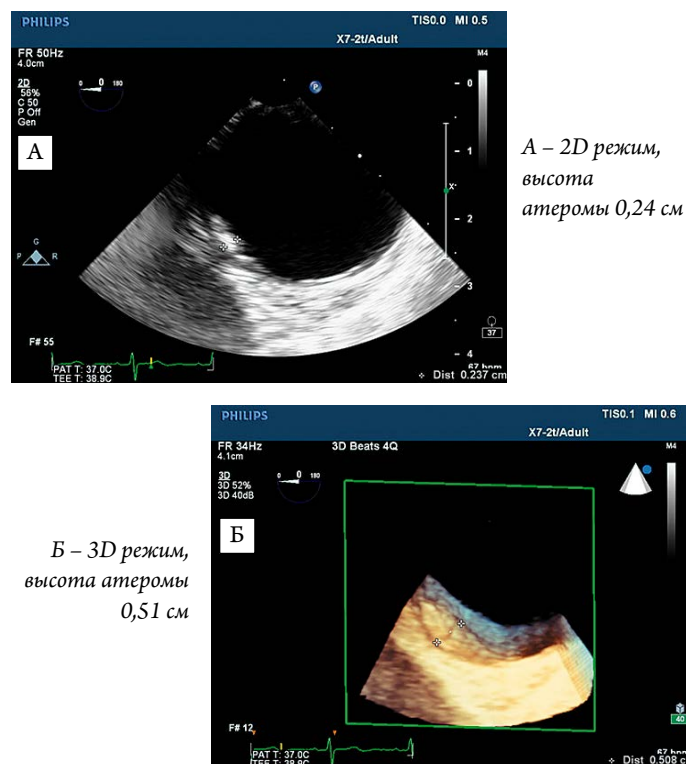
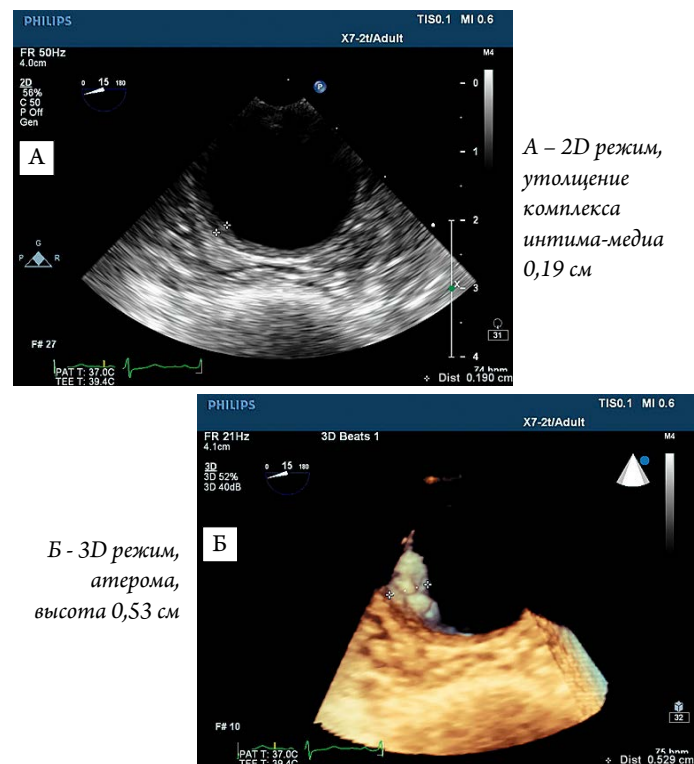


Таблица 4. Сравнительная диагностика осложненных атером с мобильным компонентом в грудном отделе аорты в 2D и 3D режимах

Режим	Регионы грудной аорты			
	Все регионы, n	Восходящий отдел, n	Дуга, n	Нисходящий отдел, n
2D	3	0	0	3
3D	9	2	1	6

Рисунок 5. Пример диагностики в 3D режиме атеромы с бугристым контуром в нисходящем отделе грудной аорты при неинформативности 2D режима



форсига
(дапаглифлозин)

1 раз в день
сигдуолонг
(дапаглифлозин + метформин
пролонгированного действия)

ДЕЙСТВУЙ! НЕ ЖДИ!

**ГЛЮКОЗА УХОДИТ,
РЕЗУЛЬТАТ ПРИХОДИТ**



Материал предназначен для специалистов здравоохранения. Имеются противопоказания. Перед назначением препаратов ознакомьтесь, пожалуйста, с полными инструкциями по медицинскому применению лекарственных препаратов.

ООО «АстраЗенека Фармасьютикалз»: 125284, Москва, ул.Беговая, д.3, стр.1. Тел.: +74957995699, факс: +74957995698 www.astrazeneca.ru
FOR-RU-4853. Дата одобрения: 24.12.2018. Дата истечения: 24.12.2020.

AstraZeneca

В 2D режиме стадии атероматоза 1–5 выявлены в 22 (12,2%), 103 (57,2%), 43 (23,9%), 7 (3,9%), и 4 (2,2%) случаях соответственно. В 3D режиме стадии атероматоза 1–5 выявлены в 16 (8,9%), 25 (13,9%), 90 (50%), 38 (21,1%) и 10 (5,5%) случаях соответственно. При этом 130 (72,2%) больных в 3D изображении демонстрировали стадию атероматоза грудного отдела аорты более высокой градации. У 1 (0,6%) больного атероматоз грудного отдела аорты не выявлен. Установлена прямая корреляция между стадией атероматоза грудного отдела аорты и SYNTAX Score, составившая для 2D режима $r_s=0,32$; $p<0,001$ и 3D режима $r_s=0,30$; $p<0,01$ соответственно.

Обсуждение

В последние годы возможности получения и анализа 3D изображений зоны интереса при мультиплановой ЧПЭхоКГ, выполненной на системах экспертного класса с помощью новых типов матричных датчиков, во многом изменили диагностический алгоритм ультразвукового исследования грудного отдела аорты и методические подходы к визуальной и планиметрической оценке аортальных атером, аортальной стенки и процессов ремоделирования при атеросклерозе.

Мультиплановые 2D ультразвуковые изображения грудного отдела аорты и аортальных атером в продольном и поперечном сечениях из чреспищеводного доступа позволяют получить лишь узкий срез в зоне интереса из-за ограничений аксиальной разрешающей способности 2D режима, что не позволяет составить точного представления об объеме, топике и геометрии исследуемой структуры. В качестве возможной компенсации этого недостатка 2D режима применяют полипозиционный подход и получение множественных пошаговых ультразвуковых срезов. Основным преимуществом 3D режимов является визуализация аортальных атером в стереоструктуре, с разных позиций и углов обзора, на достаточно большом протяжении, с возможностью ротации изображения, что, в конечном итоге, позволяет получить объемное пространственное представление и другие, в отличие от 2D режима, количественные и структурные характеристики атеросклеротических бляшек.

Мы выполнили исследование суперселективной выборки больных с мультифокальным атеросклерозом, в связи с чем вполне логично наличие распространенного атеросклероза грудного отдела аорты и, в среднем, трех атером у каждого обследованного пациента. Наибольшее количество атеросклеротических бляшек выявлено в нисходящем отделе, что полностью подтверждает как результаты нашего предыдущего исследования [1], так и данные других авторов [9, 10] о преиму-

щественной локализации атером именно в этом участке грудной аорты. При этом толщина комплекса интима-медиа, измеренная в нисходящем отделе грудной аорты, позволяет косвенно составить представление о стадии атеросклеротического поражения грудной аорты как в 2D, так и в 3D режимах.

Результаты нашего исследования подтверждают более высокую информативность 3D режимов в оценке геометрии аортальных атером, чем 2D исследования. Так, нами установлено, что в 3D изображении атеросклеротические бляшки визуализируются как более крупные структуры за счет увеличения их высоты. Это приводит к диагностике в 3D режиме стадии атероматоза грудного отдела аорты более высокой градации, чем в 2D, что абсолютно оправданно, с нашей точки зрения, и имеет важное значение для клинического диагноза, динамического наблюдения и прогноза. Более крупные атеромы в грудном отделе аорты при 3D чреспищеводном исследовании, по сравнению с 2D, продемонстрировали также Weissler-Snir A. с соавт. [15], используя возможность увеличивать зону интереса в режиме 3D Zoom для более точного определения высоты атеросклеротических бляшек. По нашему мнению, для диагностического поиска аортальных атером в грудном отделе аорты целесообразно применять 3D режимы всегда, когда в 2D режиме в зоне интереса выявляется утолщение комплекса интима-медиа >1 мм. Так, на рисунке 5 показано, как незначительное утолщение комплекса интима-медиа, выявленное в 2D режиме, визуализируется в 3D режиме в виде крупной атеромы с бугристым контуром. Кроме того, следует отметить, что 3D реконструкция стенки аорты в зоне локального утолщения комплекса интима-медиа позволяет визуализировать начальную стадию атеросклероза в виде липидного пятна и оценить его геометрию и площадь. В отдельных случаях 3D изображение аортальной стенки способно выявлять процессы ремоделирования, в частности, когда в результате феномена Glagov S. с соавт. [17] наблюдается не полостной, а адвентициальный рост атеромы.

Ротация 3D изображения позволяет визуализировать весь объем бляшки и составить представление о ее геометрии, максимально точно трассировать контур и рассчитать общую площадь в том случае, если атерома полностью входит в трехмерную пирамиду. Однако учитывая часто встречающуюся сложную геометрию и большую протяженность атером, это возможно только в отдельных случаях, так как объем трехмерной пирамиды, где одновременно анализируются несколько последовательных трехмерных изображений, тоже имеет свой предел. Этим можно объяснить определенные ограничения программного обеспечения, разработанного Piazzese C. с соавт. [14], для полуавтоматического окон-

турирования атеросклеротических бляшек в грудном отделе аорты при 3D чреспищеводном исследовании с определением их количественных характеристик.

Кроме того, применение 3D режимов позволяет более точно, в отличие от 2D режимов, выявлять структурные изменения атером, в частности, появление на их поверхности многочисленных каверн и крипт, что расценивалось нами, как неровность контуров бляшки. С нашей точки зрения, появление в динамике этих изменений может быть расценено, как признак нестабильности атеросклеротической бляшки и создания субстрата для развития осложнений – диссекции или надрыва покрышки с формированием мобильного компонента. Такой же интерпретации этих изменений придерживаются в своем исследовании Weissler-Snir A. с соавт. [15].

Нами установлено, что построение полнообъемной пирамиды в 3D (Full Volume), когда происходит одновременный анализ не менее трех последовательных 3D изображений, позволяет более точно выявлять осложненные атеромы, в частности, наличие в них мобильного компонента. Скрининг крупных и осложненных атером в грудном отделе аорты при чреспищеводном ультразвуковом исследовании может иметь важное клиническое значение с целью профилактики эмболий мозговых и периферических артерий при подготовке больных к операции с искусственным кровообращением, коронарной ангиографии с доступом через бедренную артерию и различным рентген-эндоваскулярным процедурам, например, стентированию коронарных артерий или транскатетерной имплантации искусственного аортального клапана (TAVI). Следует отметить, что в последнее десятилетие ряд авторов [18–20] обсуждают в своих работах механизм возможной ретроградной эмболии сосудов головного мозга, источником которой являются осложненные атеромы, расположенные в нисходящем отделе грудной аорты. По мнению этих исследователей [18–20], одной из причин криптогенных инсультов может быть эмболия артерий головного мозга фрагментами осложненных атером в нисходящем отделе грудной аорты, которые в результате ретроградного кровотока в диастолу способны отрываться и попадать в устья сосудов дуги аорты. При необходимости поиск крупных и осложненных атером в дистальной части восходящего отдела аорты и дуги, которые не визуализируются из чреспищеводного доступа из-за экранирования столбом воздуха в трахее и левом магистральном бронхе («слепые» зоны), можно проводить с помощью эпияортального ультразвукового сканирования высокочастотным (15–18 МГц) линейным датчиком с водной насадкой во время операции с искусственным кровообращением [9].

Gu X. с соавт. [21] считают, что выраженный и распространенный атеросклероз грудного отдела аорты

с высотой атером >4 мм по данным 2D чреспищеводного исследования является предиктором многососудистого стенозирующего (>70%) атеросклероза коронарных артерий. По результатам нашего исследования ультразвуковая стадия атероматоза грудного отдела аорты в 3D режиме, как и в 2D режиме, является информативным предиктором коронарного атеросклероза и может применяться для косвенной оценки суммарного атеросклеротического поражения артерий сердца (SYNTAX Score).

Ограничения

Выполненное исследование имело определенные ограничения. Мы проанализировали результаты суперселективной выборки больных с мультифокальным атеросклерозом только одного научно-исследовательского центра. Кроме того, мы сравнили между собой возможности двух разных ультразвуковых методов – 2D и 3D мультиплановой ЧПЭхоКГ, не сопоставив полученные результаты с данными компьютерной томографии с контрастированием – «золотого стандарта» в исследовании патологии грудного отдела аорты. У большинства больных мы не визуализировали дистальный отдел восходящей аорты и часть дуги из-за столба воздуха в трахее и левом магистральном бронхе, а также отдельные атеромы в нисходящем отделе, расположенные по задней стенке аорты, из-за ограничений размеров сектора ультразвукового среза. Крупные атеромы со сложной геометрией в части случаев были визуализированы не в полном объеме в трехмерной пирамиде из-за ограничений аксиальной разрешающей способности матрицы ультразвукового датчика. И наконец, для построения корректного трехмерного изображения необходим правильный синусовый ритм, в связи с чем мы не включали в исследование больных со сложными нарушениями ритма сердца.

Заключение

Чреспищеводное ультразвуковое исследование грудного отдела аорты в режиме 3D является более точным методом количественной оценки атеросклеротических бляшек и их геометрии, диагностики осложненных атером и стадии атеросклероза, чем 2D исследование, что позволяет, в конечном итоге, изменить стадию атероматоза в сторону более высокой градации. 3D ультразвуковая стадия атероматоза грудного отдела аорты является информативным предиктором выраженности и распространенности коронарного атеросклероза.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Vrublevsky A.V., Boshchenko A.A., Karpov R.S. Complex ultrasound assessment of atherosclerosis of thoracic aorta and coronary arteries. – Tomsk: STT;2007. – 180 p. [Russian: Врублевский А. В., Бощенко А. А., Карпов Р. С. Комплексная ультразвуковая оценка атеросклероза грудного отдела аорты и коронарных артерий. – Томск: STT; 2007. – 180 с]. ISBN 5-93629-268-1
2. Saric M, Kronzon I. Aortic Atherosclerosis and Embolic Events. *Current Cardiology Reports*. 2012;14(3):342–9. DOI: 10.1007/s11886-012-0261-2
3. Guidoux C, Mazighi M, Lavallée P, Labreuche J, Meseguer E, Cabrejo L et al. Aortic arch atheroma in transient ischemic attack patients. *Atherosclerosis*. 2013;231 (1) :124–8. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2013.08.025
4. Nakanishi K, Homma S. Role of echocardiography in patients with stroke. *Journal of Cardiology*. 2016;68(2):91–9. DOI: 10.1016/j.jjcc.2016.05.001
5. Saric M, Armour AC, Arnaout MS, Chaudhry FA, Grimm RA, Kronzon I et al. Guidelines for the Use of Echocardiography in the Evaluation of a Cardiac Source of Embolism. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2016;29(1):1–42. DOI: 10.1016/j.echo.2015.09.011
6. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DE et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the Diagnosis and Management of Patients With Thoracic Aortic Disease: A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Circulation*. 2010;121(13):e266–369. DOI: 10.1161/CIR.0b013e3181d4739e
7. Harloff A, Brendecke SM, Simon J, Assefa D, Wallis W, Helbing T et al. 3D MRI provides improved visualization and detection of aortic arch plaques compared to transesophageal echocardiography. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2012;36(3):604–11. DOI: 10.1002/jmri.23679
8. Benyounes N, Lang S, Savatovsky J, Cohen A, Lacroix D, Devys J-M et al. Diagnostic Performance of Computed Tomography Angiography Compared with Transesophageal Echocardiography for the Detection and the Analysis of Aortic Atheroma. *International Journal of Stroke*. 2013;8(5):E22. DOI: 10.1111/ijis.12037
9. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Bartolomeo R, Eggebrecht H et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2014;35(41):2873–926. DOI: 10.1093/eurheartj/ehu281
10. Goldstein SA, Evangelista A, Abbara S, Arai A, Asch FM, Badano LP et al. 7. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(2):119–82. DOI: 10.1016/j.echo.2014.11.015
11. Zhou C, Qiao H, He L, Yuan C, Chen H, Zhang Q et al. Characterization of atherosclerotic disease in thoracic aorta: A 3D, multicontrast vessel wall imaging study. *European Journal of Radiology*. 2016;85(11):2030–5. DOI: 10.1016/j.ejrad.2016.09.006
12. Negishi K, Tsuchiya H, Nakajima M, Goto K, Kurosawa K, Fukuda N et al. The Seabed-like Appearance of Atherosclerotic Plaques: Three-Dimensional Transesophageal Echocardiographic Images of the Aortic Arch Causing Cholesterol Crystal Emboli. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2010;23(11):1222.e1-1222.e4. DOI: 10.1016/j.echo.2010.04.003
13. Ito A, Sugioka K, Matsumura Y, Fujita S, Iwata S, Hanatani A et al. Rapid and Accurate Assessment of Aortic Arch Atherosclerosis Using Simultaneous Multi-Plane Imaging by Transesophageal Echocardiography. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2013;39(8):1337–42. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.03.011
14. Piazzese C, Tsang W, Sotaquir M, Kronzon I, Lang RM, Caiani EG. Semiautomated Detection and Quantification of Aortic Plaques from Three-Dimensional Transesophageal Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2014;27(7):758–66. DOI: 10.1016/j.echo.2014.03.003
15. Weissler-Snir A, Greenberg G, Shapira Y, Weisenberg D, Monakier D, Nevzorov R et al. Transoesophageal echocardiography of aortic atherosclerosis: the additive value of three-dimensional over two-dimensional imaging. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2015;16(4):389–94. DOI: 10.1093/ehjci/jeu195
16. Sianos G, Morel M-A, Kappetein AP, Morice M-C, Colombo A, Dawkins K et al. The SYNTAX Score: an angiographic tool grading the complexity of coronary artery disease. *EuroIntervention: Journal of EuroPCR in Collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*. 2005;1(2):219–27. PMID: 19758907
17. Glagov S, Weisenberg E, Zarins CK, Stankunavicius R, Kolettis GJ. Compensatory Enlargement of Human Atherosclerotic Coronary Arteries. *New England Journal of Medicine*. 1987;316(22):1371–5. DOI: 10.1056/NEJM198705283162204
18. Harloff A, Strecker C, Dudler P, Nußbaumer A, Frydrychowicz A, Olschewski M et al. Retrograde Embolism From the Descending Aorta: Visualization by Multidirectional 3D Velocity Mapping in Cryptogenic Stroke. *Stroke*. 2009;40(4):1505–8. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.530030
19. Harloff A, Simon J, Brendecke S, Assefa D, Helbing T, Frydrychowicz A et al. Complex Plaques in the Proximal Descending Aorta: An Underestimated Embolic Source of Stroke. *Stroke*. 2010;41(6):1145–50. DOI: 10.1161/STROKEAHA.109.577775
20. Wehrum T, Guenther F, Vach W, Gladstone BP, Wendel S, Fuchs A et al. Aortic Atherosclerosis Determines Increased Retrograde Blood Flow as a Potential Mechanism of Retrograde Embolic Stroke. *Cerebrovascular Diseases*. 2017;43(3–4):132–8. DOI: 10.1159/000455053
21. Gu X, He Y, Li Z, Kontos MC, Paulsen WHJ, Arrowood JA et al. Relation Between the Incidence, Location, and Extent of Thoracic Aortic Atherosclerosis Detected by Transesophageal Echocardiography and the Extent of Coronary Artery Disease by Angiography. *The American Journal of Cardiology*. 2011;107(2):175–8. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.09.003

Статья поступила 17.06.19 (Received 17.06.19)