Рубрика: хирургическая аритмология

УДК 616.125.2-073.43-089.843
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.3.1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ УШКА ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ ДЛЯ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА УСТРОЙСТВА ПЕРЕД ИМПЛАНТАЦИЕЙ ОККЛЮДЕРА В УШКО ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ

Тип статьи: оригинальная статья

З.З. Халимов, С.Е. Мамчур, И.Н. Мамчур, Н.С. Бохан, Е.А. Хоменко

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», бул. им. Академика Леонида Барбараша, 6, Кемерово, 650002, Российская Федерация

Халимов Закир Захирович, аспирант; orcid.org/0000-0002-7785-9230, e-mail: khalimovzakir@yandex.ru

Мамчур Сергей Евгеньевич, д-р мед. наук, заведующий лабораторией нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции; orcid.org/0000-0002-8277-5584

Мамчур Ирина Николаевна, канд. мед. наук, врач отделения функциональной и ультразвуковой диагностики; orcid.org/0000-0001-5244-2976

Бохан Никита Сергеевич, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению; orcid.org/0000-0002-1135-5144

Хоменко Егор Александрович, канд. мед. наук, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-1933-7768

Цель исследования *– сравнение эффективности эхокардиографических методов измерения устья ушка левого предсердия (УЛП) – двухмерной (2D) чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭхоКГ) в 4 проекциях, трехмерной (3D) ЧПЭхоКГ и моделирования УЛП.*

Материалы и методы. *Проведено проспективное одноцентровое исследование, в которое были включены 45 пациентов в возрасте 18 лет и старше с фибрилляцией предсердий (ФП) и расчетным высоким риском тромбоэмболических и геморрагических осложнений, имеющих показания для имплантации окклюдера в УЛП. Перед имплантацией пациентам проводили визуализацию и измеряли «посадочную зону» УЛП с помощью методов 2D-ЧПЭхоКГ в 4 проекциях, а также 3D-ЧПЭхоКГ и моделирования с измерением максимального и минимального диаметра устья УЛП. После имплантации окклюдера проводили сопоставление этих данных с фактическим размером имплантированного устройства.*

Результаты. *Установлено, что методика 3D-ЧПЭхоКГ имеет наиболее сильную прямую корреляционную связь между диаметром УЛП и размером окклюдера. Обнаружено, что наиболее сильная положительная корреляция существует между минимальным диаметром УЛП по данным 3D-ЧПЭхоКГ и фактически выбранным размером окклюдера ($R = 0,758$, $p < 0,05$). Между максимальным диаметром УЛП, по данным 3D-ЧПЭхоКГ, и фактически выбранным размером окклюдера также обнаружена положительная корреляция, но меньшей силы ($R = 0,647$, $p < 0,05$). Была вычислена формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи 3D-моделирования.*

Заключение. *Сравнение эхокардиографических методов визуализации УЛП демонстрирует наибольшее соответствие фактического размера окклюдера, выбранному по методике 3D-ЧПЭхоКГ, и позволяет по предложенной формуле рассчитать оптимальный размер устройства для каждого пациента индивидуально.*

Ключевые слова: чреспищеводная эхокардиография, фибрилляция предсердий, ушко левого предсердия

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF VARIOUS ECHOCARDIOGRAPHIC METHODS OF LEFT ATRIAL APPENDAGE VISUALIZATION FOR SELECTING THE OPTIMAL DEVICE SIZE BEFORE IMPLANTATION OF THE LEFT ATRIAL APPENDAGE OCCLUDER

Z.Z. Khalimov, S.E. Mamchur, I.N. Mamchur, N.S. Bokhan, E.A. Khomenko

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, 6500026, Russian Federation

Zakir Z. Khalimov, Postgraduate, orcid.org/0000-0002-7785-9230, e-mail: khalimovzakir@yandex.ru
Sergey E. Mamchur, Dr. Med. Sci., Head of the Laboratory of Arrhythmology and Pacing; orcid.org/0000-0002-8277-5584
Irina N. Mamchur, Cand. Med. Sci., Physician of the Functional and Ultrasonic Diagnostics Department; orcid.org/0000-0001-5244-2976
Nikita S. Bokhan, Head of the Department of X-Ray Surgical Diagnostic and Treatment Methods, Doctor of Endovascular Diagnostics and Treatment; orcid.org/0000-0002-1135-5144
Egor A. Khomenko, Cand. Med. Sci., Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-1933-7768

Objective. *To compare the effectiveness of echocardiographic methods for measuring the left atrial appendage (LAA) ostium – 2D transesophageal echocardiography (TEE) in four projections and 3D TEE with LAA modeling.*

Material and methods. *A prospective single-center study was performed in 45 patients aged ≥ 18 years with atrial fibrillation (AF) and an estimated high risk of thromboembolic and hemorrhagic complications, who had indications for LAA occlusion. Before implantation, the patients underwent visualization and measurement of the LAA "landing zone" using 2D TEE in 4 projections, as well as 3D TEE with modeling and measurement of the maximum and minimum diameter of the LAA ostium. After occluder implantation, these data were compared with the actual size of the implanted device.*

Results. *It was found that the 3D TEE technique has the strongest direct correlation between the LAA diameter and the occluder size. It was found that the strongest positive correlation exists between the minimum LAA diameter according to 3D TEE data and the actually selected occluder size, $R = 0.758$, $p < 0.05$. A positive correlation was also found between the maximum LAA diameter according to 3D TEE data and the actually selected occluder size, but of a lower strength, $R = 0.647$, $p < 0.05$. The correlation formula between the LAA occluder size calculated using 3D modeling have been proposed.*

Conclusion. *Comparison of echocardiographic methods of LAA visualization demonstrates the greatest correspondence between the actual size of the occluder, selected using the 3D TEE method, and allows calculating the optimal size of the device for each patient individually using the proposed formula.*

Keywords: transesophageal echocardiography, atrial fibrillation, left atrial appendage

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее распространенная аритмия, ассоциированная с повышенным риском тромбоэмболических осложнений и смертности от них [1]. Ушко левого предсердия (УЛП) – это самый опасный придаток, в котором образуется до 90% тромбов сердца и эмболов, приводящих к инсультам у пациентов с ФП. Профилактика тромбоэмболических событий традиционно проводится консервативно при помощи антикоагулянтной терапии. Несмотря на доказанную эффективность, длительное применение антикоагулянтов повышает риск кровотечений и геморрагических инсультов, а у некоторых пациентов отмечаются противопоказания для приема антикоагулянтов. Альтернативный метод лечения у пациентов с ФП для профилактики тромбоэмболических и геморрагических осложнений – эндоваскулярная окклюзия УЛП [1–3]. Исключение УЛП методом эндоваскулярной окклюзии позволяет обеспечить постоянную профилактику тромбоэмболических осложнений при одновременном предотвращении риска кровотечения, связанного с длительной антикоагулянтной терапией.

К основным показаниям для имплантации окклюдера в УЛП относят неэффективность антикоагулянтной терапии или противопоказания для нее, высокий риск кровотечений на фоне приема антикоагулянтов (HAS-BLED 3 балла и более) и ишемических событий (CHA_2DS_2-VASc у мужчин более 1 балла, у женщин более 2 баллов), а также кровотечения и повторные инсульты в анамнезе.

Важный и проблематичный аспект, который следует учитывать до того, как будет проведена имплантация окклюдера в УЛП, – правильный расчет диаметра «посадочной зоны» для выбранного устройства, измерение глубины, количество и происхождение дополнительных долей УЛП. По оценкам исследователей, в 80% случаев УЛП имеет многодольчатую анатомию, а увеличение количе-

ства долей УЛП ассоциировано с тромбозом. Морфология УЛП по типу «цветной капусты» чаще всего связана с эмболическими событиями. Также морфология УЛП зависит от пола и возраста [4].

Более того, всегда существует риск остаточного кровотока вокруг устройства, даже после удачной имплантации окклюдера в связи с неполным закрытием УЛП, что напрямую зависит от оптимального размера подобранного устройства. J.F. Viles-Gonzalez et al. в своем исследовании изучали остаточный кровоток вокруг окклюдера УЛП и обнаружили, что кровоток вокруг устройства связан с размером УЛП и неоптимальной техникой имплантации устройства [5]. Именно поэтому перед проведением эндоваскулярной окклюзии УЛП крайне важно правильно оценить размеры устья УЛП для подбора подходящего размера окклюдера.

Традиционно основным эхокардиографическим (ЭхоКГ) методом визуализации является чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ) в 4 стандартных проекциях – 0°, 45°, 90°, 135°, которая позволяет оценить анатомию УЛП и подобрать подходящий по размеру окклюдер, а также выявить анатомические противопоказания для его имплантации. Двухмерная (2D) ЧПЭхоКГ позволяет оценить состояние устья УЛП и диаметр «посадочной зоны» для имплантации устройства.

Появление метода трехмерной (3D) ЧПЭхоКГ и моделирования сердца, вероятно, позволяет более точно оценивать размеры устья УЛП и подбирать более адекватный размер окклюзирующего устройства. Вышеизложенное послужило предпосылками для данного исследования, по сравнительной оценке, эффективности различных методов визуализации устья УЛП с последующим подбором диаметра окклюдера.

Цель исследования – сравнение эффективности эхокардиографических методов измерения устья УЛП – 2D-ЧПЭхоКГ в 4 проекциях, 3D-ЧПЭхоКГ и моделирования УЛП.

Материал и методы

Было проведено проспективное одноцентровое исследование, одобренное локальным этическим комитетом (протокол ЛЭК № 8 от 10.10.2022). Все пациенты подписали форму информированного согласия на участие в исследовании и проведение диагностического и оперативного вмешательства.

В исследование были включены 45 пациентов, которым была выполнена имплантация окклюдера в УЛП. Медиана возраста пациентов составила 62 (54; 67) года.

Критерии включения: пациенты, подписавшие письменное информированное согласие на участие в исследовании, возраст 18 лет и старше, с документированной ФП, расчетным уровнем по шкале CHA_2DS_2VASc более 1 балла для мужчин и более 2 баллов для женщин, высоким риском кровотечения при пероральном приеме антикоагулянтов (по шкале HAS-BLED 3 балла и более) или противопоказаниями к ним, не имеющие хронической болезни почек (рСКФ 15–29 мл/мин/1,73 м^2 и более), а также имеющие показания для установки окклюдера в УЛП, которым не планируется восстановление синусового ритма в течение всего срока исследования.

Критерии исключения: пациенты, не имеющие абсолютных противопоказаний к применению антикоагулянтных препаратов, тяжелой соматической патологии и неизлечимого заболевания с ожидаемой продолжительностью жизни менее 1 года или заболевания, требующего хронической терапии антикоагулянтами; период острой сердечной недостаточности в течение последних 30 дней; пациенты репродуктивного возраста, отказывающиеся от использования высокоэффективного метода контрацепции; период беременности или лактации.

В процессе обследования у всех пациентов обеих групп был подтвержден высокий риск тромбоэмболических и геморрагических осложнений: медиана риска тромбоэмболических осложнений CHA_2DS_2-VASc – 3 (2; 4) балла; медиана риска кровотечений HAS-BLED – 5 (4; 5) баллов.

У 2 (4,4%) пациентов выявлено в анамнезе не менее 1 случая транзиторной ишемической атаки (ТИА), у 8 (17,8%) – случаи острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), среди которых повторное ОНМК отмечалось у 3 (6,7%) пациентов.

Перед имплантацией окклюдера пациентам проводилась визуализация УЛП методами 2D-ЧПЭхоКГ в 4 проекциях, 3D-ЧПЭхоКГ и моделирования. Исследование выполняли на ультразвуковой системе Vivid E95 (General Electric, США) при помощи чреспищеводного датчика 6 VT с частотой 2,9–8 МГц. В первую очередь выполняли оценку размеров УЛП в двухмерном режиме по стандартной методике. Производились сканы на уровне 0°, 45°, 90°, 135°, оценивали диаметр «посадочной зоны» и глубину УЛП (рис. 1). В качестве альтернативы проведена трехмерная реконструкция УЛП и определены размеры и форма устья УЛП (рис. 2). Эта же методика использовалась интраоперационно для контроля положения устройства после имплантации.

Статистическая обработка проводилась в программе Statistica 12.0 (Statsoft) и включала представление абсолютных значений и их долей в процентах, медиан и квартильных размахов (25- и 75-й квартиль). Значимость различий оценивали при сравнении независимых групп по непараметрическому критерию Манна–Уитни и коэффициенту ранговой корреляции Спирмена. На основе данных корреляции Спирмена проводилось составление графиков рассеяния и формулы корреляции. Статистически значимыми различия считались при уровне ошибки первого рода менее 0,05.

Результаты

Среди пациентов было 36 (80%) мужчин и 9 (20%) женщин. Медиана по шкале CHA_2DS_2-VASc составила 3 (2; 4) балла, по шкале HAS-BLED – 5 (4; 5) баллов.

Значимой разницы по медиане показателей CHA_2DS_2-VASc и HAS-BLED среди пациентов мужского и женского пола не было обнаружено. Среди пациентов мужского пола медиана CHA_2DS_2-VASc составила 3 (2; 4) балла, женского пола – 3 (3; 4) балла, $p = 0{,}181$; медиана HAS-BLED среди мужчин – 5 (4; 5) баллов, среди женщин – 5 (4; 5) баллов, $p = 0{,}727$.

В таблице 1 указаны размеры диаметра УЛП по результатам визуализации методами 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ.

При сравнении данных методов визуализации УЛП установлено, что методика 3D-ЧПЭхоКГ имеет наиболее сильную прямую корреляционную связь при определении диаметра УЛП и позволяет наиболее точно подобрать размер окклюдера (табл. 2).

Было обнаружено, что наиболее сильная положительная корреляция существует между минимальным диаметром УЛП по данным 3D-ЧПЭхоКГ и фактически выбранным размером окклюдера ($R = 0{,}758$, $p < 0{,}05$) (см. табл. 2).

С помощью программы Statistica 12.0 была вычислена формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи минимального (min) 3D-моделирования, и фактическим размером окклюдера:

$$\text{Фактический размер окклюдера} = 4{,}1914 + 0{,}9727 \times x,$$

где x – размер окклюдера, рассчитанный по min 3D-моделированию (рис. 3).

Данную формулу расчета оптимального размера окклюдера УЛП мы рекомендуем исполь-

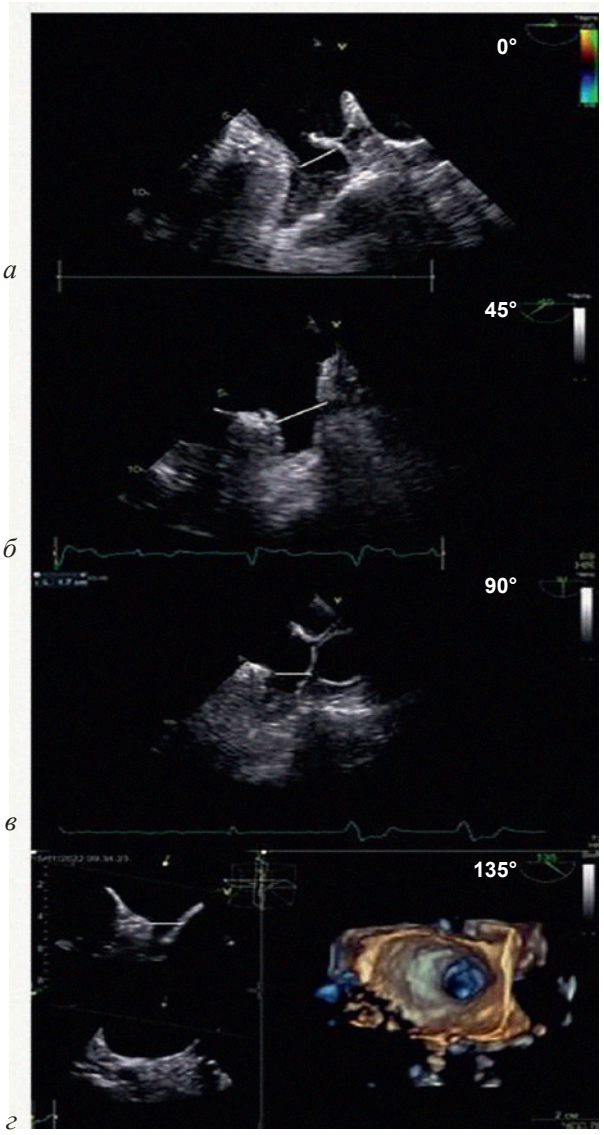

Рис. 1. Измерение диаметра УЛП для имплантации окклюдера в проекции:
а – 0°; *б* – 45°; *в* – 90°; *г* – 135°

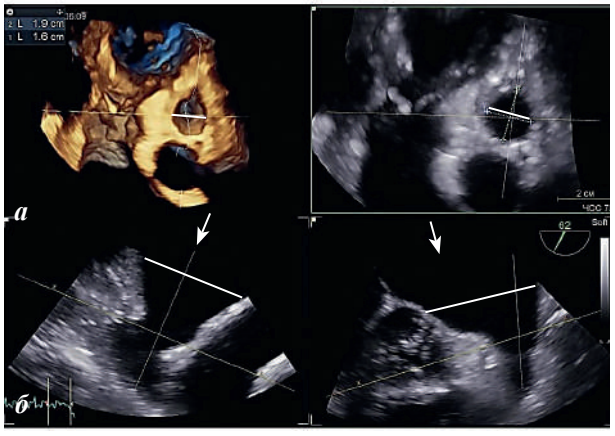

Рис. 2. Трехмерная реконструкция УЛП и измерение минимального (*а*) и максимального (*б*) диаметра его устья

Таблица 1

Размеры диаметра УЛП по данным 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ

2D				3D		Фактический размер окклюдера, мм
0°	45°	90°	135°	Max	Min	
21	19	22	21	24	18	25
23	23	24	22	27	26	28
20	16	18	22	26	25	31
18	17	20	23	20	18	20
19	19	20	19	19	16	20
15	14	16	19	19	17	18
21	19	21	20	19	23	25
14	14	16	15	20	18	21
20	19	18	15	21	19	22
19	19	16	16	22	19	20
17	16	17	18	23	18	20
25	22	22	25	25	22	28
21	17	18	17	20	19	21
16	20	20	16	18	17	18
23	18	20	21	23	19	25
20	23	23	19	21	23	27
15	14	17	17	16	14	16
24	19	17	17	22	18	20
17	15	18	18	19	18	21
15	13	13	13	15	14	16
18	17	18	19	19	20	22
18	17	17	18	20	17	21
15	16	16	17	20	15	21
22	19	22	22	24	19	25
20	20	19	24	21	18	22
19	17	17	18	17	17	20
23	25	26	24	20	27	31
14	14	15	14	18	14	21
23	20	17	17	21	18	20
18	16	18	18	18	18	21
18	17	16	18	20	17	21
15	16	16	17	20	15	21
22	20	22	23	25	19	25
20	20	19	18	21	18	22
23	25	26	24	24	27	31
16	15	16	18	18	14	21
23	18	20	20	24	19	25
20	23	24	23	21	23	27
19	19	16	17	21	19	20
17	15	17	19	21	18	20
25	22	21	22	22	25	28
21	18	22	20	25	18	25
23	22	24	24	27	26	28
20	16	17	20	28	25	31
18	18	20	15	20	19	20

зовать для подбора окклюзирующего устройства перед его имплантацией.

Положительная корреляция меньшей, но высокой, силы выявлена между максимальным диаметром УЛП по данным 3D-ЧПЭхоКГ и фактически выбранным размером окклюдера, R = 0,647, p < 0,05 (см. табл. 2). Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи максимального (max) 3D-моделирования, и фактическим размером окклюдера:

$$\text{Фактический размер окклюдера} = 1{,}6777 + 1{,}0016 \times x,$$

где x – размер окклюдера, рассчитанный по max 3D-моделированию (рис. 4).

При использовании методики 2D-ЧПЭхоКГ минимальная корреляция отмечается при определении размера окклюдера в проекциях 45°, R = 0,523, p < 0,05 (см. табл. 2). Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи ЧП ЭхоКГ в проекции 45°, и фактическим размером окклюдера:

$$\text{Фактический размер окклюдера} = 7{,}3795 + 0{,}851x,$$

где x – размер окклюдера, рассчитанный в проекции 45°.

При выполнении 2D-ЧПЭхоКГ выявлены средней силы корреляции между фактическим размером окклюдера и размерами по данным, полученным в проекциях 0° (R = 0,649, p < 0,05) и 90° (R = 0,664, p < 0,05) (см. табл. 2).

Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи ЧПЭхоКГ в проекции 0°, и фактическим размером окклюдера:

$$\text{Фактический размер окклюдера} = 5{,}9409 + 0{,}8748 \times x,$$

где x – размер окклюдера, рассчитанный в проекции 0°.

Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи ЧПЭхоКГ в проекции 90°, и фактическим размером окклюдера:

Таблица 2

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена при сравнении различных методик визуализации УЛП и его фактического размера

Параметр	2D				3D	
	0°	45°	90°	135°	Max	Min
Фактический размер окклюдера	R = 0,649, p < 0,05	R = 0,523, p < 0,05	R = 0,664, p < 0,05	R = 0,712, p < 0,05	R = 0,647, p < 0,05	R = 0,758, p < 0,05

Фактический размер окклюдера =
= 4,9693 + 0,9421 × x,

где x – размер окклюдера, рассчитанный в проекции 90°.

Наиболее сильная корреляция при использовании методики 2D-ЧПЭхоКГ отмечается при определении размера окклюдера в проекции 135°, однако сила корреляции меньше, чем по данным min 3D-моделирования ($R = 0,712$, $p < 0,05$) (см. табл. 2). Формула корреляции между размером окклюдера УЛП, рассчитанного при помощи ЧПЭхоКГ в проекции 135°, и фактическим размером окклюдера:

Фактический размер окклюдера =
= 4,1586 + 0,979 × x,

где x – размер окклюдера, рассчитанный в проекции 135°.

Обсуждение

Транскатетерные структурные вмешательства на сердце требуют глубокого перипроцедурального понимания анатомии сердца и взаимодействия устройств.

Двух- и трехмерная ЧПЭхоКГ используются для оценки анатомии УЛП и ее пригодности для чрескожного закрытия, для выбора типа и размера окклюзирующего устройства и контроля перед процедурой его имплантации. Кроме того, обе методики также используются для немедленной оценки эффективности имплантации устройства и при последующем контрольном обследовании [6].

С помощью традиционного эхокардиографического метода визуализации – 2D-ЧПЭхоКГ в 4 стандартных проекциях (0°, 45°, 90°, 135°) выбор оптимального размера окклюдера для УЛП определяется по максимальному размеру в любой из проекций. Однако традиционная 2D-ЧПЭхоКГ имеет некоторые ограничения при визуализационной оценке закрытия УЛП. Трехмерная ЧПЭхоКГ в реальном времени позволяет провести детальную морфологическую оценку УЛП. Адаптация 3D-ЧПЭхоКГ в клинической практике и планировании процедур продемонстрировала сокращение обучения специалистов на ранних стадиях транскатетерных вмешательств и лучшие результаты [7].

Согласно исследованию S. Marchandise et al., 3D-ЧПЭхоКГ и моделирование сердца позволяют наиболее точно оценить анатомию УЛП и определить, подходит ли она для имплантации устройства, а также позволяет непрерывно визуализировать все внутрисердечные устройства и катетеры во время процедуры и четко определять расположение устройств внутри УЛП [8]. Авторы считают, что 3D-ЧПЭхоКГ и моделирование сердца в реальном времени являются мощными дополнительными инструментами, которые помогают повысить безопасность транскатетерных вмешательств.

S.S. Abdelmoneim et. al. также полагают, что 3D-ЧПЭхоКГ повышает эффективность и достоверность оценки и имеет преимущества по сравнению с другими неинвазивными методами визуализации [9].

В недавно проведенном исследовании по оценке роли 3D-ЧПЭхоКГ и моделирования сердца перед проведением окклюзии УЛП было доказано, что у пациентов, перенесших окклюзию УЛП, выбор размера устройства в соответствии с размером, полученным на основе 3D-печатной модели, связан с высокой безопасностью и эффективностью. В группе пациентов с 3D-моделированием были достигнуты более высокие результаты успешности

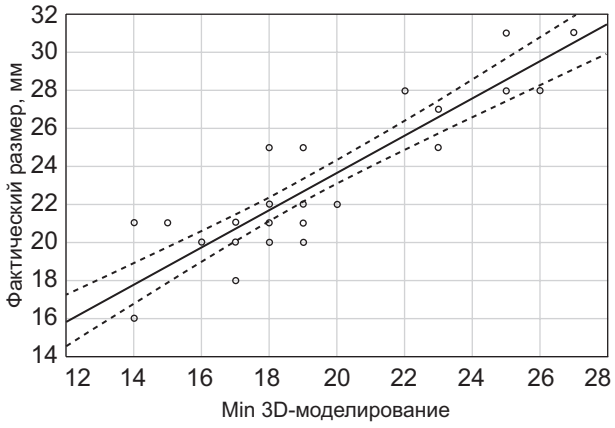

Рис. 3. Диаграмма рассеяния между размером окклюдера, рассчитанным по min 3D-моделированию, и фактическим размером окклюдера УЛП

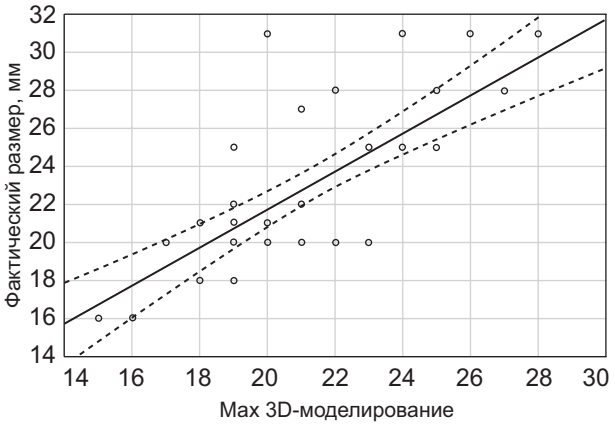

Рис. 4. Диаграмма рассеяния между размером окклюдера, рассчитанным по max 3D-моделированию, и фактическим размером окклюдера УЛП

имплантации с сокращением времени процедуры без осложнений [10].

Было обнаружено, что 2D-ЧПЭхоКГ значительно занижала максимальный диаметр отверстия УЛП по сравнению с 3D-ЧПЭхоКГ. Более того, измерения, полученные с помощью 3D-ЧПЭхоКГ, связаны с меньшей вариабельностью, ассоциированной с наблюдателем, и более высокой точностью и лучшим соответствием с имплантированным устройством, чем 2D-ЧПЭхоКГ [11–13].

Размеры «посадочной зоны» окклюдера, измеренные при помощи 3D-ЧПЭхоКГ, лучше коррелировали с размером устройства, используемого для окклюзии (R = 0,90), чем при 2D-ЧПЭхоКГ (R = 0,88) [14].

G. Italiano et. al. также указывают на высокую корреляцию с отличным соответствием размеров «посадочной зоны» при методике 3D-ЧПЭхоКГ (диаметр «посадочной зоны» R = 0,87; глубина УЛП R = 0,91, p < 0,001) [15].

L. Zhang et. al. обнаружили наибольшую корреляцию между максимальным диаметром «посадочной зоны» и диаметром сжатого окклюдера при проведении 3D-ЧПЭхоКГ во время операции (R = 0,90), тогда как диаметр «посадочной зоны» (R = 0,80), измеренный с помощью 2D-ЧПЭхоКГ, коррелировал меньше. Более того, авторы обнаружили, что 3D-ЧПЭхоКГ имеет большое значение для распознавания формы отверстия УЛП, позволяя дифференцировать морфологию УЛП и идентифицировать количество долей [16].

B. Al-Kassou et. al. описали, что самая высокая корреляция между измерениями и размером устройства для окклюзии УЛП была обнаружена для периметра и площади, полученных с помощью 3D-ЧПЭхоКГ (R = 0,97), а выбор размера на основе периметра, измеренного с помощью 3D-ЧПЭхоКГ, привел только к 4% уменьшению размера имплантированного устройства [17].

M.M. Hell et al. установили, что прогнозируемый размер устройства, основанный на 3D-моделировании, был равен окончательно имплантированному устройству в 95% случаев, а при 2D-ЧПЭхоКГ размеры устройства были занижены в 45% случаев, что указывает на большую точность методики 3D-ЧПЭхоКГ [18].

D.G. Della Rocca et. al. также установили, что соответствие между размером устройства на основе 3D-ЧПЭхоКГ и окончательным размером устройства составило 96,3% (p = 0,005) [19].

Наши результаты согласуются с данными литературы, согласно которым также установлена максимальная корреляция и соответствие оптимального размера окклюдера и его расчетного диаметра по методике 3D-ЧПЭхоКГ [14–17].

По нашим данным, 2D-ЧПЭхоКГ меньше коррелирует с фактическим размером окклюдера УЛП по сравнению с методикой 3D-ЧПЭхоКГ (при 3D min ЧПЭхоКГ R = 0,758), по сравнению со всеми 4 проекциями 2D-ЧПЭхоКГ (0° – R = 0,649; 45° – R = 0,523; 90° – R = 0,664; 135° – R = 0,712).

Наши результаты указывают на наибольшую корреляцию между минимальным диаметром по данным 3D-ЧПЭхоКГ и меньшую корреляцию между максимальным диаметром по данным 3D-ЧПЭхоКГ и фактически выбранным окклюдером (R = 0,758, R = 0,647). Полученные нами коэффициенты корреляции оказались ниже коэффициентов, указанных в литературе. Предположительно, такая разница возникла в связи с тем, что перед выполнением диагностических процедур проводились регидратация пациентов и изменение объема циркулирующей крови, которые могли повлиять на показатели определяемых размеров УЛП.

Также ряд авторов провели исследование по согласованности между 3D-моделированием и компьютерной томографией (КТ) сердца. Обнаружено, что 3D-моделирование обеспечивает наилучшую корреляцию и согласованность между измеренным диаметром отверстия УЛП и размером окклюдера, а корреляция морфологической классификации УЛП на основе 3D-моделей и КТ сердца была высокой и составила 0,92 (P < 0,01) [20–22]. Метод 3D-моделирования более точен, чем 2D-ЧПЭхоКГ, для оценки максимального диаметра отверстия УЛП, а измерения УЛП с помощью 3D-моделирования статистически не отличаются от КТ сердца.

Таким образом, 3D-ЧПЭхоКГ и моделирование может облегчить процедуру закрытия УЛП и максимально точно выбрать соответствующий размер устройства [23]. Оценка морфологии УЛП с помощью 3D-ЧПЭхоКГ дает возможность более точно подобрать устройство для закрытия и является надежным методом визуализации, позволяющим контролировать работу устройства и оценивать закрытие на месте.

Заключение

Сравнение эхокардиографических методов визуализации УЛП – 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ – демонстрирует наибольшее соответствие фактического размера окклюдера размеру устройства, выбранному по методике 3D-ЧПЭхоКГ, и позволяет по предложенной формуле рассчитать оптимальный размер

устройства для каждого пациента индивидуально, что может быть применимо в реальной клинической практике для повышения успешности транскатетерных вмешательств на УЛП.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке комплексной программы фундаментальных научных исследований РАН по теме № 0419-2022-0002 «Разработка инновационных моделей управления риском развития болезней системы кровообращения с учетом коморбидности на основе изучения фундаментальных, клинических, эпидемиологических механизмов и организационных технологий медицинской помощи в условиях промышленного региона Сибири»; № госрегистрации 122012000364-5 от 20.01.2022; утверждена решением Ученого совета НИИ КПССЗ № 15 от 24.12.2021.

Библиографический список/References

1. Vizzardi E., Curnis A., Latini M. et al. Risk factors for atrial fibrillation recurrence: a literature review. *J. Cardiovasc. Med. (Hagerstown).* 2014; 15 (3): 235–253. DOI: 10.2459/JCM.0b013e328358554b.
2. Осадчий А.М., Агарков М.В., Власенко С.В. и др. Имплантация окклюдера ушка левого предсердия для профилактики системных эмболий. Первый опыт в Северо-Западном регионе. *Трансляционная медицина*. 2016; 3 (3): 59–66. DOI: 10.18705/2311-4495-2016-3-3-59-66
   Osadchy A.M., Agarkov M.V., Vlasenko S.V. et al. Left atrial appendage occluder implantation for prevention of systemic embolism. First experience in the North-West region. *Translational Medicine*. 2016; 3 (3): 59–66 (in Russ.). DOI: 10.18705/2311-4495-2016-3-3-59-66
3. Meier B., Blaauw Y., Khattab A.A. et al. EHRA/ EAPCI expert consensus statement on catheter-based left atrial appendage occlusion. *EuroIntervention*. 2014; 10 (9): 1109–1125. DOI: 10.4244/EIJY14M08_18
4. Gorczyca-Michta I., Wożakowska-Kapłon B. Percutaneous left atrial appendage occlusion: New perspectives for the method. *Cardiol. J.* 2017; 24 (5): 554–562. DOI: 10.5603/CJ.a2017.0029
5. Viles-Gonzalez J.F., Kar S., Douglas P. et al. The clinical impact of incomplete left atrial appendage closure with the Watchman Device in patients with atrial fibrillation: a PROTECT AF (Percutaneous Closure of the Left Atrial Appendage Versus Warfarin Therapy for Prevention of Stroke in Patients With Atrial Fibrillation) substudy. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2012; 59 (10): 923–929. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.11.028
6. Wunderlich N.C., Beigel R., Swaans M.J. et al. Percutaneous interventions for left atrial appendage exclusion: options, assessment, and imaging using 2D and 3D echocardiography. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2015; 8 (4): 472–488. DOI: 10.1016/j.jcmg.2015.02.002
7. Wang D.D., Qian Z., Vukicevic M. et al. 3D printing, computational modeling, and artificial intelligence for structural heart disease. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2021; 14 (1): 41–60. DOI: 10.1016/j.jcmg.2019.12.022
8. Marchandise S., Kefer J., le Polain de Waroux J.B. et al. Role of cardiac imaging for catheter-based left atrial appendage closure. *J. Atr. Fibrillation*. 2013; 6 (1): 702. DOI: 10.4022/jafib.702
9. Abdelmoneim S.S., Mulvagh S.L. Techniques to improve left atrial appendage imaging. *J. Atr. Fibrillation.* 2014; 7 (1): 1059. DOI: 10.4022/jafib.1059
10. Fan Y., Yang F., Cheung G.S. et al. Device sizing guided by echocardiography-based three-dimensional printing is associated with superior outcome after percutaneous left atrial appendage occlusion. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2019; 32 (6): 708–719.e1. DOI: 10.1016/j.echo.2019.02.003
11. Goebel B., Wieg S., Hamadanchi A. et al. Interventional left atrial appendage occlusion: added value of 3D transesophageal echocardiography for device sizing. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2016; 32 (9): 1363–1370. DOI: 10.1007/s10554-016-0923-z
12. Streb W., Mitręga K., Podolecki T. et al. Two-dimensional versus three-dimensional transesophageal echocardiography in percutaneous left atrial appendage occlusion. *Cardiol. J.* 2019; 26 (6): 687–695. DOI: 10.5603/CJ.a2018.0019
13. Nucifora G., Faletra F.F., Regoli F. et al. Evaluation of the left atrial appendage with real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography: implications for catheter-based left atrial appendage closure. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2011; 4 (5): 514–523. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.111.963892
14. Zhou Q., Song H., Zhang L. et al. Roles of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in peri-operation of transcatheter left atrial appendage closure. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96 (4): e5637. DOI: 10.1097/MD.0000000000005637
15. Italiano G., Maltagliati A., Mantegazza V. et al. Multimodality approach for endovascular left atrial appendage closure: head-to-head comparison among 2D and 3D echocardiography, angiography, and computer tomography. *Diagnostics (Basel).* 2020; 10 (12): 1103. DOI: 10.3390/diagnostics10121103
16. Zhang L., Cong T., Liu A. Percutaneous closure of the left atrial appendage: the value of real time 3D transesophageal echocardiography and the intraoperative change in the size of the left atrial appendage. *Echocardiography*. 2019; 36 (3): 537–545. DOI: 10.1111/echo.14262
17. Al-Kassou B., Tzikas A., Stock F. et al. A comparison of two-dimensional and real-time 3D transoesophageal echocardiography and angiography for assessing the left atrial appendage anatomy for sizing a left atrial appendage occlusion system: impact of volume loading. *EuroIntervention*. 2017; 12 (17): 2083–2091. DOI: 10.4244/EIJ-D-15-00543
18. Hell M.M., Achenbach S., Yoo I.S. et al. 3D printing for sizing left atrial appendage closure device: head-to-head comparison with computed tomography and transoesophageal echocardiography. *EuroIntervention*. 2017; 13 (10): 1234–1241. DOI: 10.4244/EIJ-D-17-00359
19. Della Rocca D.G., Magnocavallo M., Gianni C. et al. Three-dimensional intracardiac echocardiography for left atrial appendage sizing and percutaneous occlusion guidance. *Europace*. 2023; 26 (1): euae010. DOI: 10.1093/europace/euae010
20. Zhang K., Zhou J., Zhang T. et al. Comparison of multiple imaging modalities for measuring ostium diameter and selecting occluder size in patients undergoing left atrial appendage closure. *Clin. Cardiol*. 2022; 45 (8): 864–872. DOI: 10.1002/clc.23869
21. Song H., Zhou Q., Zhang L. et al. Evaluating the morphology of the left atrial appendage by a transesophageal echocardiographic 3-dimensional printed model. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96 (38): e7865. DOI: 10.1097/MD.0000000000007865
22. Shah S.J., Bardo D.M., Sugeng L. et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography of the left atrial appendage: initial experience in the clinical setting. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2008; 21 (12): 1362–1368. DOI: 10.1016/j.echo.2008.09.024
23. Yosefy C., Laish-Farkash A., Azhibekov Y. et al. A new method for direct three-dimensional measurement of left atrial appendage dimensions during transesophageal echocardiography. *Echocardiography*. 2016; 33 (1): 69–76. DOI: 10.1111/echo.12983

Поступила 05.08.2024
Принята к печати 16.12.2024