

## Возможности метода чреспищеводной эхокардиографии у пациентов с фибрилляцией предсердий

Г.С. Галяутдинов<sup>1\*</sup>, К.Р. Ибрагимова<sup>2</sup>, Ш.Ш. Галеева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный медицинский университет, г. Казань, Россия;

<sup>2</sup>Медико-санитарная часть ОАО «Татнефть» и г. Альметьевска, г. Альметьевск, Россия

### Реферат

Чреспищеводную эхокардиографию широко применяют в клинической практике у пациентов с фибрилляцией предсердий и используют преимущественно для определения морфологии сердца, наличия внутрисердечных тромбов, количественной оценки структур сердца, а также определения тактики при хирургических вмешательствах. Чреспищеводная эхокардиография имеет преимущество перед трансторакальной эхокардиографией в визуализации левого предсердия и ушка левого предсердия — частых мест тромбообразования у пациентов с фибрилляцией предсердий. За счёт анатомической близости пищевода к сердцу чреспищеводный доступ позволяет избежать угасания сигнала и неверной интерпретации результатов исследования. Возможности чреспищеводной эхокардиографии у пациентов с фибрилляцией предсердий расширились по мере развития медицинских технологий, получила распространение трёхмерная чреспищеводная эхокардиография. В последние годы были опубликованы работы по применению метода чреспищеводной эхокардиографии у пациентов с фибрилляцией предсердий в условиях пандемии коронавирусной инфекции. В обзоре приведены результаты исследований, метаанализов объединённых выборок, а также описания клинических случаев возможностей метода чреспищеводной эхокардиографии у пациентов с фибрилляцией предсердий. Представлены краткая история развития метода, работы по изучению особенностей технологии и возможностей чреспищеводной эхокардиографии при абляции лёгочных вен, кардиоверсии, окклюзии ушка левого предсердия у пациентов с фибрилляцией предсердий, а также исследования по изучению недостатков метода чреспищеводной эхокардиографии и возможных вариантов их устранения, освещено сравнение метода чреспищеводной эхокардиографии с трансторакальной и интракардиальной эхокардиографией. При подготовке обзора был использован метод поиска литературы за период 2012–2021 гг., а также работы более раннего периода для обозначения истории развития метода.

**Ключевые слова:** чреспищеводная эхокардиография, фибрилляция предсердий, тромбоз ушка левого предсердия, обзор.

**Для цитирования:** Галяутдинов Г.С., Ибрагимова К.Р., Галеева Ш.Ш. Возможности метода чреспищеводной эхокардиографии у пациентов с фибрилляцией предсердий. *Казанский мед. ж.* 2022;103(2):230–240. DOI: 10.17816/KMJ2022-230.

REVIEW | DOI: 10.17816/KMJ2022-230

### Capabilities of transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation

G.S. Galyautdinov<sup>1\*</sup>, K.R. Ibragimova<sup>2</sup>, Sh.Sh. Galeeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan State Medical University, Kazan, Russia;

<sup>2</sup>Medical and sanitary department of OAO TATNEFT, Almetyevsk, Russia

### Abstract

Transesophageal echocardiography is widely used in clinical practice in patients with atrial fibrillation and it is mainly applied to determine the morphology of the heart, the presence of intracardiac thrombi, quantify the structures of the heart, as well as to determine the tactics for surgical interventions. Transesophageal

\*Для переписки: galgen077@mail.ru

Поступила 23.12.2021; принята в печать 21.01.2022;

опубликована: 12.04.2022.

© Эко-Вектор, 2022. Все права защищены.

\*For correspondence: galgen077@mail.ru

Submitted 23.12.2021; accepted 21.01.2022;

published: 12.04.2022.

© Eco-Vector, 2022. All rights reserved.

echocardiography has an advantage over transthoracic echocardiography in visualizing the left atrium and left atrial appendage, common sites of thrombus formation in patients with atrial fibrillation. Due to the anatomical proximity of the esophagus to the heart, the transesophageal access avoids signal fading and incorrect interpretation of the study results. The possibilities of transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation have expanded with the development of medical technology, and three-dimensional transesophageal echocardiography has become widespread. In recent years, the studies on the use of the transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation during the coronavirus pandemic have been published. The review presents the results of studies, meta-analyses of pooled samples, as well as clinical cases, demonstrating capabilities of transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation. A brief history of the development of the method, work on the study of the technology features and capabilities of transesophageal echocardiography for pulmonary vein ablation, cardioversion, occlusion of the left atrial appendage in patients with atrial fibrillation, as well as studies on disadvantages of the transesophageal echocardiography and possible options for their elimination are presented. Comparison of the transesophageal echocardiography with transthoracic and intracardial echocardiography is also highlighted. In preparing the review, the literature search method in PubMed databases for the period 2012–2021 was used, as well as data from an earlier period to indicate the history of the method development.

**Keywords:** transesophageal echocardiography, atrial fibrillation, left atrial appendage thrombosis, review.

**For citation:** Galyautdinov GS, Ibragimova KR, Galeeva ShSh. Capabilities of transesophageal echocardiography in patients with atrial fibrillation. *Kazan Medical Journal*. 2022;103(2):230–240. DOI: 10.17816/KMJ2022-230.

Чреспищеводная эхокардиография (ЧпЭхоКГ) служит важным методом визуализации сердечно-сосудистой системы. Чреспищеводный доступ позволяет улучшить «ультразвуковое окно», визуализируя структуры сердца, которые недоступны при трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ), а также благодаря близости пищевода к сердцу избежать ослабления ультразвукового сигнала из-за анатомических структур (слой подкожной жировой клетчатки, большой размер грудных желёз у женщин, патологические изменения лёгких при их заболеваниях, деформация грудной клетки).

ЧпЭхоКГ широко применяют в клинической практике, особенно актуально её применение у пациентов с аритмиями, в частности с фибрилляцией предсердий (ФП), когда возникает диастолическая дисфункция левого желудочка с последующей дилатацией левого предсердия (ЛП), застоём крови и тромбообразованием в нём. Особенно важно проведение ЧпЭхоКГ для визуализации ушка ЛП (УЛП) — частого места тромбообразования у пациентов с ФП, которое из-за его анатомического расположения невозможно оценить при помощи трансторакальной ЭхоКГ. На долю УЛП приходится более 90% тромбообразования у пациентов с ФП [1].

Впервые метод ЧпЭхоКГ был зарегистрирован в 1971 г. для измерения скорости кровотока в дуге аорты [2]. С появлением гибких зондов с датчиками и управляемыми наконечниками началась современная эра выполнения ультразвуковых исследований сердца из чреспищеводного доступа [3, 4]. В 1980 г. М. Matsumoto и соавт. впервые применили его в операционных условиях для контроля функции лево-

го желудочка [5]. Технические достижения XXI века привели к усовершенствованию методики и появлению более современной модификации — трёхмерной (3D) ЧпЭхоКГ.

В 1999 г. Американское общество эхокардиографии и Общество сердечно-сосудистых анестезиологов опубликовало руководство по проведению комплексной интраоперационной многоплановой ЧпЭхоКГ, в котором был определён и назван набор из 20 ЧпЭхоКГ-изображений для обеспечения согласованности в обучении методике, отчётности, архивировании изображений и создания единого стандарта качества исследований [6].

Последние рекомендации Американского общества эхокардиографии по ЧпЭхоКГ были опубликованы в 2013 г. [7]. В них представлены общие рекомендации по технике проведения, анестезии, особенностям визуализации отдельных структур сердца и оценке их функций (клапаны сердца, аорта, желудочки, ЛП и лёгочные вены, правое предсердие), а также протокол проведения 3D-ЧпЭхоКГ и алгоритм визуализации при хронической сердечной недостаточности. Рекомендации 2013 г. ориентированы в первую очередь на взрослых пациентов со структурно нормальным сердцем. Вслед за ними в 2019 г. вышли рекомендации по стандартизированным представлениям и методам ЧпЭхоКГ, которые можно использовать при оценке детей или взрослых с врождёнными пороками сердца [8]. В России не существует клинических рекомендаций по ЧпЭхоКГ, опубликованы переведённые на русский язык практические руководства А.С. Перрино, в которых описана данная методика [9].

У пациентов с ФП ЧпЭхоКГ применяют при абляции лёгочных вен, перед кардиоверсией для визуализации тромбов ЛП и УЛП. ЧпЭхоКГ служит важной частью процедуры окклюзии УЛП.

Согласно современным представлениям, ключевая роль в развитии ФП принадлежит так называемым «аритмогенным» лёгочным венам. Именно поэтому один из методов терапии — абляция (изоляция) лёгочных вен, которая может быть выполнена посредством радиоволн (радиочастотная абляция) или воздействия низких температур (криоабляция) [10].

Оба метода абляции обычно применяют под контролем рентгеноскопии. Однако универсальной целью медицинской визуализации является удержание воздействия вредного ионизирующего излучения «на разумно достижимом низком уровне» [11]. Для этой цели в нескольких исследованиях сообщают о практике выполнения абляции ФП с минимальным или нулевым использованием рентгеноскопии. В целом эти исследования либо были сосредоточены на радиочастотной абляции (которую легче выполнить без рентгеноскопии, чем криоабляцию) благодаря использованию электроанатомического картирования, либо в них использовали ресурсоёмкие методы визуализации, такие как внутрисердечная ЭхоКГ [12, 13].

В исследовании İ. Erden и соавт. транссептальная пункция под контролем ЧпЭхоКГ для абляции ФП была связана с меньшим временем рентгеноскопии, более коротким общим временем криоабляции и процедуры в целом, а также облегчала криоабляцию нижних лёгочных вен [14].

В исследовании Y.J. Sun и соавт. при абляции лёгочных вен с ЧпЭхоКГ и без неё не было выявлено различий во времени процедуры. Время рентгеноскопии и количество контрастного вещества в группе ЧпЭхоКГ были меньше, чем в группе без ЧпЭхоКГ. При последующем наблюдении показатели успешности процедуры были одинаковыми для обеих групп. Таким образом, в данном исследовании криоабляция с использованием ЧпЭхоКГ для окклюзии лёгочных вен была безопасной и эффективной. ЧпЭхоКГ может оказаться полезной оператору в достижении полной окклюзии путём мониторинга в реальном времени положения баллона у устья каждой лёгочной вены [15].

Первый случай успешной криоабляции ФП без рентгеноскопии под контролем только ЧпЭхоКГ был опубликован в 2018 г. D.C. Balmforth и соавт. Мужчина 65 лет подвергся криоабляции пароксизмальной ФП только под

контролем ЧпЭхоКГ без использования рентгеноскопии. ЧпЭхоКГ использовали на всех этапах процедуры, включая руководство по транссептальной пункции, контроль положения баллона в лёгочных венах и проверку перикардального выпота после процедуры. Через 5 мес наблюдения у пациента сохранялся синусовый ритм, и он прекратил приём всех антиаритмических и антикоагулянтных препаратов [16].

D. Leftheriotis и соавт. описан случай изоляции лёгочных вен под непрерывным контролем ЧпЭхоКГ у пациента с декстрокардией. Процедура была безопасна и эффективна. По словам авторов, использование ЧпЭхоКГ обеспечивает безопасность во время транссептальной пункции и визуализацию анатомии устья вены в реальном времени, а использование 3D-изображений улучшает процесс. Настоящий случай подчёркивает возрастающую роль ЭхоКГ в интервенционной кардиологии, особенно в электрофизиологии [17].

ЧпЭхоКГ можно использовать также для прогнозирования риска рецидива ФП после радиочастотной катетерной абляции. Исследование S. Istratoaie и соавт. показало, что диаметр и объём ЛП были значительно увеличены, во время как скорость опорожнения УЛП была гораздо ниже при рецидиве ФП, чем при отсутствии рецидива после радиочастотной абляции. Низкая скорость опорожнения УЛП была единственным независимым предиктором рецидива ФП в течение 1 года после радиочастотной абляции [18].

Использование ЧпЭхоКГ для окклюзии лёгочных вен во время абляции позволяет сократить время всей процедуры и рентгеноскопии и уменьшить нагрузку контрастным веществом, обеспечивая эффективность и безопасность процедуры.

При остром нарушении гемодинамики, а также для устранения клинических проявлений ФП при плохой субъективной переносимости аритмии, при невозможности адекватного контроля частоты желудочковых сокращений и в ситуациях, когда стратегия «контроля частоты» не сопровождается улучшением состояния, применяют восстановление синусового ритма — кардиоверсию (электрическую или фармакологическую) [10].

Согласно современным рекомендациям по ведению пациентов с ФП, купирование тяжёлых пароксизмов ФП (длительностью более 48 ч) и восстановление синусового ритма при персистирующей форме заболевания следует проводить на фоне адекватной антикоагулянтной терапии (предшествующий приём не

менее 3 нед, либо необходимо исключение наличия тромбов в полостях и ушках по данным ЧпЭхоКГ) [10].

Предрасположенность к тромбообразованию при ФП может быть описана в отношении триады Вирхова (аномальный кровоток, аномальная структура сосудов и аномальный состав крови), которая может быть применена к ФП следующим образом: снижение скорости УЛП и наличие спонтанного эхо-контрастирования, эндотелиальное повреждение и аномалии коагуляции, снижение фибринолиза и тромбоцитов у пациентов с ФП [19]. ЧпЭхоКГ служит «золотым стандартом» в выявлении тромбов в ЛП и УЛП у пациентов с ФП [20].

В исследовании 1991 г. сравнили чувствительность и специфичность трансторакальной ЭхоКГ, ангиографии ЛП, коронарной ангиографии и ЧпЭхоКГ в выявлении тромбов ЛП у пациентов с митральным стенозом. Специфичность оказалась высокой для всех методов исследования, чувствительность же была наибольшей при проведении ЧпЭхоКГ и составила 83%, в то время как чувствительность трансторакальной ЭхоКГ, ангиографии ЛП, коронарной ангиографии составила 28, 28 и 14% соответственно [21].

ЧпЭхоКГ обеспечивает превосходную визуализацию УЛП и самого ЛП при наличии тромба с высокой чувствительностью (92–100%), специфичностью (98–100%) и отрицательной прогностической ценностью (98%–100%) [22].

Морфологически существует четыре типа УЛП: «куриное крыло» (наиболее распространённый тип), «брокколи», «ветроуказатель» и «кактус». При морфологии по типу «ветроуказателя» и «брокколи» риск образования тромба в 4–6 раз выше по сравнению с «куриным крылом» [23]. ЧпЭхоКГ лучше всего подходит для бинарного описания морфологии УЛП: является данная форма типом «куриного крыла» или нет. Не существует стандартного определения формы УЛП типа «кактуса» с помощью ЧпЭхоКГ [24].

Проведение ЧпЭхоКГ перед кардиоверсией позволяет усовершенствовать отбор пациентов, которым необходима антикоагулянтная терапия, и таким образом уменьшить частоту ишемического инсульта у данной категории пациентов. Также ЧпЭхоКГ полезна в клинических сценариях, когда желательна ранняя кардиоверсия из-за ослабляющих клинических симптомов и короткой продолжительности аритмии, или адекватность предшествующей антикоагуляции сомнительна [25].

Сегодня методику ЧпЭхоКГ широко используют, что позволяет провести раннюю

кардиоверсию пациентам без выжидания 3 нед медикаментозной подготовки. Однако ещё на рубеже XX и XXI веков подход к ЧпЭхоКГ был более осторожным.

Крупное рандомизированное исследование 1994 г. показало, что отрицательный результат ЧпЭхоКГ устраняет необходимость в длительной антикоагуляции перед кардиоверсией, но не исключает наличия внутрисердечных тромбов, которые могли полностью эмболизироваться до исследования [26].

В первое многоцентровое рандомизированное проспективное клиническое исследование A.L. Klein и соавт. вошли 1222 пациента с ФП продолжительностью более 2 дней. Им назначили лечение на основании результатов ЧпЭхоКГ или традиционное лечение. По результатам исследования не было существенной разницы между двумя группами лечения в частоте эмболических событий, однако частота геморрагических событий была значительно ниже в группе ЧпЭхоКГ. Пациенты в группе ЧпЭхоКГ также имели меньшее время до кардиоверсии и более высокий уровень успешного восстановления синусового ритма. Через 8 нед не было значительных различий между двумя группами по показателям смертности, поддержанию синусового ритма или функциональному статусу. Авторы пришли к выводу, что использование ЧпЭхоКГ можно считать клинически эффективной альтернативной стратегией традиционной терапии для пациентов, которым предстоит плановая кардиоверсия [27].

В настоящее время благодаря ЧпЭхоКГ возможно проведение ранней кардиоверсии у пациентов с пароксизмом ФП при исключении тромба в УЛП [10].

При невозможности восстановления синусового ритма для профилактики ишемического инсульта у пациентов с абсолютными противопоказаниями к приёму антикоагулянтов, а также у пациентов с высоким риском геморрагических осложнений, травм и падений, выраженным нарушением функции почек, при невозможности адекватного контроля приёма антикоагулянтов возможно проведение окклюзии УЛП [10].

ЧпЭхоКГ играет важную роль при чрескожной окклюзии УЛП. Перед проведением окклюзии ЧпЭхоКГ используют для исключения любого тромба в ЛП или УЛП, поскольку это является противопоказанием для развёртывания устройства. Данный метод также позволяет определить морфологию и размеры УЛП перед процедурой. ЧпЭхоКГ применяют для измерения размеров УЛП (устья, ширины шей-

ки и глубины), на основе этих измерений выбирают размер окклюдизирующего устройства. Непосредственно позиционирование устройства в полости УЛП также обеспечивается с помощью ЧпЭхоКГ. Также ЧпЭхоКГ применяют для исключения каких-либо осложнений после процедуры и в течение длительного периода наблюдения [28, 29].

Долгое время с целью обнаружения образований (в том числе тромбов) ЛП использовали трансторакальную ЭхоКГ [30]. Однако у этого подхода были ограничения. Даже большие образования, в том числе и тромбы, расположенные в ЛП, могли быть незаметны или недооценены по размеру доступными в более ранний период ультразвуковыми методами [31]. Тромбы, расположенные в УЛП, также часто не обнаруживали с помощью традиционной двухмерной (2D) ЭхоКГ, что имело важное клиническое значение, ведь УЛП — наиболее частое место тромбообразования [1].

Первое сравнение ЧпЭхоКГ и трансторакальной ЭхоКГ проведено в работе W. Aschenberg и соавт., которые изучили чувствительность и специфичность двух методов выявления тромба УЛП у пациентов с митральным стенозом. В исследовании у 6 из 21 пациента со стенозом митрального клапана тромб УЛП был диагностирован с помощью ЧпЭхоКГ, когда трансторакальная ЭхоКГ оказалась неэффективной. Результаты ЧпЭхоКГ во всех случаях были подтверждены интраоперационно [32].

Первоначально процедуру окклюзии УЛП проводили под общей анестезией в связи с необходимостью в длительной ЧпЭхоКГ. Одна из причин применения общей анестезии при процедуре окклюзии УЛП — значительный дискомфорт пациента в результате серьёзного раздражения пищевода во время интраоральной ЧпЭхоКГ [33].

Общая анестезия имеет недостатки, в том числе угнетающее действие общих анестетиков на сердце. В последнее время растущий опыт операторов привёл к использованию местной анестезии и различных технологических решений. По данным клиницистов глубокая седация с неинвазивной вентиляцией с использованием маски Janus (Biomedical Srl; Флоренция, Италия) может быть разумной и безопасной альтернативой общей эндотрахеальной анестезии у пациентов, которым необходима длительная ЧпЭхоКГ для неинвазивных кардиологических процедур, включая окклюзию УЛП [34].

Другим решением может быть трансназальная ЧпЭхоКГ — передовая и безопасная технология, появившаяся в последние годы.

С помощью неё можно получать отличные изображения, и её хорошо переносят пациенты без общей анестезии в течение длительного времени [33].

Есть данные 2021 г. по использованию педиатрических зондов у взрослых при проведении окклюзии УЛП с помощью ЧпЭхоКГ для увеличения эффективности и безопасности у некоторых пациентов [35]. В работе Brites и соавт. представлен начальный опыт работы с микрозондом для ЧпЭхоКГ последнего поколения, что обеспечивает многоплановую 2D-визуализацию с очень маленьким диаметром дистального конца зонда 5,6×7,7 мм. Процедура имплантации окклюдера в описанных клинических случаях прошла успешно и без осложнений и длилась менее 1 ч [36].

Однако исследования технологии с использованием микрозонда и назальных зондов немногочисленны, необходимы дополнительные, чтобы подтвердить применимость и диагностическую точность прибора с микрозондом. По этой причине, чтобы помочь в постановке всестороннего и точного диагноза, В. Wang и соавт. в своей работе перед операцией провели комплексное традиционное исследование с помощью обычной ЧпЭхоКГ, а непосредственно во время операции руководили с помощью микрозонда и успешно выполнили всю процедуру чрескожного закрытия УЛП под контролем трансназальной ЧпЭхоКГ, когда пациент находился под местной анестезией. В. Wang и соавт. стремились оценить безопасность и клиническую эффективность чрескожной окклюзии УЛП под контролем ЧпЭхоКГ под местной анестезией. В исследовании были включены 159 пациентов. Устройство было успешно имплантировано 152 (95,6%) пациентам и позволило проводить мгновенный мониторинг дискомфорта пациента, что может быть признаком некоторых осложнений [37].

Альтернативой служит интракардиальная ЭхоКГ. Было показано, что проведение внутрисердечной ЭхоКГ имеет преимущество при противопоказаниях пациента к общей анестезии при процедуре окклюзии УЛП [38]. Одна из последних работ — метаанализ 8 исследований, опубликованный в 2021 г. Он продемонстрировал, что, хотя ЧпЭхоКГ и служит «золотым стандартом» для периоперационной визуализации при окклюзии УЛП, интракардиальная ЭхоКГ — выполняемая и безопасная альтернатива, которая снижает воздействие общей анестезии и связанный с ней потенциальный риск [39]. Ещё одной альтернативой ЧпЭхоКГ у пациентов, у которых риск, связан-

ный с исследованием, перевешивает преимущества, является компьютерная томографическая ангиография [40].

J.E. Nielsen-Kudsk и соавт. в крупнейшем многоцентровом исследовании обнаружили, что процедуры под контролем интракардиальной ЭхоКГ были безопасными и имели аналогичные показатели успеха и частоту нежелательных явлений через 1 год по сравнению с вмешательствами под контролем ЧпЭхоКГ, без повышенного риска процедурных или сосудистых осложнений. Оказание помощи посредством интракардиальной ЭхоКГ было связано с более длительным временем процедуры и большим количеством используемого контраста [41].

Методика 2D-ЧпЭхоКГ имеет ряд ограничений, связанных со сложной структурой УЛП (четыре разных типа строения, наличие нескольких долек, спиральная главная ось и т.д.), поэтому перспективы развития ЧпЭхоКГ связаны с 3D-визуализацией сердца, которая более точно обеспечит оценку морфофункциональных особенностей УЛП.

Данные о чувствительности и специфичности 3D-ЧпЭхоКГ для обнаружения тромбов УЛП всё ещё ограничены, однако известно, что 3D-ЧпЭхоКГ превосходит 2D-ЧпЭхоКГ в оценке подвижности тромба ЛП, дифференциации тромба и миокарда, определении изменений в структуре тромба (кальцификация, дегенерация или лизис тромба), решает проблему неадекватности плоскостей изображения [42–44].

3D-ЧпЭхоКГ обеспечивает отличный обзор анатомии ЛП до процедур абляции ФП, и эти процедуры связаны с благоприятным долгосрочным результатом [45]. 3D-ЧпЭхоКГ позволяет лучше оценить морфологию УЛП и более точно определить площадь отверстия УЛП, чем 2D-ЧпЭхоКГ, что важно при подборе размера окклюзирующего устройства, а результаты измерения связаны с меньшей изменчивостью, зависящей от специалиста, проводящего исследование, и более высокой надёжностью исследования [46–54].

Расчёт объёма УЛП и полученная по объёму фракция выброса могут быть оценены только с помощью 3D-ЧпЭхоКГ [55].

3D-ЧпЭхоКГ в отличие от обычной 2D-ЧпЭхоКГ может не только оценить размеры лёгочных вен, но и дополнительно установить соответствующие диаметры и площади, а также их пространственное отношение к окружающим структурам [56].

В литературе есть работы, в которых авторы предлагали дополнить методику ЧпЭхоКГ данными результатов лабораторных методов

исследований для расширения возможностей ЧпЭхоКГ у пациентов с ФП и повышения точности информации о тромбах ЛП. По результатам исследования 59 пациентов, перенёвших ЧпЭхоКГ по поводу подозрения на внутрисердечные тромбы, отрицательный уровень D-димера (<200 нг/мл) исключил наличие внутрисердечных тромбов. При сравнении пациентов с положительным уровнем D-димера с тромбом и без тромба пациенты с тромбом имели снижение скорости УЛП и фракции выброса левого желудочка, увеличение доли (%) нейтрофилов, снижение доли (%) лимфоцитов и увеличение количества моноцитов. Площадь под ROC-кривой для диагностики тромба была больше для комбинаций клинических и биохимических данных, чем для каждого параметра в отдельности. Таким образом, в данном исследовании дополнение «золотого стандарта» (ЧпЭхоКГ) анализом скорости УЛП, фракции выброса левого желудочка, содержания D-димера и гемостатических маркёров предоставило дополнительную полезную диагностическую информацию [57].

К. Kosmalska и соавт. сосредоточились на анализе полезности ЧпЭхоКГ перед кардиоверсией путём оценки факторов, влияющих на риск тромбоза и/или плотного спонтанного эхо-контрастирования, с намерением расширить показания к ЧпЭхоКГ в группе с высоким риском тромбоза или отказаться от ЧпЭхоКГ в группе с низким риском тромбоза. Низкие скорости в УЛП, наличие спонтанного эхо-контрастирования, большая продолжительность аритмии, последовательный (не первый) эпизод аритмии и признаки деменции из мини-анкеты обследования психического состояния повышали риск наличия тромба в УЛП. Считалось, что может возникнуть необходимость в расширении показаний к ЧпЭхоКГ у подавляющего большинства пациентов с предсердными аритмиями, чаще всего из-за непредсказуемого возникновения тромба и потенциально опасной тромбоземболии. Единственным исключением могла быть группа пациентов с показателем  $CHA_2DS_2-VASc \leq 1$ . Ни у одного из пациентов с оценкой  $CHA_2DS_2-VASc \leq 1$  не было тромба или сладжа в УЛП. Среди пациентов с оценкой  $CHA_2DS_2-VASc > 1$  распространённость тромбов или сладжа в УЛП не зависела от значения оценки  $CHA_2DS_2-VASc$  [58].

Исследования последних лет показывают, что использование ультразвукового контрастного вещества во время ЧпЭхоКГ у пациентов с ФП также повышает надёжность процедуры, уровень интерпретирующей уверенности вра-

ча, скорость теоретического перехода к электрической кардиоверсии и рентабельность кардиоверсии при ФП [59–61]. Однако в исследовании 2021 г. использование ультразвукового контрастного агента не оказало существенного влияния на определение размера УЛП [62].

Одно из ограничений ЧпЭхоКГ — ложноположительные результаты в отношении тромбообразования. Сгусток обычно выглядит при ЭхоКГ как эхокардиографическая тень. Однако всегда ли такая тень в УЛП при ЭхоКГ подразумевает сгусток или тромб?

Описаны случаи, когда за тромб можно принять грудную мышцу [42], плотную жировую подушку эпикарда [63].

При ЧпЭхоКГ может быть указан ложноположительный тромб УЛП, когда тромб описывают как «мягкий», а не «твёрдый». При обследовании 21 пациента тромб в УЛП был обнаружен во время ЧпЭхоКГ перед электрокардиоверсией или абляцией ФП. Этим больным была проведена интракардиальная ЭхоКГ лёгочных артерий. При ЧпЭхоКГ у 7 (33%) пациентов тромб УЛП был описан как «твёрдый», а у остальных 14 (67%) — как «мягкий». Несовпадение между данными ЧпЭхоКГ и интракардиальной ЭхоКГ (тромб при ЧпЭхоКГ и отсутствие тромба при интракардиальной) обнаружено у 9 (43%) человек. В группе «твёрдых» тромбов интракардиальная ЭхоКГ подтвердила наличие тромбов у 6 и исключила тромбы у 1 пациента, а в группе «мягких» тромбов подтвердила наличие тромбов у 6 пациентов и исключила тромбы у остальных 8 человек. Данное исследование предполагает, что внутрисердечная ЭхоКГ может быть ценным вариантом для проверки наличия тромба, диагностированного на основе ЧпЭхоКГ [64].

Одной из причин ложноположительных результатов ЧпЭхоКГ бывают артефакты. Отверстие УЛП отделено от левых лёгочных вен связкой Маршалла, также называемой левым боковым гребнем или кумадиновым гребнем. Это выступающий мышечный гребень, лежащий в ЛП между верхней левой лёгочной веной и УЛП. Часто может казаться, что он прикреплен к крыше УЛП, а закруглённый конец выходит в ЛП. Важно помнить, что он не всегда может выглядеть округлым. При просмотре по парастернальной длинной оси он может выглядеть как линейная полоса в ЛП, которую принимают за тромб [65].

Неправильная интерпретация результатов визуализации может привести к ошибочной тактике ведения пациента и выполнению небезопасных пациенту процедур. Оценка ви-

зуализации при ЧпЭхоКГ в разных плоскостях и под разными углами имеет первостепенное значение для постановки правильного диагноза, а дополнительная информация от других методов визуализации, таких как компьютерная томография сердца, иногда может иметь дополнительную ценность, особенно если диагноз остаётся неясным.

Отдельное место в литературе уделено использованию в условиях пандемии COVID-19 метода ЧпЭхоКГ как источника повышенного риска распространения вируса через создаваемый в воздухе аэрозоль.

Американское общество эхокардиографии выпустило заявление о защите пациентов и поставщиков услуг ЭхоКГ во время вспышки нового коронавируса 2019 г. В своём заявлении специалисты отмечают, что ЧпЭхоКГ несёт повышенный риск распространения SARS-CoV-2, потому что может спровоцировать аэрозользацию большого количества вируса из-за кашля или рвоты во время обследования. По этой причине ЧпЭхоКГ заслуживает особого внимания при определении того, когда и нужно ли проводить это обследование и с какими мерами предосторожности. Осторожное рассмотрение пользы ЧпЭхоКГ следует сопоставить с риском воздействия на медицинский персонал аэрозользации у пациента с подозрением или подтверждённым COVID-19. ЧпЭхоКГ следует отложить или отменить, если есть альтернативный метод визуализации [например, трансторакальная ЭхоКГ, в том числе с усиливающим ультразвук агентом, компьютерная томография (КТ) или магнитно-резонансная томография (МРТ) с контрастным усилением]. Использование этих методов, чтобы избежать аэрозользации, должно быть сбалансировано с учётом риска транспортировки пациента через больницу к КТ- или МРТ-сканеру, необходимости дезинфицировать кабинет КТ или МРТ, а также использования йодированного контраста и излучения для КТ и длительного времени сканирования для МРТ. В некоторых учреждениях США есть специальные КТ-сканеры, предназначенные для пациентов с COVID-19 [66].

Способствовать снижению распространения коронавирусной инфекции также может оценка деформации ЛП с помощью трансторакальной ЭхоКГ вместо инвазивного исследования функции УЛП с помощью ЧпЭхоКГ у пациентов с ФП  $\geq 48$  ч или неизвестной продолжительности, которым запланирована электрическая кардиоверсия [67].

У пациентов с ФП, перенёсших закрытие УЛП, ЧпЭхоКГ обычно выполняют через

45 дней для оценки кровотока через устройство и отсутствия тромба, связанного с устройством, до прекращения пероральной антикоагуляции. В.Е. Тап и соавт. также стремились выяснить, является ли 45-дневная ЧпЭхоКГ абсолютно необходимой для пациентов, перенёвших окклюзию УЛП во время пандемии COVID-19.

Ретроспективно были изучены 200 пациентов, прошедших процедуру WATCHMAN. На момент проведения процедуры WATCHMAN у 189 (94,5%) из 200 пациентов не было кровотока через устройство, а у 11 (5,5%) кровотоков через устройство составлял от 1 до 5 мм. Ни у одного пациента не было тромба, связанного с устройством, по данным 45-дневной ЧпЭхоКГ. Авторы указывают, что это ставит под сомнение текущую практику оценки тромба, связанного с устройством, при нахождении на пероральных антикоагулянтах в течение 45 дней. Возможно, будет более разумным провести оценку тромба, связанного с устройством, после отмены антикоагулянтной терапии. Этот вопрос требует дальнейшего изучения [68].

### Заключение

ЧпЭхоКГ занимает важное место в кардиологии, дополняет результаты классического трансторакального исследования, её проводят с целью уточнения ряда анатомических и гемодинамических параметров. ЧпЭхоКГ служит «золотым стандартом» у пациентов с аритмиями, в частности ФП, для выявления тромбов в полостях сердца (особенно УЛП), изучения структурно-функциональных изменений предсердий и оценки эффективности антикоагулянтной терапии у данной категории пациентов. Интраоперационная ЧпЭхоКГ — эффективный метод контроля при различных манипуляциях на сердце. Качественное проведение ЧпЭхоКГ и корректная интерпретация данных зависят от квалификации врача, проводящего исследование, а технология и методы проведения постоянно совершенствуются.

**Участие авторов.** Г.С.Г. — руководство работой; К.Р.И. и Ш.Ш.Г. — обзор литературы, анализ результатов.

**Источник финансирования.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Safavi-Naeini P, Rasekh A. Thromboembolism in atrial fibrillation: Role of the left atrial appendage. *Card Electrophysiol Clin.* 2020;12(1):13–20. DOI: 10.1016/j.ccep.2019.11.003.
2. Side CD, Gosling RG. Non-surgical assessment of cardiac function. *Nature.* 1971;232:335–356. DOI: 10.1038/232335a0.
3. Hisanaga K, Hisanaga A, Nagata K, Yoshida S. A new transesophageal realtime two-dimensional echocardiographic system using a flexible tube and its clinical application. *Proc Jpn Soc Ultrasonics Med.* 1977;32:43–44.
4. Hisanaga K, Hisanaga A, Nagata K, Ichie Y. Transesophageal cross-sectional echocardiography. *Am Heart J.* 1980;100(5):605–609. DOI: 10.1016/0002-8703(80)90223-9.
5. Matsumoto M, Oka Y, Strom J, Frishman W, Kadish A, Becker RM, Frater RW, Sonnenblick EH. Application of transesophageal echocardiography to continuous intraoperative monitoring of left ventricular performance. *Am J Cardiol.* 1980;46(1):95–105. DOI: 10.1016/0002-9149(80)90611-6.
6. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, Stewart WJ, Weiss RL, Mark JB, Savage RM, Sears-Rogan P, Mathew JP, Quiñones MA, Cahalan MK, Savino JS. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transesophageal Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 1999;12(10):884–900. DOI: 10.1016/s0894-7317(99)70199-9.
7. Hahn RT, Abraham T, Adams MS, Bruce CJ, Glas KE, Lang RM, Reeves ST, Shanewise JS, Siu SC, Stewart W, Picard MH. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26(9):921–964. DOI: 10.1016/j.echo.2013.07.009.
8. Puchalski MD, Lui GK, Miller-Hance WC, Brook MM, Young LT, Bhat A, Roberson DA, Mercer-Rosa L, Miller OI, Parra DA, Burch T, Carron HD, Wong PC. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic: Examination in children and all patients with congenital heart disease. Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2019;32(2):173–215. DOI: 10.1016/j.echo.2018.08.016.
9. Трансэзофоводная эхокардиография. Практическое руководство. Под ред. А.С. Перрино мл., С.Т. Ривз. М.: Медицинское информационное агентство; 2013. 516 с. [*Transpishchevodnaya ekhokardiografiya. Prakticheskoe rukovodstvo.* (Transesophageal echocardiography. Practical guide.) Perrino AS ml, Rivz ST, editors. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2013. 509 p. (In Russ.)]
10. Фибрилляция и трепетание предсердий. Клинические рекомендации МЗ Российской Федерации. 2020. 185 с. [https://scardio.ru/content/Guidelines/2020/Clinic\\_rekom\\_FP\\_TP.pdf](https://scardio.ru/content/Guidelines/2020/Clinic_rekom_FP_TP.pdf) (дата обращения: 03.12.2021). [*Atrial fibrillation and flutter.* Clinical guidelines of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2020. 185 p. [https://scardio.ru/content/Guidelines/2020/Clinic\\_rekom\\_FP\\_TP.pdf](https://scardio.ru/content/Guidelines/2020/Clinic_rekom_FP_TP.pdf) (access date: 03.12.2021).]
11. Limacher MC, Douglas PS, Germano G, Laskey WK, Lindsay BD, McKetty MH, Moore ME, Park JK, Prigent FM, Walsh MN. ACC expert consensus document. Radiation safety in the practice of cardiology. American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol.* 1998;31(4):892–913. DOI: 10.1016/s0735-1097(98)00047-3.



12. Earley MJ, Showkathali R, Alzetani M, Kistler PM, Gupta D, Abrams DJ, Horrocks JA, Harris SJ, Sporton SC, Schilling RJ. Radiofrequency ablation of arrhythmias guided by non-fluoroscopic catheter location: a prospective randomized trial. *Eur Heart J*. 2006;27:1223–1229. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi834.
13. Bulava A, Hanis J, Eisenberger M. Catheter ablation of atrial fibrillation using zero-fluoroscopy technique: a randomized trial. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2015;38:797–806. DOI: 10.1111/pace.12634.
14. Erden İ, Erden EÇ, Golcuk E, Aksu T, Yalin K, Güler TE, Özcan KS, Turan B. Impact of transesophageal echocardiography during transseptal puncture on atrial fibrillation ablation. *J Arrhythm*. 2016;32(3):170–175. DOI: 10.1016/j.joa.2015.12.005.
15. Sun YJ, Yin XM, Cong T, Gao LJ, Chang D, Xiao XJ, Sun QB, Zhang RF, Yu XH, Dong YX, Yang YZ, Xia YL. Comparison of cryoballoon ablation for atrial fibrillation guided by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography vs. contrast agent injection. *Chin Med J (Engl)*. 2019;132(3):285–293. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000076.
16. Balmforth DC, Smith A, Schilling R, O'Brien B. Fluoroscopy-free cryoablation of atrial fibrillation guided solely by transoesophageal echocardiography: a case report. *Eur Heart J Case Rep*. 2018;2(4):1–5. DOI: 10.1093/ehjcr/tyty137.
17. Leftheriotis D, Ikonomidis I, Flevari P, Frogoudaki A, Katsaras D. Cryoballoon ablation under transesophageal echocardiographic guidance in dextrocardia. *Hellenic J Cardiol*. 2019;60(1):61–63. DOI: 10.1016/j.hjc.2018.04.002.
18. Istratoaie S, Vesa ŞC, Cismaru G, Pop D, Roşu R, Puiu M, Pepine D, Ciobanu C, Minciuna IA, Simu G, Zdrenghea D, Buzoianu AD. Value of left atrial appendage function measured by transesophageal echocardiography for prediction of atrial fibrillation recurrence after radiofrequency catheter ablation. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(8):1465. DOI: 10.3390/diagnostics11081465.
19. Khan AA, Lip GYH. The prothrombotic state in atrial fibrillation: pathophysiological and management implications. *Cardiovasc Res*. 2019;115(1):31–45. DOI: 10.1093/cvr/cvy272.
20. Simon J, Smit JM, Mahdiui ME, Száraz L, van Rosendaal AR, Zsarnóczay E, Nagy AI, Kolossvary M, Szilveszter B, Gellér L, van der Geest RJ, Bax JJ, Maurovich-Horvat P, Merkely B. Left atrial appendage morphology and function show an association with stroke and transient ischemic attack in patients with atrial fibrillation. *Research Square*. 2021. DOI: 10.21203/rs.3.rs-1006558/v1.
21. Acar J, Cormier B, Grimberg D, Kawthekar G, Iung B, Scheuer B, Farah E. Diagnosis of left atrial thrombi in mitral stenosis — usefulness of ultrasound techniques compared with other methods. *Eur Heart J*. 1991;12 (Suppl B):70–76. DOI: 10.1093/eurheartj/12.suppl\_b.70.
22. Yingchoncharoen T, Jha S, Burchill LJ, Klein AL. Transesophageal echocardiography in atrial fibrillation. *Card Electrophysiol Clin*. 2014;6(1):43–59. DOI: 10.1016/j.ccep.2013.11.006.
23. Negrotto SM, Lugo RM, Metawee M, Kanagasundram AN, Chidsey G, Baker MT, Michaud GF, Piana RN, Benjamin Shoemaker M, Ellis CR. Left atrial appendage morphology predicts the formation of left atrial appendage thrombus. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2021;32(4):1044–1052. DOI: 10.1111/jce.14922.
24. Ellis CR. To TEE, or not to TEE, that is the question. *JACC Clin Electrophysiol*. 2019;5(12):1415–1417. DOI: 10.1016/j.jacep.2019.08.022.
25. Jaakkola S, Kiviniemi TO, Airaksinen KEJ. Cardioversion for atrial fibrillation — how to prevent thromboembolic complications? *Ann Med*. 2018;50(7):549–555. DOI: 10.1080/07853890.2018.1523552.
26. Fatkin D, Kelly RP, Feneley MP. Relations between left atrial appendage blood flow velocity, spontaneous echocardiographic contrast and thromboembolic risk *in vivo*. *J Am Coll Cardiol*. 1994;23:961–969. DOI: 10.1016/0735-1097(94)90644-0.
27. Klein AL, Grimm RA, Murray RD, Apperson-Hansen C, Asinger RW, Black IW, Davidoff R, Erbel R, Halperin JL, Orsinelli DA, Porter TR, Stoddard MF, Assessment of Cardioversion Using Transesophageal Echocardiography Investigators. Use of transesophageal echocardiography to guide cardioversion in patients with atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2001;344(19):1411–1420. DOI: 10.1056/NEJM200105103441901.
28. Vainrib AF, Harb SC, Jaber W, Benenstein RJ, Aizer A, Chinitz LA, Saric M. Left atrial appendage occlusion/exclusion: Procedural image guidance with transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(4):454–474. DOI: 10.1016/j.echo.2017.09.014.
29. Kumar D, Kumar S, Desai N. Role of transesophageal echocardiography during left atrial appendage occlusion device closure in a patient with non-valvular atrial fibrillation and angiodysplasia of the colon. *Ann Card Anaesth*. 2018;21(1):88–91. DOI: 10.4103/aca.ACA\_111\_17.
30. DePace NL, Soulen RL, Kotler MN, Mintz GS. Two dimensional echocardiographic detection of intraatrial masses. *Am J Cardiol*. 1981;48(5):954–960. DOI: 10.1016/0002-9149(81)90364-7.
31. Come PC, Riley MF, Markis JE, Malagold M. Limitations of echocardiographic techniques in evaluation of left atrial masses. *Am J Cardiol*. 1981;48(5):947–953. DOI: 10.1016/0002-9149(81)90363-5.
32. Aschenberg W, Schlüter M, Kremer P, Schröder E, Siglow V, Bleifeld W. Transesophageal two-dimensional echocardiography for the detection of left atrial appendage thrombus. *J Am Coll Cardiol*. 1986;7(1):163–166. DOI: 10.1016/s0735-1097(86)80275-3.
33. Wang B, Zhang L, Sun W, He L, Wang X, Lv Q, Li Y, Xie M. Transnasal transesophageal echocardiography guidance for percutaneous left atrial appendage closure. *Ann Thorac Surg*. 2019;108(3):161–164. DOI: 10.1016/j.athoracsurg.2019.01.039.
34. Zangrillo A, Mazzone P, Votta CD, Villari N, Della Bella P, Monaco F. Prolonged transesophageal echocardiography during percutaneous closure of the left atrial appendage without general anesthesia: the utility of the Janus mask. *Can J Anaesth*. 2016;63(8):962–965. DOI: 10.1007/s12630-016-0659-1.
35. Maarse M, Wintgens LIS, Klaver MN, Rensing BJWM, Swaans MJ, Boersma LVA. Transoesophageal echocardiography guidance with paediatric probes in adults undergoing left atrial appendage occlusion. *EuroIntervention*. 2021;17(1):93–96. DOI: 10.4244/EIJ-D-19-00943.
36. Jiménez Britez G, Sanchis L, Regueiro A, Sabate M, Sitges M, Freixa X. Minimally-invasive transesophageal echocardiography for left atrial appendage occlusion with a latest-generation microprobe. Initial experience. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2019;72(6):511–512. DOI: 10.1016/j.rec.2018.05.016.
37. Zhao Wang, Bin He, Guohua Fu, Mingjun Feng, Jing Liu, Yibo Yu, Xianfeng Du, Huimin Chu. Percutaneous left atrial appendage closure confirmed by intra-procedural transesophageal echocardiography under local anesthesia: Safety and clinical effica-

- cy. *Acta Cardiol Sin.* 2021;37(2):146–154. DOI: 10.6515/ACS.202103\_37(2).20200327A.
38. Kim DY, Shin SY, Kim JS, Kim SH, Kim YH, Lim HE. Feasibility of intracardiac echocardiography imaging from the left superior pulmonary vein for left atrial appendage occlusion. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2018;34(10):1571–1579. DOI: 10.1007/s10554-018-1374-5.
39. Akella K, Murtaza G, Turagam M, Sharma S, Madoukh B, Amin A, Gopinathannair R, Lakkireddy D. Evaluating the role of transesophageal echocardiography (TEE) or intracardiac echocardiography (ICE) in left atrial appendage occlusion: a meta-analysis. *J Interv Card Electrophysiol.* 2021;60(1):41–48. DOI: 10.1007/s10840-019-00677-x.
40. Pathan F, Hecht H, Narula J, Marwick TH. Roles of transesophageal echocardiography and cardiac computed tomography for evaluation of left atrial thrombus and associated pathology: A review and critical analysis. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018;11(4):616–627. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.12.019.
41. Nielsen-Kudsk JE, Berti S, De Backer O, Aguirre D, Fassini G, Cruz-Gonzalez I, Grassi G, Tondo C. Use of intracardiac compared with transesophageal echocardiography for left atrial appendage occlusion in the Amulet Observational Study. *JACC Cardiovasc Interv.* 2019;12(11):1030–1039. DOI: 10.1016/j.jcin.2019.04.035.
42. Beigel R, Wunderlich NC, Ho SY, Arsanjani R, Siegel RJ. The left atrial appendage: anatomy, function, and noninvasive evaluation. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2014;7(12):1251–1265. DOI: 10.1016/j.jcmg.2014.08.009.
43. Marek D, Vindis D, Kocianova E. Real time 3-dimensional transesophageal echocardiography is more specific than 2-dimensional TEE in the assessment of left atrial appendage thrombosis. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2013;157(1):22–26. DOI: 10.5507/bp.2012.012.
44. Deng B, Nie R, Qiu Q, Wei Y, Liu Y, Lv H, Zheng S, Wang J. 3D transesophageal echocardiography assists in evaluating the morphology, function, and presence of thrombi of left atrial appendage in patients with atrial fibrillation. *Ann Transl Med.* 2021;9(10):876. DOI: 10.21037/atm-21-1981.
45. Kettering K, Gramley F, von Bardeleben S. Catheter ablation of atrial fibrillation facilitated by preprocedural three-dimensional transesophageal echocardiography: Long-term outcome. *World J Cardiol.* 2017;9(6):539–546. DOI: 10.4330/wjc.v9.i6.539.
46. Italiano G, Maltagliati A, Mantegazza V, Fusini L, Mancini ME, Gasperetti A, Brusoni D, Susini F, Formenti A, Pontone G, Fassini G, Tondo C, Pepi M. 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.
47. Yosefy C, Laish-Farkash A, Azhibekov Y, Khalameizer V, Brodtkin B, Katz A. A new method for direct three-dimensional measurement of left atrial appendage dimensions during transesophageal echocardiography. *Echocardiography.* 2016;33:69–76. DOI: 10.1111/echo.12983.
48. Streb W, Mitreġa K, Podolecki T, Szymała M, Leopold-Jadczyk A, Kukulski T, Kalarus Z. 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.
49. Goebel B, Wieg S, Hamadanchi A, Otto S, Jung C, Kretzschmar D, Figulla HR, Christian Schulze P, Poerner TC. 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.
50. Al-Kassou B, Tzikas A, Stock F, Neikes F, Völz A, Omran H. 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;12:2083–2091. DOI: 10.4244/EIJ-D-15-00543.
51. Fan Y, Yang F, Cheung GS, Chan AK, Wang DD, Lam YY, Chow MC, Leong MC, Kam KK, So KC, Tse G, Qiao Z, He B, Kwok KW, Lee AP. 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. DOI: 10.1016/j.echo.2019.02.003.
52. Zhou Q, Song H, Zhang L, Deng Q, Chen J, Hu B, Wang Y, Guo R. Roles of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in peri-operation of transcatheter left atrial appendage closure. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(4):e563. DOI: 10.1097/MD.0000000000005637.
53. Song H, Zhou Q, Zhang L, Deng Q, Wang Y, Hu B, Tan T, Chen J, Pan Y, He F. 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.
54. Zhang H, Tang Z, Han Z, Zeng L, Wang C. Role of real time-three dimensional transesophageal echocardiography in left atrial appendage closure with LACBES® devices. *Exp Ther Med.* 2019;17(2):1456–1462. DOI: 10.3892/etm.2018.7086.
55. Chen Q, Wu W-C, Jiang Y, Xiao M-H, Wang H. Assessment of the morphology and mechanical function of the left atrial appendage by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography. *Chin Med J (Engl).* 2012;125:3416–3420.
56. Jenei C, Nagy L, Urbancsek R, Czuriga D, Csanađi Z. Three-dimensional echocardiographic method for the visualization and assessment of specific parameters of the pulmonary veins. *J Vis Exp.* 2020;164. DOI: 10.3791/61215.
57. Ibebuogu UN, Schafer JH, Schwade MJ, Waller JL, Sharma GK, Robinson VJB. Useful indices of thrombogenesis in the exclusion of intra-cardiac thrombus. *Echocardiography.* 2020;37(1):86–95. DOI: 10.1111/echo.14562.
58. Kosmalka K, Rzyman M, Miękus P, Gilis-Malinowska N, Nowak R, Fijałkowski M. Usefulness of transesophageal echocardiography before cardioversion in atrial arrhythmias. *Cardiol J.* 2021;28(1):101–109. DOI: 10.5603/CJ.a2019.0056.
59. Lozier MR, Sanchez AM, Mihos CG. A systematic review on the use of ultrasound enhancing agents with transesophageal echocardiography to assess the left atrial appendage prior to cardioversion. *Echocardiography.* 2021;38(8):1414–1421. DOI: 10.1111/echo.15150.
60. Doukky R, Donenberg MJ, Parker J, Kaplan J, Travers C, Soble JS, Sattar P, Krishnan K, Madias C, Tracy M, Feinstein SB. Use of ultrasound enhancing agents in transesophageal echocardiography to improve interpretive confidence of left atrial appendage thrombus. *Echocardiography.* 2019;36(2):362–369. DOI: 10.1111/echo.14228.
61. Ebelt H, Offhaus A, Wiora M, Roehl P, Schwenzky A, Weida A, Hoyme M, Bindemann-Koecher J, Anacker J. Impact of ultrasound contrast agent on the detection of thrombi during transoesophageal echocardiography. *Open Heart.* 2019;6:e001024. DOI: 10.1136/openhrt-2019-001024.

62. Ebel H, Goetze S, Weida A, Offhaus A. Impact of ultrasound contrast agent during transoesophageal echocardiography on the sizing of the left atrial appendage. *Open Heart*. 2021;8(1):e001403. DOI: 10.1136/openhrt-2020-001403.
63. Chhabra L, Goyal A, Mwansa V, Balmorth R. Transverse sinus fat pad may masquerade as left atrial appendage thrombus. *J Electrocardiol*. 2019;56:43–45. DOI: 10.1016/j.jelectrocard.2019.06.019.
64. Baran J, Zaborska B, Piotrowski R, Sikora-Fraç M, Pilichowska-Paszkiel E, Kułakowski P. Intracardiac echocardiography for verification for left atrial appendage thrombus presence detected by transesophageal echocardiography: the ActionICE II study. *Clin Cardiol*. 2017;40(7):450–454. DOI: 10.1002/clc.22675.
65. D'Amico G, Mojoli M, Buja P, Tarantini G. Left atrial appendage closure: beyond the artifact. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2016;17(Suppl 2):171–173. DOI: 10.2459/JCM.0000000000000081.
66. Kirkpatrick JN, Mitchell C, Taub C, Kort S, Hung J, Swaminathan M. ASE statement on protection of patients and echocardiography service providers during the 2019 novel coronavirus outbreak: Endorsed by the American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(24):3078–3084. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.04.002.
67. Sonaglioni A, Lombardo M, Nicolosi GL, Gensini GF, Ambrosio G. Mechanical concordance between left atrium and left atrial appendage in nonvalvular atrial fibrillation: Can it be exploited to avoid transesophageal echocardiography prior to electrical cardioversion during Covid-19 pandemic? *Int J Cardiovasc Imaging*. 2021. DOI: 10.1007/s10554-021-02414-w.
68. Tan BE, Depta JP, Baibhav B, Bhatt DL. Necessity of 45-day transesophageal echocardiography after the WATCHMAN procedure amid the COVID-19 pandemic. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(11):2461–2462. DOI: 10.1016/j.jcmg.2020.05.015.

### Сведения об авторах

**Галяутдинов Геншат Саляхутдинович**, докт. мед. наук, проф., каф. госпитальной терапии, ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; galgen077@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7403-0200>

**Ибрагимова Карина Рафатовна**, врач клинический фармаколог Медсанчасти ОАО «Татнефть» и г. Альметьевска; skmalina@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5300-0635>

**Галеева Шамиля Шамилевна**, ординатор, каф. госпитальной терапии, ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России; g.s.0101@yandex.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8654-1112>

### Author details

**Genshat S. Galyautdinov**, M.D., D. Sci. (Med.), Prof., Depart. Of Hospital Therapy, Kazan State Medical University; galgen077@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7403-0200>

**Karina R. Ibragimova**, M.D., Clinical pharmacologist, Medical Unit of PJSC TATNEFT; skmalina@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5300-0635>

**Shamilya Sh. Galeeva**, M.D., Resident, Depart. of Hospital Therapy, Kazan State Medical University; g.s.0101@yandex.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8654-1112>