

Рубрика: неинвазивная аритмология

© Л.А. БОКЕРИЯ, З.З. ИВАНОВА, 2014
 © АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2014

УДК [616.125.2:616.12-008.313.2]-073.756.8:681.31

DOI: 10.15275/annaritmol.2014.4.4

ОЦЕНКА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Тип статьи: обзор

Л.А. Бокерия, З.З. Иванова

ФГБНУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева»; Рублевское шоссе, 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Бокерия Лео Антонович, академик РАН и РАМН, директор ФГБНУ «НЦССХ им. А.Н. Бакулева»;
 Иванова Залина Замудиновна, аспирант, e-mail: zzivanova@mail.ru

Фибрилляция предсердий (ФП) — наджелудочковая тахикардия, проявляющаяся хаотической электрической активностью предсердий с частотой импульсов до 350–700 в минуту и абсолютной неритмичностью комплексов QRS на электрокардиограмме (ЭКГ). Это одно из самых распространенных заболеваний, которым страдает 1–2% населения. Особое внимание исследователей сосредоточено на изучении функциональных особенностей левого предсердия (ЛП) при ФП. Левое предсердие осуществляет важнейшие функции в работе сердца: оно является резервуаром, принимающим кровь из легочных вен во время систолы желудочков, а во время фазы раннего диастолического заполнения левого желудочка (ЛЖ) выступает как конduit, направляя ток крови в ЛЖ; одновременно ЛП выполняет насосную функцию, обеспечивая 15–30% ударного объема ЛЖ за счет активного опустошения в конце диастолы желудочков. Нарушение основных функций ЛП при ФП обусловлено следующими гистологическими изменениями миофибрилл: гипертрофия, дистрофия, миолиз и фиброз. Компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) с введением контрастного вещества позволяет с высокой точностью оценить функциональные и морфологические особенности ЛП при ФП, которые крайне важны для прогнозирования риска осложнений ФП, определения тактики лечения данной группы пациентов и прогноза успешности хирургического лечения ФП. К функциональным характеристикам ЛП относят его фракцию выброса, к морфологическим — объем, размеры устья, анатомию впадения легочных вен в ЛП и его ушка и, наконец, фиброз миокарда ЛП. Обязательным условием использования современных методов интервенционного лечения ФП (радиочастотная абляция легочных вен) является знание точной анатомии ЛП и легочных вен. Методы КТ и МРТ выявляют тромбоз ушка ЛП, что дает возможность своевременно начать адекватную антикоагулянтную терапию, подобрать вид и размер устройства для эндоваскулярного закрытия ушка ЛП и запланировать его перевязку при выполнении операций на открытом сердце с целью профилактики ишемического инсульта у пациентов данной категории. Современный уровень технологий КТ и МРТ дает возможность с высокой точностью оценить функцию и морфологические особенности ЛП у пациентов с ФП. Высокая диагностическая информативность КТ и МРТ подтверждается тем, что линейные размеры ЛП и легочных вен не противоречат данным инвазивных методов исследования (внутрисердечная эхокардиография и венография), а фиброз ЛП подтверждается результатами гистологических анализов биопсий.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий; левое предсердие; компьютерная томография; магнитно-резонансная томография.

ASSESSMENT OF THE MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE LEFT ATRIUM IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION BY USING COMPUTED TOMOGRAPHY AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING

L.A. Bockeria, Z.Z. Ivanova

A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Bockeria Leo Antonovich, Academician of Russian Academy of Sciences and Russian Academy of Medical Sciences, Director of A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Ivanova Zalina Zamudinovna, Postgraduate, e-mail: zzivanova@mail.ru

Atrial fibrillation (AF) is a supraventricular tachyarrhythmia characterized by chaotic electrical activity of the atria (350–700 beats per minute) and absolute irregularity of the heart beats on electrocardiography (ECG). The prevalence of AF is 1–2% of the general population. It should be noted that this rate is increasing every year. Researchers pay much attention to the study of the functional characteristics of the left atrium in case of AF, considering its important functions: on the one hand, it is a reservoir, receiving blood from the pulmonary veins during of ventricular systole and acts as a conduit during the phase of early diastolic filling of the left ventricle, directing the blood flow to the left ventricle; on the other hand, the left atrium performs a pumping function, providing 15–30% of the left ventricle stroke volume due to active depletion at the end of the diastole of the ventricles. Changes of the basic functions of the left atrium in AF are caused by the following histological changes of myofibrils: hypertrophy, degeneration, myolysis and fibrosis. Contrast-enhanced computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) allows to precisely assess the functional and morphological characteristics of the left atrium in AF, which are extremely important for prediction the risk of complications of AF, determination of the treatment modality in these patients and prediction of the success rate of AF surgical treatment. The functional characteristics of left atrium include the ejection fraction of the left atrium, morphological – its volume, the size of the orifice, the anatomy of the pulmonary veins and left atrium appendage, and, finally, fibrosis of the myocardium of the left atrium. Anatomy of the left atrium and pulmonary veins is considered to be an important factor while planning interventional treatment of AF (RF isolation of pulmonary veins). CT and MRI allow to reveal thrombosis of the left atrium appendage that enables us to start anticoagulation therapy, to select the appropriate type and size of the device for percutaneous closure of the left atrium appendage and to plan its ligation during open heart surgery for the prevention of ischemic stroke in these patients.

Today contrast-enhanced CT and MRI allow non-invasively assess with high accuracy functional and morphological characteristics of the left atrium in patients with AF. High diagnostic value of CT and MRI is confirmed by the fact that the linear dimensions of the left atrium and pulmonary veins coinciding with those of invasive methods (intracardiac echocardiography and venography), and fibrosis of the left atrium is confirmed by the results of histological examination.

Key words: atrial fibrillation; left atrium; computed tomography; magnetic resonance imaging.

Фибрилляция предсердий (ФП) – наджелудочковая тахикардия, которая характеризуется хаотической электрической активностью предсердий с частотой импульсов до 350–700 в минуту и абсолютной неритмичностью комплексов QRS на ЭКГ [1]. Фибрилляция предсердий – одно из самых распространенных заболеваний, оно поражает 1–2% населения. Благодаря лучшей выявляемости ряд авторов отмечают с каждым годом рост заболеваемости [2–4]. Частота ФП после 55 лет с каждым десятилетием удваивается и в возрастной категории старше 80 лет составляет около 8% [5]. По результатам Фрамингемского исследования, риск развития ФП у мужчин и женщин старше 40 лет составляет 26 и 23% соответственно [6]. В США насчитывают более 2 млн больных ФП; в Европе этот показатель составляет 4,5 млн [7, 8]. В России ФП страдают более одной трети больных с диагностированными аритмиями [9, 10]. К факторам риска развития заболевания относят преклонный возраст, хроническую сердечную недостаточность, клапанные пороки сердца, артериальную гипертензию, инфаркт миокарда и ряд факторов, таких как мужской пол, ожирение, злоупотребление алкоголем, ночное апноэ.

Исследователи обращают большое внимание на изучение функциональных особенностей ле-

вого предсердия (ЛП) при ФП, поскольку его значимость неоспорима: с одной стороны, ЛП является резервуаром, принимающим кровь из легочных вен во время систолы желудочков, а во время фазы раннего диастолического заполнения левого желудочка (ЛЖ) выступает как кондукт, направляя ток крови в ЛЖ; с другой стороны, ЛП выполняет насосную функцию, обеспечивая 15–30% ударного объема ЛЖ за счет активного опустошения в конце диастолы желудочков. Нарушение основных функций ЛП при ФП обусловлено такими гистологическими изменениями миофибрилл, как гипертрофия, дистрофия, миолиз и фиброз.

Развитию сердечной недостаточности способствует уменьшение сердечного выброса, связанное с недостаточно активным предсердным вкладом из-за отсутствия координированного сокращения миофибрилл ЛП. Грозным осложнением ФП является ишемический инсульт, обусловленный образованием тромбов в ЛП (чаще в его ушке), которые с током крови попадают в сосуды головного мозга. Основной причиной тромбообразования в ЛП является застой крови из-за нарушения его насосной функции. Частота развития ишемического инсульта у пациентов данной категории составляет 6% в год [11]. Фибрилляция предсердий увеличивает риск разви-

тия ишемического инсульта примерно в 5 раз и риск смерти – в 2 раза [12].

Компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) с введением контрастного вещества позволяет с высокой точностью оценить функциональные и морфологические особенности ЛП при ФП, которые крайне важны для прогнозирования риска осложнений описываемого заболевания, определения тактики ведения пациентов и успешности хирургического лечения ФП. К функциональным характеристикам ЛП относят фракцию выброса, к морфологическим – его объем, размеры устья, анатомию впадения легочных вен в ЛП и его ушка и, наконец, фиброз миокарда ЛП. Компьютерная томография позволяет определить линейные размеры и объем, анатомию ЛП и его ушка, а также легочных вен [13]; МРТ – визуализировать фиброз ЛП и установить степень его распространенности, а также вклад предсердия в ударный объем ЛЖ.

Систематический обзор мировой литературы позволит оценить реальные возможности КТ и МРТ в изучении морфофункциональных особенностей ЛП у пациентов с ФП.

Компьютерная томография левого предсердия, его ушка и легочных вен

Изучение анатомии легочных вен

В 1998 г. М. Haissaguerre и соавт. сообщили об успешном устранении ФП после катетерной аб-

лации устьев легочных вен. Катетерная абляция быстро стала признанным методом лечения симптоматических пациентов с ФП, рефрактерной к антиаритмической терапии [14, 15]. В настоящее время катетерная абляция ФП имеет ряд методов, основным из которых является электрическая изоляция устьев легочных вен от ЛП. Для достижения этой цели необходимо точно оценить анатомию легочных вен и размеры их устьев. Существует ряд вариантов анатомии легочных вен, но чаще всего встречаются два из них: общий коллектор и дополнительные легочные вены (рис. 1) [16]. Известно, что вены с большим диаметром являются потенциально аритмогенными и ответственны за запуск аритмии. Также установлено, что наличие впадающего в ЛП общего коллектора легочных вен также является косвенным признаком аритмогенности [17].

Предоперационное знание точной анатомии и особенностей легочных вен позволяет выполнить катетерную абляцию эффективно и с минимальным риском осложнений для пациента.

М.А. Wood и соавт. сообщили, что результаты, полученные с помощью КТ при изучении анатомии и размеров легочных вен, достоверно коррелируют с данными, рассчитанными методами внутрисердечной ЭхоКГ ($r=0,57$) и венографии ($r=0,52$). Тем самым были продемонстрированы высокие специфичность и чувствительность метода КТ в изучении легочных вен [16, 18].

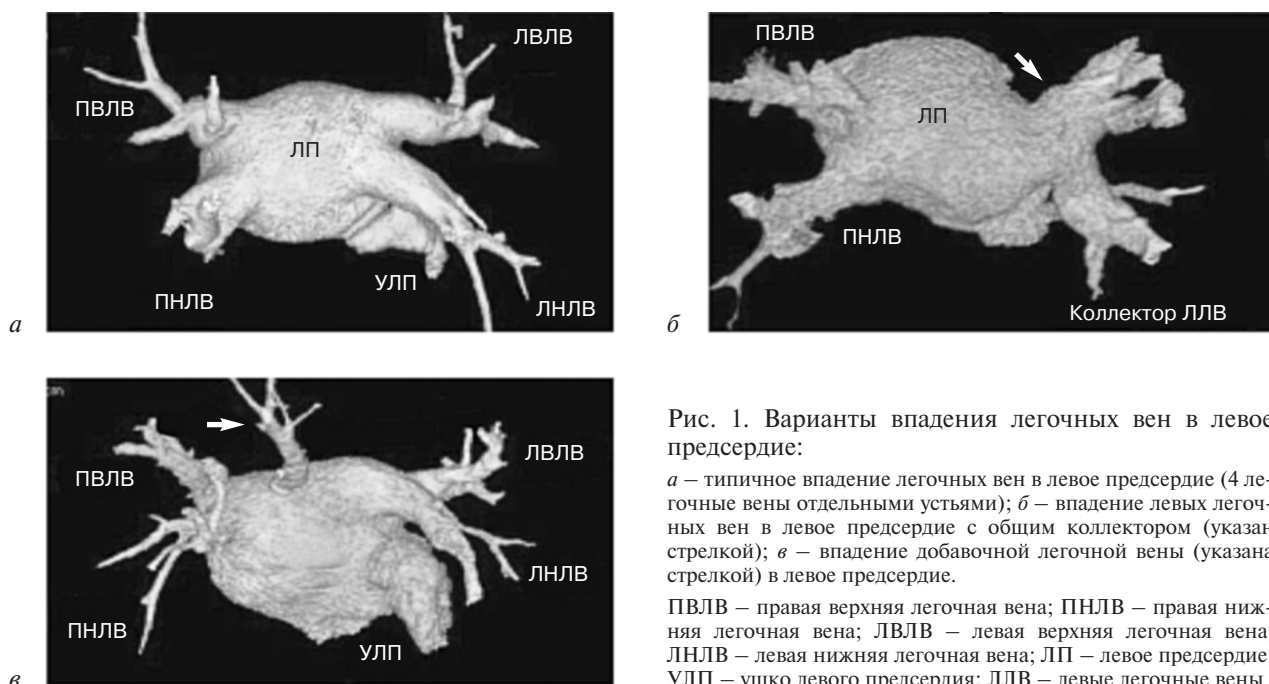


Рис. 1. Варианты впадения легочных вен в левое предсердие:

а – типичное впадение легочных вен в левое предсердие (4 легочные вены отдельными устьями); *б* – впадение левых легочных вен в левое предсердие с общим коллектором (указан стрелкой); *в* – впадение добавочной легочной вены (указана стрелкой) в левое предсердие.

ПВЛВ – правая верхняя легочная вена; ПНЛВ – правая нижняя легочная вена; ЛВЛВ – левая верхняя легочная вена; ЛНЛВ – левая нижняя легочная вена; ЛП – левое предсердие; УЛП – ушко левого предсердия; ЛЛВ – левые легочные вены

Изучение линейных размеров и объема ЛП

Возрастающая роль размеров ЛП по сравнению с обычными факторами риска была продемонстрирована в нескольких исследованиях [19–22]. В том же Фрамингемском исследовании было показано, что увеличение ЛП было значимым предиктором высокой смертности среди мужчин и женщин. Относительный риск смерти на 10 мм прироста размера ЛП составлял 1,3 для мужчин (95% доверительный интервал (ДИ) 1,0–1,5) и 1,4 для женщин (95% ДИ 1,1–1,7) [23]. М. Osranek и соавт. продемонстрировали прогностическую ценность расширения ЛП у пациентов с изолированной ФП. В этом популяционном исследовании с медианой наблюдения, равной 27 годам, было отмечено, что у больных с изолированной ФП объем ЛП был ярким предиктором неблагоприятных событий (ишемического инсульта, острого инфаркта миокарда, сердечной недостаточности, госпитализации, смерти) независимо от возраста и клинических факторов риска [24]. Мультиспиральная КТ имеет отличное пространственное и временное разрешение, что позволяет максимально достоверно определить объем ЛП с помощью модифицированного метода Симпсона. Недавно в серии исследований было продемонстрировано, что объем ЛП является одним из наиболее точных предикторов исхода катетерной аблации ФП [25–28]. Таким образом, знание абсолютного размера ЛП может помочь сориентировать аритмологов в определении объема оперативного вмешательства и спрогнозировать его результаты.

Изучение ушка ЛП

Ушко является той частью сердца, где чаще всего образуются тромботические массы. Тромбоз ЛП при ФП является причиной ишемического инсульта и транзиторных ишемических атак, увеличивающих смертность в данной группе пациентов. Чреспищеводная ЭхоКГ является одним из способов выявления тромбоза ЛП и его ушка [15]. Но и эта процедура не способна обеспечить 100% диагностическую точность и имеет ряд ограничений. Это связано с выраженным феноменом спонтанного контрастирования, наличием артефактов или плохой ее переносимостью. Альтернативным методом исследования ушка ЛП является мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), которая демонстрирует высокую диагностическую ин-

формативность в визуализации источников и потенциальных механизмов кардиогенного эмболизма [29]. По различным данным, чувствительность данной процедуры варьирует в пределах 64–100%, специфичность – 67–99%, положительная прогностическая ценность – 80–84%, а отрицательная прогностическая ценность – 29–100% [14]. Для улучшения визуализации тромбоза ушка ЛП существуют различные методики проведения исследования: использование положения пациента на спине и животе, двойного сканирования (в раннюю и позднюю фазу контрастирования). Ученые Кливлендской клиники предложили измерять плотность контрастирования в ушке ЛП и в восходящей аорте и опираться на соотношение этих величин для характеристики тромбоза. Чувствительность такой методики составляла 93%, а специфичность – 95% [30]. Тромбоз ушка ЛП является абсолютным противопоказанием к проведению электрической кардиоверсии и катетерной аблации ФП. Его раннее выявление позволяет провести адекватную антикоагулянтную терапию с целью растворения тромботических масс и профилактики ишемического инсульта.

Помимо диагностики тромбоза ушка ЛП, МСКТ позволяет получить важнейшую информацию для выполнения эндоваскулярного закрытия ушка ЛП окклюдером: размеры и точную анатомию ушка, а также подобрать оптимальный вид и размер устройства для проведения вышеназванной процедуры. Эта информация очень актуальна при выполнении операции на открытом сердце.

Магнитно-резонансная томография левого предсердия

Магнитно-резонансная томография с введением гадолинийсодержащего контрастного препарата дает такую же точность при оценке трехмерной анатомии ЛП, его ушка и легочных вен, что и МСКТ [31, 32]. По данным литературы, МРТ считается высокочувствительным методом для визуализации дополнительных масс в полостях сердца. J. Barkhausen и соавт. провели МРТ и чреспищеводную ЭхоКГ сердца у 24 пациентов с ФП и обнаружили 3 дополнительных тромба в ЛП благодаря именно МРТ. Все тромбы были подтверждены операциями [33]. Кроме того, усовершенствованные протоколы МРТ дают возможность оценить фиброз ЛП, степень его распространенности до и после радиочастотной аблации, а также определить вклад ЛП в функцию ЛЖ.

Фиброз ЛП

В 2007 г. D.C. Peters и соавт. впервые опубликовали данные о возможностях МРТ с введением гадолинийсодержащего контрастного вещества в рамках визуализации фиброзных изменений ЛП и устьев легочных вен после радиочастотной абляции [12, 34]. В исследование были включены 23 пациента, которым планировалось осуществить радиочастотную абляцию (РЧА) ЛП и легочных вен. Магнитно-резонансную томографию с контрастированием 10 пациентам провели до и после операции, 5 — только до операции, 8 — только после нее. В итоге МРТ была проведена в 33 случаях: в 15 — до операции, в 18 — после. Исследование выполняли с использованием магнитно-резонансного томографа 1,5 Тл (Gyrosan ACS-NT; Philips Medical Systems, Best, Нидерланды). В качестве контрастного вещества использовался гадопентетат димеглюмина. В 6 случаях (из которых в 5 МРТ выполнена после операции) были получены искаженные изображения из-за неправильного выполнения программных установок. В результате в 14 случаях проведения МРТ до операции признаков фиброза ЛП и устья легочных вен не было выявлено (0%). Во всех 18 случаях выполнения МРТ после операции (100%) были выявлены очаги фиброза в устьях легочных вен и в стенках ЛП. Данная работа положила начало последующим более крупным исследованиям по этой теме [34, 35].

R.S. Oakes и соавт. в 2009 г. опубликовали результаты МРТ 81 пациента с ФП, всем была выполнена РЧА легочных вен и ЛП: 41 пациент страдал пароксизмальной формой ФП, а 40 — персистирующей. У 43 пациентов степень распространенности фиброза ЛП была определена как незначительная, у 30 — как умеренная, у 8 пациентов — выраженная. Магнитно-резонансная томография ЛП была выполнена также 6 добровольцам без кардиальной патологии, у которых степень распространенности фиброза ЛП составила $1,7 \pm 0,3\%$. У 43 пациентов степень распространенности фиброза была равна $8,0 \pm 4,2\%$ (незначительная степень), у 30 — $21,3 \pm 5,8\%$ (умеренная), у 8 пациентов — $50,1 \pm 15,4\%$ (выраженная). У всех пациентов с выраженной степенью имелась персистирующая форма ФП. Была выявлена четкая связь объема ЛП со степенью распространенности его фиброза ($p < 0,001$). В течение 6 мес у 56 (69,1%) пациентов из 81 рецидивы ФП отсутствовали. Только у 6 (14,0%) из 43 больных с незначитель-

ной степенью распространенности фиброза ЛП наблюдались рецидивы ФП, в то время как у 13 (43,3%) из 30 пациентов они наблюдались с умеренной и у 6 (75%) из 8 выраженной степенью фиброза ЛП (регрессия Кокса, $p < 0,05$) [35].

Аналогичное исследование с включением большего числа пациентов провели С. McGann и соавт. [36]. Магнитно-резонансную томографию сердца с контрастированием перед РЧА легочных вен выполнили 386 пациентам. Кроме того, была создана контрольная группа из 21 пациента без ФП. Время наблюдения составило 12 мес. У 123 (31,9%) пациентов наблюдался рецидив ФП. В зависимости от распространенности фиброза ЛП были выделены четыре ее степени: I — менее 10% от объема ЛП; II — более 10%, но менее 20% от его объема; III — менее 30%; IV степень — более 30%. При статистическом анализе результатов оказалось, что частота рецидива ФП имела четкую связь со степенью выраженности фиброза ЛП. Так, частота рецидива ФП у пациентов с I степенью распространенности фиброза ЛП составила 21% (28 из 133), со II степенью — 29,3% (40 из 140), с III степенью — 33,8% (24 из 71), 71,4% (30 из 42) — у пациентов с IV степенью. Многофакторный анализ показал, что результаты РЧА легочных вен лучше всего предсказываются степенью распространенности фиброза ЛП (отношение рисков 4,89, $p < 0,0001$) и наличием сахарного диабета (отношение рисков 1,64, $p = 0,036$), в то время как объем ЛП и форма ФП не были статистически значимыми предикторами. Распространенность фиброза ЛП была достоверно выше у пациентов с ФП по сравнению с контрольной группой ($16,6 \pm 11,2\%$ против $3,1 \pm 1,9\%$, $p < 0,0001$). Выяснилось, что фиброз ЛП, выявленный с помощью МРТ сердца с контрастированием, коррелировал с результатами, полученными с помощью гистологического анализа биопсий. Таким образом, сделали вывод о том, что степень распространенности фиброза ЛП выше 30% предсказывает плохие результаты РЧА легочных вен.

В 2014 г. были опубликованы результаты многоцентрового проспективного обсервационного исследования DECAAF, включавшего 260 пациентов с пароксизмальной или персистирующей формой ФП, которым выполнили МРТ ЛП с введением контрастного вещества в 15 центрах США, Европы и Австралии в период с августа 2010 г. по август 2011 г. Средний возраст пациентов составил $59,1 \pm 10,7$ года; 64,6% больных

имели пароксизмальную форму ФП, а 35,4% — персистирующую. Артериальная гипертензия встречалась у 55% пациентов, ишемическая болезнь сердца — у 10%, хроническая сердечная недостаточность — у 5%, сахарный диабет — у 12,3% пациентов. Криоабляция была выполнена 16 больным, а всем остальным — РЧА легочных вен. Магнитно-резонансную томографию провели за 30 дней до операции. На основании распространенности обнаруженного фиброза ЛП были выделены четыре степени: I — менее 10% от объема ЛП; II — более 10%, но менее 20%; III — менее 30%; IV степень — более 30%. У 49 (18,9%) пациентов имела I степень, у 107 (41,2%) — II, у 80 (30,8%) — III, у 24 (9,2%) — IV. Двухмерный статистический анализ выявил связь степени распространенности фиброза ЛП только с артериальной гипертензией. Срок наблюдения за пациентами после РЧА легочных вен составил 475 дней. Так, рецидив ФП у пациентов с I степенью распространенности фиброза ЛП составил 15,3% (95% ДИ, 7,6–29%), со II степенью — 35,8% (95% ДИ, 26,2–47,6%), с III степенью — 45,9% (95% ДИ, 35,6–57,5%), у больных с IV степенью — 69,4% (95% ДИ, 48,6%–87,7%). Данное исследование на основе обширного материала в очередной раз продемонстрировало обратную связь между степенью распространенности фиброза ЛП и эффектом от РЧА легочных вен у пациентов с ФП [37].

Также отрицательное влияние выраженного фиброза ЛП на эффективность операции «лабиринт» у пациентов с клапанной патологией и ФП была продемонстрирована в другом исследовании на основании данных 47 больных [38].

Вклад левого предсердия в функцию левого желудочка

М. Аккава и соавт. изучали взаимосвязь распространенности фиброза ЛП и фракции выброса ЛЖ [39]. В исследование были включены 384 пациента с ФП, которым провели МРТ сердца с контрастированием перед РЧА легочных вен. На основании степени распространенности фиброза были выделены четыре стадии: 1-я — менее 5% фиброза ЛП, 2-я — 5–20%, 3-я — 20,1–35%, 4-я — более 35%. Фракция выброса ЛЖ у пациентов с 1-й стадией фиброза ($p=24$) в среднем составила $60,5 \pm 8,5\%$, со 2-й стадией ($p=240$) — $55,7 \pm 10,3\%$, с 3-й стадией ($p=90$) — $51,7 \pm 11,5\%$, с 4-й ($p=30$) — $48,9 \pm 11,6\%$ ($p < 0,001$, односторонний ANOVA). При статистическом анализе полученных материалов была

выявлена отрицательная корреляция степени распространенности фиброза ЛП и фракции выброса ЛЖ ($p < 0,001$). Результаты данного исследования позволили предположить отрицательное влияние фиброза ЛП на фракцию выброса ЛЖ.

Л.Н. Жаакко и соавт. впервые показали возможность МРТ в оценке вклада ЛП в функцию ЛЖ [40]. Определенный с помощью МРТ объем кровотока через МК (5610 ± 620 мл/мин) достоверно не отличался от сердечного выброса, измеренного в восходящей аорте (5670 ± 590 мл/мин) или по данным МРТ в кинорежиме в ЛЖ (5440 ± 614 мл/мин). Вклад ЛП в сердечный выброс составил $25,9 \pm 7,5\%$. Впервые было продемонстрировано, что существует возможность использования МРТ для количественного измерения объема кровотока из ЛП в ЛЖ через МК.

Оценка вклада ЛП в функцию ЛЖ с помощью МРТ сердца с контрастированием была описана в 2013 г. Ch.C. Vu [41]. Он оценивался с помощью фазовых контрастных серий на МРТ. В исследование включили 39 пациентов, которых направили на МРТ сердца с контрастированием с целью изучения жизнеспособности миокарда ЛЖ и оценки функции ЛЖ. Средний возраст пациентов составил 56 ± 10 лет, из них 46% — женщины. У 59% (23 из 39) пациентов исследовательской группы в анамнезе присутствовала артериальная гипертензия и у 40% (16 из 39) — сахарный диабет и гипертрофия ЛЖ. Ученые изучали функцию ЛП: волна E — пассивное опустошение ЛП за счет диастолы ЛЖ, волна A — активное опустошение ЛП за счет его сокращения (рис. 2).

Фракция выброса ЛП оценивалась как отношение объема активного выброса ЛП к общему объему крови, поступающей из ЛП в ЛЖ. Также оценивались конечный диастолический и конечный систолический размеры ЛЖ. Митральная регургитация в зависимости от степени выраженности была классифицирована следующим образом: нет — 0, тривиальная — 1, мягкая — 2, умеренная — 3, тяжелая — 4. Размеры ЛП вычислялись в двухкамерной и четырехкамерной позициях.

Так, фракция выброса ЛП в среднем составила $22,9 \pm 14,5\%$. Средняя фракция выброса ЛЖ — $58 \pm 12\%$. Была выявлена значительная положительная корреляция между фракциями выброса ЛП и ЛЖ ($r=0,44$, $p < 0,01$). Степень митральной регургитации в среднем равнялась $1,1 \pm 1,0$, к тому же была отмечена обратная корреляция

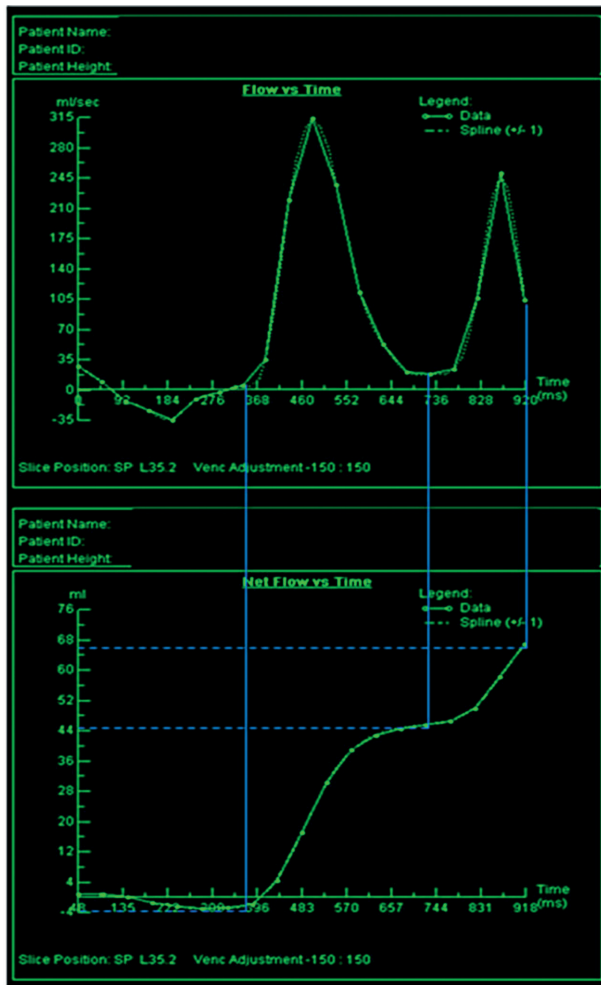


Рис. 2. Функция ЛП: волна E – пассивное опустошение ЛП за счет диастолы ЛЖ, волна A – активное опустошение ЛП за счет его сокращения

фракции выброса ЛП со степенью митральной регургитации ($r = -0,60$, $p < 0,01$). Объем ЛП в среднем составил $52,4 \pm 40,0$ мл, и его увеличение было связано с более низкой фракцией выброса ($r = -0,36$, $p = 0,02$).

Заключение

В настоящее время эффективное и безопасное выполнение эндоваскулярных и хирургических вмешательств при ФП невозможно без точных знаний о морфофункциональных особенностях ЛП, его ушка и легочных вен. Компьютерная и магнитно-резонансная томограммы при введении контрастного вещества позволяют с высокой точностью неинвазивным способом оценить функциональные и морфологические особенности ЛП у пациентов с ФП. Их высокая диагностическая информативность подтверждается тем, что линейные размеры ЛП и легочных вен, полученные с помощью КТ и МРТ, совпа-

дают с данными инвазивных методов исследования (внутрисердечная ЭхоКГ и венография), а фиброз ЛП подтверждается результатами гистологических анализов биопсий. Также методы КТ и МРТ используют для выявления тромбоза ушка ЛП, что дает возможность своевременно начать адекватную антикоагулянтную терапию, подобрать вид и размер устройства для эндоваскулярного закрытия ушка ЛП и запланировать его перевязку при выполнении операций на открытом сердце.

Активное развитие современных и усовершенствованных протоколов КТ и МРТ позволит с высокой точностью оценить анатомо-морфологические особенности и вклад ЛП в функцию ЛЖ у пациентов с ФП и, таким образом, помогут улучшить результаты хирургического лечения данной категории пациентов.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список

1. Стругинский А.В. Электрокардиограмма. Анализ и интерпретация. М.: МЕДпресс-информ; 2009: 123–224.
2. Friberg J., Buch P., Scharling H. et al. Rising rates of hospital admissions for atrial fibrillation. *Epidemiology*. 2003; 14 (6): 666–72.
3. Go A.S., Hylek E.M., Phillips K.A. et al. Prevalence of diagnosed atrial fibrillation in adults: national implications for rhythm management and stroke prevention: the Anticoagulation and Risk Factors in Atrial Fibrillation (ATRIA) Study. *JAMA*. 2001; 285 (18): 2370–5. DOI: 10.1001/jama.285.18.2370.
4. Stewart S., Hart C.L., Hole D.J. et al. Population prevalence, Incidence, and Predictors of Atrial Fibrillation in the Renfrew (Paisley) study. *Heart*. 2001; 86 (5): 516–21. DOI: 10.1136/heart.86.5.516.
5. Furberg C.D., Psaty B.M., Manolio T.A. et al. Prevalence of atrial fibrillation in elderly subjects (the Cardiovascular Health Study). *Am. J. Cardiol.* 1994; 74 (3): 236–41.
6. Lloyd-Jones D.M., Wang T.J., Leip E.P. et al. Lifetime risk for development of atrial fibrillation: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2004; 110 (9): 1042–6. DOI: 10.1161/01.CIR.0000140263.20897.42
7. Naccarelli G.V., Varker H., Lin J., Schulman K.L. Increasing prevalence of atrial fibrillation and flutter in the United States. *Am. J. Cardiol.* 2009; 104 (11): 1534–9. DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.07.022.
8. Rubin P., Simon R.I., Mann D.L., Fenton D.S. Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine, 2-Volume Set: Expert Consult Premium Edition – Enhanced Online Features and Print. Philadelphia: Saunders; 2011.
9. Дедов Д.В., Иванов А.П., Эльгард И.А. Риск рецидива фибрилляции предсердий у больных ишемической болезнью сердца и артериальной гипертензией по данным холтеровского мониторирования электрокардиограммы. *Вестник аритмологии*. 2010; 59: 27–32.
10. Marino P.L. The ICU Book. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2013: 909–13.
11. Cai H., Li Z., Goette A. et al. Downregulation of endocardial nitric oxide synthase expression and nitric oxide production in atrial fibrillation: potential mechanisms for atrial thrombosis and stroke. *Circulation*. 2002; 106 (22): 2854–8. DOI: 10.1161/01.CIR.0000039327.11661.16.

12. Peters D.C., Wylie J.V., Hauser T.H. et al. Detection of Pulmonary Vein and Left Atrial Scar after Catheter Ablation with Three-dimensional Navigator-gated Delayed Enhancement MR Imaging: Initial Experience. *Radiology*. 2007; 243 (3): 690–5. DOI: 10.1148/radiol.2433060417.
13. Глазкова Е.Ю., Александрова С.А., Громова О.И. и соавт. Компьютерная томография в оценке сложной морфологии ушка левого предсердия: клинический случай. *Креативная кардиология*. 2014; 4: 84–7.
14. Haissaguerre M., Jais P., Shah D.C. et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N. Engl. J. Med.* 1998; 339 (10): 659–66. DOI: 10.1056/NEJM199809033391003.
15. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation. *Circulation*. 2006; 114: 257–354. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.177292.
16. Wood M.A., Wittkamp M., Henry D. et al. A comparison of pulmonary vein ostial anatomy by computerized tomography, echocardiography, and venography in patients with atrial fibrillation having radiofrequency catheter ablation. *Am. J. Cardiol.* 2004; 93: 49–53. DOI: 10.1016/j.amjcard.2003.09.011.
17. Ревишвили А.Ш., Любкина Е.В., Торрес Дж. и соавт. Результаты интервенционного лечения различных форм фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии*. 2004; 1: 86–93.
18. Jongbloed M.R., Bax J.J., Lamb H.J. et al. Multislice computed tomography versus intracardiac echocardiography to evaluate the pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 45: 343–50. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.03.040.
19. Beinart R., Boyko V., Schwammenthal E. et al. Long-term prognostic significance of left atrial volume in acute myocardial infarction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2004; 44 (2): 327–34. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.03.062.
20. Mahabadi A., Lehmann N., Sonneck C. et al. Left atrial size quantification using non-contrast enhanced cardiac computed tomography – association with cardiovascular risk factors and gender-specific distribution in the general population: the Heinz Nixdorf Recall Study. *Acta Radiol.* 2013; 55 (8): 917–25. DOI: 10.1177/0284185113507446.
21. Rossi A., Cicoira M., Zanolla L. et al. Determinants and prognostic value of left atrial volume in patients with dilated cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 40 (8): 1425–30. DOI: 10.1016/S0735-1097(02)02305-7.
22. Tsang T.S., Barnes M.E., Bailey K.R. et al. Left atrial volume: important risk marker of incident atrial fibrillation in 1655 older men and women. *Mayo Clin. Proc.* 2001; 76 (5): 467–75. DOI: 10.4065/76.5.467.
23. Benjamin E.J., D'Agostino R.B., Belanger A.J. et al. Left atrial size and the risk of stroke and death: The Framingham Heart Study. *Circulation*. 1995; 92 (4): 835–41. DOI: 10.1161/01.CIR.92.4.835.
24. Osranek M., Bursi F., Bailey K.R. et al. Left atrial volume predicts cardiovascular events in patients originally diagnosed with lone atrial fibrillation: three decade follow up. *Eur. Heart J.* 2005; 26 (23): 2556–61. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi483.
25. Shin S.H., Park M.Y., Oh W.J. et al. Left atrial volume is a predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2008; 21 (6): 697–702. DOI: 10.1016/j.echo.2007.10.022.
26. Hof I., Chilukuri K., Arbab-Zadeh A. et al. Does left atrial volume and pulmonary venous anatomy predict the outcome of catheter ablation of atrial fibrillation? *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2009; 20 (9): 1005–1010. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2009.01504.x.
27. Abecasis J., Dourado R., Ferreira A. et al. Left atrial volume calculated by multi-detector computed tomography may predict successful pulmonary vein isolation in catheter ablation of atrial fibrillation. *Europace*. 2009; 11 (10): 1289–94. DOI: 10.1093/europace/eup198.
28. Бокерия Л.А., Иваницкий А.В., Ревишвили А.Ш. и соавт. Оценка анатомии левого предсердия у больных с фибрилляцией предсердий с помощью спиральной компьютерной ангиографии. *Progress in Biomedical Research*. 2001; 6: 43–7.
29. Romero J., Husain S., Kelesidis I. et al. Detection of left atrial appendage thrombus by cardiac computed tomography in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis. *Circ. Cardiovasc. Imaging*. 2013; 6 (2): 185–94. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.112.000153.
30. Бокерия Л.А., Макаренко В.Н., Александрова С.А., Глазкова Е.Ю. Диагностика тромбоза ушка левого предсердия методом мультidetекторной компьютерной томографии. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2010; 3: 4–7.
31. Юрпольская Л.А., Макаренко В.Н., Бокерия Л.А. Лучевая диагностика врожденных пороков сердца и сосудов. Этапы эволюции от классической рентгенологии до современных методов компьютерной томографии. *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Приложение*. 2007; 8 (2): 3–61.
32. Heist E.K., Refaat M., Danik S.B. et al. Analysis of the left atrial appendage by magnetic resonance angiography in patients with atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2006; 3 (11): 1313–8. DOI: 10.1016/j.hrthm.2006.07.022.
33. Barkhausen J., Hunold P., Eggebrecht H. et al. Detection and characterization of intracardiac thrombi on MR imaging. *Am. J. Roentgenol.* 2002; 179 (6): 1539–44.
34. Jeevanantham V., Ntim W., Navaneethan S. et al. Meta-analysis of the effect of radiofrequency catheter ablation on left atrial size, volumes and function in patients with atrial fibrillation. *Am. J. Cardiol.* 2010; 105 (9): 1317–26. DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.12.046.
35. Oakes R.S., Badger T.J., Kholmovski E.G. et al. Detection and quantification of left atrial structural remodeling with delayed-enhancement magnetic resonance imaging in patients with atrial fibrillation. *Circulation*. 2009; 119 (13): 1758–67. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.811877.
36. McGann C., Akoum N., Patel A. et al. Atrial fibrillation ablation outcome is predicted by left atrial remodeling on MRI. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2014; 7 (1): 23–30. DOI: 10.1161/CIRCEP.113.000689.
37. Marrouche N.F., Wilber D., Hindricks G. et al. Association of atrial tissue fibrosis identified by delayed enhancement MRI and atrial fibrillation catheter ablation. *JAMA*. 2014; 311 (5): 498–506. DOI: 10.1001/jama.2014.3.
38. Kainuma S., Masai T., Yoshitatsu M. et al. Advanced left-atrial fibrosis is associated with unsuccessful maze operation for valvular atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011; 40 (1): 61–9. DOI: 10.1016/j.ejcts.2010.11.008.
39. Akkaya M., Marrouche N., Higuchi K. et al. The degree of left atrial structural remodeling impacts left ventricular ejection fraction in patients with atrial fibrillation. *Turk. Kardiyol. Dern. Ars.* 2014; 42 (1): 11–9. DOI: 10.5543/tkda.2014.20726.
40. Hartiala J.J., Mostbeck G.H., Foster E. et al. Velocity-encoded cine MRI in the evaluation of left ventricular diastolic function: Measurement of mitral valve and pulmonary vein flow velocities and flow volume across the mitral valve. *Am. Heart J.* 1993; 125 (4): 1054–66. DOI: 10.1016/0002-8703(93)90114-O.
41. Vu Ch.C. The assessment of atrial function by velocity-encoded magnetic resonance imaging. *World J. Cardiovasc. Dis.* 2013; 3 (2): 18–24.

References

1. Strutynskiy A.V. Electrocardiogram. Analysis and interpretation. Moscow: MEDpress-inform; 2009: 123–224 (in Russian).
2. Friberg J., Buch P., Scharling H. et al. Rising rates of hospital admissions for atrial fibrillation. *Epidemiology*. 2003; 14 (6): 666–72.
3. Go A.S., Hylek E.M., Phillips K.A. et al. Prevalence of diagnosed atrial fibrillation in adults: national implications for rhythm management and stroke prevention: the Anticoagulation and Risk Factors in Atrial Fibrillation (ATRIA) Study. *JAMA*. 2001; 285 (18): 2370–5. DOI: 10.1001/jama.285.18.2370.
4. Stewart S., Hart C.L., Hole D.J. et al. Population prevalence, Incidence, and Predictors of Atrial Fibrillation in the Renfrew (Paisley study). *Heart*. 2001; 86 (5): 516–21. DOI: 10.1136/heart.86.5.516.
5. Furberg C.D., Psaty B.M., Manolio T.A. et al. Prevalence of atrial fibrillation in elderly subjects (the Cardiovascular Health Study). *Am. J. Cardiol.* 1994; 74 (3): 236–41.
6. Lloyd-Jones D.M., Wang T.J., Leip E.P. et al. Lifetime risk for development of atrial fibrillation: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2004; 110 (9): 1042–6. DOI: 10.1161/01.CIR.0000140263.20897.42

7. Naccarelli G.V., Varker H., Lin J., Schulman K.L. Increasing prevalence of atrial fibrillation and flutter in the United States. *Am. J. Cardiol.* 2009; 104 (11): 1534–9. DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.07.022.
8. Rubin P., Simon R.I., Mann D.L., Fenton D.S. Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine, 2-Volume Set: Expert Consult Premium Edition – Enhanced Online Features and Print. Philadelphia: Saunders; 2011.
9. Dedov D.V., Ivanov A.P., El'gard I.A. Risk of recurrence of fibrillation of auricles at patients with coronary heart disease and arterial hypertension according to Holter monitoring of the electrocardiogram. *Vestnik Aritmologii.* 2010; 59: 27–32 (in Russian).
10. Marino P.L. The ICU Book. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2013: 909–13.
11. Cai H., Li Z., Goette A. et al. Downregulation of endocardial nitric oxide synthase expression and nitric oxide production in atrial fibrillation: potential mechanisms for atrial thrombosis and stroke. *Circulation.* 2002; 106 (22): 2854–8. DOI: 10.1161/01.CIR.0000039327.11661.16.
12. Peters D.C., Wylie J.V., Hauser T.H. et al. Detection of Pulmonary Vein and Left Atrial Scar after Catheter Ablation with Three-dimensional Navigator-gated Delayed Enhancement MR Imaging: Initial Experience. *Radiology.* 2007; 243 (3): 690–5. DOI: 10.1148/radiol.2433060417.
13. Glazkova E.Yu., Aleksandrova S.A., Gromova O.I. et al. Computed tomography in the evaluation of the complex morphology of the left atrial appendage: a clinical case. *Kreativnaya Kardiologiya.* 2014; 4: 84–7 (in Russian).
14. Haissaguerre M., Jais P., Shah D.C. et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N. Engl. J. Med.* 1998; 339 (10): 659–66. DOI: 10.1056/NEJM199809033391003.
15. ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation. *Circulation.* 2006; 114: 257–354. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.177292.
16. Wood M.A., Wittkamp M., Henry D. et al. A comparison of pulmonary vein ostial anatomy by computerized tomography, echocardiography, and venography in patients with atrial fibrillation having radiofrequency catheter ablation. *Am. J. Cardiol.* 2004; 93: 49–53. DOI: 10.1016/j.amjcard.2003.09.011.
17. Revishvili A.Sh., Lyubkina E.V., Torres J. et al. Results of interventional treatment of different types of atrial fibrillation. *Annaly Aritmologii.* 2004; 1: 86–93 (in Russian).
18. Jongbloed M.R., Bax J.J., Lamb H.J. et al. Multislice computed tomography versus intracardiac echocardiography to evaluate the pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005; 45: 343–50. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.10.040.
19. Beinart R., Boyko V., Schwammenthal E. et al. Long-term prognostic significance of left atrial volume in acute myocardial infarction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2004; 44 (2): 327–34. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.03.062.
20. Mahabadi A., Lehmann N., Sonneck C. et al. Left atrial size quantification using non-contrast enhanced cardiac computed tomography – association with cardiovascular risk factors and gender-specific distribution in the general population: the Heinz Nixdorf Recall Study. *Acta Radiol.* 2013; 55 (8): 917–25. DOI: 10.1177/0284185113507446.
21. Rossi A., Ciccoira M., Zanolla L. et al. Determinants and prognostic value of left atrial volume in patients with dilated cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 40 (8): 1425–30. DOI: 10.1016/S0735-1097(02)02305-7.
22. Tsang T.S., Barnes M.E., Bailey K.R. et al. Left atrial volume: important risk marker of incident atrial fibrillation in 1655 older men and women. *Mayo Clin. Proc.* 2001; 76 (5): 467–75. DOI: 10.4065/76.5.467.
23. Benjamin E.J., D'Agostino R.B., Belanger A.J. et al. Left atrial size and the risk of stroke and death: The Framingham Heart Study. *Circulation.* 1995; 92 (4): 835–41. DOI: 10.1161/01.CIR.92.4.835.
24. Osranek M., Bursi F., Bailey K.R. et al. Left atrial volume predicts cardiovascular events in patients originally diagnosed with lone atrial fibrillation: three decade follow up. *Eur. Heart J.* 2005; 26 (23): 2556–61. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi483.
25. Shin S.H., Park M.Y., Oh W.J. et al. Left atrial volume is a predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2008; 21 (6): 697–702. DOI: 10.1016/j.echo.2007.10.022.
26. Hof I., Chilukuri K., Arbab-Zadeh A. et al. Does left atrial volume and pulmonary venous anatomy predict the outcome of catheter ablation of atrial fibrillation? *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2009; 20 (9): 1005–1010. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2009.01504.x.
27. Abecasis J., Dourado R., Ferreira A. et al. Left atrial volume calculated by multi-detector computed tomography may predict successful pulmonary vein isolation in catheter ablation of atrial fibrillation. *Europace.* 2009; 11 (10): 1289–94. DOI: 10.1093/europace/eup198.
28. Bockeria L.A., Ivanitskiy A.V., Revishvili A.Sh. et al. Assessment of the anatomy of the left atrium in patients with atrial fibrillation using spiral CT angiography. *Progress in Biomedical Research.* 2001; 6: 43–7 (in Russian).
29. Romero J., Husain S., Kelesidis I. et al. Detection of left atrial appendage thrombus by cardiac computed tomography in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2013; 6 (2): 185–94. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.112.000153.
30. Bockeria L.A., Makarenko V.N., Aleksandrova S.A., Glazkova E.Yu. Diagnosis of left atrial auricle thrombosis by multidetector computed tomography. *Grudnaya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 2010; 3: 4–7 (in Russian).
31. Yurpol'skaya L.A., Makarenko V.N., Bockeria L.A. Radiological diagnosis of congenital heart disease and blood vessels. The stages of evolution from classical to modern methods of radiology CT. *Byulleten' Nauchnogo Tsentra Serdechno-Sosudistoy Khirurgii imeni A.N. Bakuleva Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk. Prilozhenie.* 2007; 8 (2): 3–61 (in Russian).
32. Heist E.K., Refaat M., Danik S.B. et al. Analysis of the left atrial appendage by magnetic resonance angiography in patients with atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2006; 3 (11): 1313–8. DOI: 10.1016/j.hrthm.2006.07.022.
33. Barkhausen J., Hunold P., Eggebrecht H. et al. Detection and characterization of intracardiac thrombi on MR imaging. *Am. J. Roentgenol.* 2002; 179 (6): 1539–44.
34. Jeevanantham V., Ntim W., Navaneethan S. et al. Meta-analysis of the effect of radiofrequency catheter ablation on left atrial size, volumes and function in patients with atrial fibrillation. *Am. J. Cardiol.* 2010; 105 (9): 1317–26. DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.12.046.
35. Oakes R.S., Badger T.J., Kholmovski E.G. et al. Detection and quantification of left atrial structural remodeling with delayed-enhancement magnetic resonance imaging in patients with atrial fibrillation. *Circulation.* 2009; 119 (13): 1758–67. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.811877.
36. McGann C., Akoum N., Patel A. et al. Atrial fibrillation ablation outcome is predicted by left atrial remodeling on MRI. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2014; 7 (1): 23–30. DOI: 10.1161/CIRCEP.113.000689.
37. Marrouche N.F., Wilber D., Hindricks G. et al. Association of atrial tissue fibrosis identified by delayed enhancement MRI and atrial fibrillation catheter ablation. *JAMA.* 2014; 311 (5): 498–506. DOI: 10.1001/jama.2014.3.
38. Kainuma S., Masai T., Yoshitatsu M. et al. Advanced left-atrial fibrosis is associated with unsuccessful maze operation for valvular atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2011; 40 (1): 61–9. DOI: 10.1016/j.ejcts.2010.11.008.
39. Akkaya M., Marrouche N., Higuruchi K. et al. The degree of left atrial structural remodeling impacts left ventricular ejection fraction in patients with atrial fibrillation. *Turk. Kardiyol. Dern. Ars.* 2014; 42 (1): 11–9. DOI: 10.5543/tkda.2014.20726.
40. Hartiala J.J., Mostbeck G.H., Foster E. et al. Velocity-encoded cine MRI in the evaluation of left ventricular diastolic function: Measurement of mitral valve and pulmonary vein flow velocities and flow volume across the mitral valve. *Am. Heart J.* 1993; 125 (4): 1054–66. DOI: 10.1016/0002-8703(93)90114-O.
41. Vu Ch.C. The assessment of atrial function by velocity-encoded magnetic resonance imaging. *World J. Cardiovasc. Dis.* 2013; 3 (2): 18–24.

Поступила 17.12.2014 г.
Подписана в печать 29.12.2014 г.