

# ВЛИЯНИЕ РАДИОЧАСТОТНОЙ И КРИОБАЛЛОННОЙ КАТЕТЕРНОЙ АБЛАЦИИ НА ФУНКЦИЮ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ ПО ДАННЫМ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

\*В.И. Гурина – [ORCID: 0000-0002-1015-3890]

м.н.с.<sup>1</sup>

Е.В. Кондратьев – [ORCID: 0000-0001-7070-3391]

к.м.н., с.н.с.<sup>1</sup>

С.Т. Мацкеплишвили – [ORCID: 0000-0002-5670-167X]

д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, зам. директора по научной работе<sup>2</sup>

Г.Г. Кармазановский – [ORCID: 0000-0002-9357-0998]

д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, руководитель отдела лучевой диагностики<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России

117997 Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, 27

<sup>2</sup>Медицинский научно-образовательный центр МГУ им. М.В. Ломоносова

119234 Российская Федерация, г. Москва, Ломоносовский проспект, 27/10

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России

117997 Российская Федерация, г. Москва, ул. Островитянова, 1

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- фибрилляция предсердий
- левое предсердие
- мультиспиральная компьютерная томография
- радиочастотная катетерная абляция
- криобаллонная катетерная абляция

## АННОТАЦИЯ:

**Введение:** объемные показатели левого предсердия (ЛП) в разные фазы сердечного цикла могут быть использованы для оценки функции ЛП до и после катетерной абляции (КА). Увеличение фракции выброса (ФВ) ЛП может являться более ранним и чувствительным «индикатором» процесса обратного ремоделирования, чем объем ЛП и служить предиктором эффективности КА.

**Цель:** оценить волюметрические показатели и функции ЛП до и после выполнения крио- и радиочастотной катетерной абляции ЛВ у пациентов с пароксизмальной формой ФП.

**Материалы и методы:** в исследование были включены 21 пациент с пароксизмальной формой фибрилляции предсердий. Всем пациентам была проведена мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) легочных вен (ЛВ) и ЛП перед КА, и через 12±2 месяца после КА. Для оценки функции ЛП были использованы трехмерные модели в фазы сердечного цикла 0%, 40%, 75%.

**Результаты:** максимальный объем ЛП перед КА был незначительно больше в группе пациентов, с рецидивом КА (124,52±38,22 мл vs. 117,89±23,94 мл, p>0,05).

После КА, у пациентов, сохранивших синусовый ритм, объемы незначительно уменьшились (LA max 115,31±20,13мл, p>0,05, LA min 73,43±14,91 мл, p>0,05), при этом увеличились у пациентов с рецидивом ФП (LA max 130,88±25,20 мл, p<0,05, LA min до 94,92±31,75 мл, p<0,05). Общая фракция выброса ЛП была меньше в группе пациентов, сохранивших синусовый ритм (22,37%±4,69 vs. 31,31%±9,89, p=0,013), однако после КА она значительно увеличилась, при этом в группе пациентов с рецидивом ФП практически не изменилась (36,54%±3,27 vs. 28,89%±9,41, p=0,011).

**Заключение:** в группе пациентов, сохранивших синусовый ритм, отмечается улучшение механической функции левого предсердия. В группе пациентов с рецидивом фибрилляции предсердий значительных анатомических и функциональных изменений не выявлено.

**Для цитирования.** Гурина В.И., Кондратьев Е.В., Мацкеплишвили С.Т., Кармазановский Г.Г., «ВЛИЯНИЕ РАДИОЧАСТОТНОЙ И КРИОБАЛЛОННОЙ КАТЕТЕРНОЙ АБЛАЦИИ НА ФУНКЦИЮ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ ПО ДАННЫМ МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ». Ж. ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ И ИНТЕРВЕНЦИОННАЯ РАДИОЛОГИЯ, 2021; 15(1):9–18

# THE IMPACT OF RADIOFREQUENCY AND CRYOBALLOON CATHETER ABLATION ON THE LEFT ATRIAL FUNCTION IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION ON DATA MULTIDETECTOR COMPUTED TOMOGRAPHY

\*Gurina V.I. – [ORCID: 0000-0002-1015-3890]

MD<sup>1</sup>

Kondratyev E.V. – [ORCID: 0000-0001-7070-3391]

MD, PhD<sup>1</sup>

Matskeplishvili S.T. – [ORCID: 0000-0002-5670-167X]

MD, PhD, corresponding member of RAS<sup>2</sup>

Karmazanovsky G.G. – [ORCID: 0000-0002-9357-0998]

MD, PhD, corresponding member of RAS<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery

27, Bol'shaya Serpukhovskaya str., Moscow, Russian Federation, 117997

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University Clinic Medical Research and Educational Center

27/10, Lomonosovskiy Prospekt, Moscow, Russian Federation, 119234

<sup>3</sup>Pirogov Russian National Research Medical University

1, Ostrovityanova str., Moscow, Russian Federation, 117997

## KEY-WORDS:

- atrial fibrillation
- left atrium
- multidetector computed tomography
- radiofrequency catheter ablation
- cryoballoon catheter ablation

## ABSTRACT:

**Introduction:** left atrial (LA) volumes measured during different phases of the cardiac cycle can be used for the evaluation of the LA functional properties before and after catheter ablation (CA). Increase of LA ejection fraction (EF) supposed to be early and more sensitive marker of LA reverse remodeling process, than LA volume and can be important for assessing the effectiveness of CA.

**Aim:** was to estimate volumetric parameters and function of LV before and after cryo- and radiofrequency catheter ablation of pulmonary veins in patients with paroxysmal atrial fibrillation.

**Materials and methods:** 21 patients with paroxysmal atrial fibrillation (AF) were included in study. All patients underwent multidetector computed tomography (MDCT) of pulmonary veins (PV) and LA before CA and 12±2 months after CA. 3-dimensional images at phases 0%, 40%, 75% of the cardiac cycle were used to assess LA functional properties.

**Results:** LA maximal volume before CA was increased insignificantly in patients with AF recurrence (124,52±38,22 ml vs. 117,89±23,94 ml, p>0,05).

In patients without recurrence after CA, LA volumes decreased slightly (LA max 115,31±20,13 ml, p>0,05, LA min 73,43±14,91 ml, p>0,05), while in patients with recurrence increased (LA max 130,88±25,20 ml, p<0,05, LA min to 94,92±31,75 ml, p<0,05). Global LA ejection fraction was less in patients without recurrence before CA (22,37%±4,69 vs. 31,31%±9,89, p=0,013), but increased significantly after CA, while in patients with recurrence global LA EF was without relevant changes (36,54%±3,27 vs. 28,89%±9,41, p=0,011).

**Conclusion:** improved left atrial mechanical function was demonstrated in patients without any recurrence after ablation. The anatomic and functional reverse remodeling was not significant in patients with atrial fibrillation recurrence.

## Введение

В клинической практике фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенным нарушением ритма сердца. Увеличение доли пожилых людей в общей популяции населения, растущее количество хронических сердечно-сосудистых заболеваний, а также появляющиеся новые диагностические возможности способствуют повышению частоты выявления этой формы аритмии [1].

На сегодняшний день катетерная абляция (КА) ФП с полной электрической изоляцией легочных вен (ЛВ) является эффективной методикой восстановления синусового ритма для определенных групп пациентов. Катетерная абляция рекомендована в качестве тера-

пии контроля ритма пациентам с пароксизмальной формой ФП при невосприимчивости или непереносимости антиаритмических препаратов I и III классов (класс рекомендаций I, уровень доказательности A).

Катетерная абляция может быть использована в качестве терапии первой линии у пациентов с симптоматической пароксизмальной формой ФП (класс рекомендаций IIa, уровень доказательности B), как альтернатива антиаритмическим препаратам I и III класса, при согласовании с пациентом и после оценки факторов риска [2].

Конечной точкой КА является достижение полной электрической изоляции ЛВ от окружающего миокарда, за

счет формирования повреждений вокруг их устьев посредством последовательного точечного нанесения радиочастотных импульсов, или с использованием катетеров для одномоментной круговой абляции [3,4].

Радиочастотная абляция (РЧА) является наиболее используемой техникой изоляции легочных вен, эффективность которой составляет до 80% [5].

Радиочастотное воздействие проводится с энергией от 30 до 50 Вт, и температуре от 40 до 60 °С, создавая повреждение тканей с последующим образованием некроза на глубину 3-5 мм. Наиболее распространенным альтернативным источником энергии является криобаллонная абляция [4].

Ряд исследований были направлены на сравнение последовательной поточечной РЧА с одномоментной криобаллонной абляцией [6].

Исследование FIRE AND ICE показало, что в качестве терапии ФП, рефрактерной к медикаментозной терапии, изоляция ЛВ посредством криобаллонной абляции не уступает по эффективности и безопасности абляции с использованием энергии радиочастотного импульса. За время наблюдения, свобода от аритмии и частота осложнений при обеих техниках приблизительно сопоставимы. При проведении криобаллонной абляции, общая длительность процедуры незначительно меньше, однако более продолжительное время флюороскопии [7].

Выбор источника энергии может зависеть от оборудования клиники, предпочтений или опыта хирурга, а также выбора пациента.

Патологическим процессом, сопровождающим течение аритмии, является механическое ремоделирование ЛП, которое проявляется себя снижением сократительной функции и увеличением растяжимости миокарда, что приводит к увеличению полости ЛП [8]. Увеличение объема ЛП сопряжено с наличием фибрилляций предсердий как у пациентов со структурными заболеваниями сердца, так и с изолированной ФП, что свидетельствует о том, что это анатомическое изменение является субстратом для развития аритмии и ее поддержания [9].

Своевременное вмешательство может предотвратить дальнейшее развитие, и, вероятно, запустить процесс обратного ремоделирования, с последующим уменьшением полости ЛП и улучшением его функции.

В связи с этим, кроме сравнения клинических исходов методик хирургического лечения ФП, важной задачей является оценка морфологических изменений ЛП в послеоперационном периоде, в частности изменений его волюметрических показателей, с последующим анализом и оценкой функции.

Уменьшение объема ЛП, который является «индикатором» процесса обратного ремоделирования миокарда после проведения КА, при восстановлении и удержании синусового ритма, описано в литературе как по данным эхокардиографии [10], так и по результатам

мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с контрастным усилением [11].

Измерение объемных показателей ЛП в разные фазы сердечного цикла, и их сравнение, могут быть использованы для оценки функции ЛП в до- и послеоперационном периоде.

Максимальное наполнение ЛП (LAm<sub>ax</sub>) происходит перед открытием митрального клапана (МК), что соответствует 40% интервала R-R сердечного цикла. Минимальный объем ЛП (LV<sub>min</sub>), перед закрытием МК, соответствует 0% интервала R-R сердечного цикла.

- Общая фракция выброса (ФВ) ЛП является отражением его функции, ФВ ЛП может быть рассчитана как  $(LAm_{ax}-LAm_{in})/LAm_{ax}$ ;
- Эластичность камеры ЛП отражает ее резервуарную функцию, которая может быть рассчитана по формуле  $(LAm_{ax}-LAm_{in})/LAm_{in}$ ;
- Фракция пассивного опорожнения ЛП или кондуктантная функция может быть рассчитана с использованием средне-диастолического объема ЛП (LAP<sub>reA</sub>), соответствующий началу зубца Р или 75% интервала R-R сердечного цикла  $(LAm_{ax}-LAP_{reA})/LAm_{ax}$ ;
- Фракция активного опорожнения ЛП, характеризующая сократительную способность ЛП равна  $(LAP_{reA}-LAm_{in})/LAP_{reA}$  [12,13].

На данный момент не существует общепринятых рекомендаций по оценке процесса ремоделирования ЛП. Нарушение синхронной механической активности предсердий на фоне ФП приводит к снижению функции ЛП. Таким образом, при устранении аритмии восстановление фракции выброса (ФВ) ЛП также может являться более ранним и чувствительным «индикатором» процесса обратного ремоделирования, чем объем ЛП. При этом, отсутствие положительной динамики в послеоперационном периоде, может служить предиктором рецидива ФП.

Учитывая асимметричную структуру ЛП, МСКТ с контрастным усилением и последующей мультипланарной реконструкцией позволяет получить четкое представление об особенностях анатомии ЛП, в частности изучить и сравнить его волюметрические показатели и функцию в до- и послеоперационном периоде у пациентов после РЧА и криобаллонной КА.

Целью данного исследования являлась оценка волюметрических показателей и функции ЛП до и после выполнения крио- и радиочастотной катетерной абляции ЛВ у пациентов с пароксизмальной формой ФП.

## Материалы и методы

В исследование были включены 21 пациент с симптоматической пароксизмальной формой ФП, резистентной к медикаментозной терапии. Критериями исключения являлись постоянная форма ФП, выраженные патологии клапанного аппарата, наличие внутрисердечных тромбов, врожденные пороки сердца, тяжелая

застойная сердечная недостаточность. Пациенты были разделены на 2 группы в зависимости наличия синусового ритма при контрольном исследовании.

У 16 пациентов диагностирована артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца в анамнезе у 10 пациентов, 2 пациента перенесли инсульт или транзиторную ишемическую атаку. Из них 12 пациентов были направлены на криобаллонную абляцию легочных вен, 9 пациентов рекомендованы для проведения РЧА ЛВ. Были проведены сбор анамнеза, физикальное обследование пациентов, эхокардиография, для оценки структурных изменений сердца, также чреспищеводная эхокардиография, для исключения тромбообразования в полости ЛП.

У всех пациентов наблюдалась сохранная функция левого желудочка (фракция выброса  $61,2 \pm 6,6\%$ ). Пациенты получали антиаритмическую и пероральную антикоагулянтную терапию. Первое компьютерно-томографическое (КТ) исследование было проведено всем пациентам в рамках подготовки к катетерной абляции ЛВ непосредственно перед вмешательством.

Повторное КТ исследование выполнялось спустя  $12 \pm 2$  месяцев после катетерной абляции.

В обоих наблюдениях КТ проводилась по стандартному протоколу. При контрольном обследовании, в зависимости от сохранения синусового ритма, пациенты были разделены на 2 группы.

**Методика выполнения МСКТ с контрастным усилением**

МСКТ с контрастным усилением и ретроспективной ЭКГ синхронизацией было выполнено на компьютерном томографе Philips Ingenuity Core 64.

Исследование проведено со следующими параметрами сканирования: напряжение рентгеновской трубки 120 кВ. Сила тока на рентгеновской трубке устанавливалась автоматически с использованием программы DoseRight, коллимация  $64 \times 0,625$  мм, скорость вращения трубки 0,4 сек, питч 0,2, толщина среза 0,9 мм, инкремент реконструкции 0,45 мм.

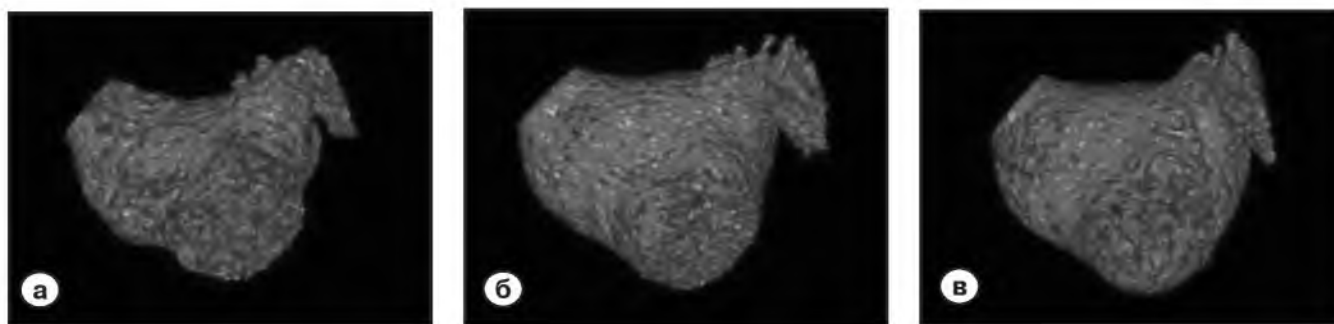
Для внутривенного введения контрастного вещества с помощью автоматического инжектора OptiVantage DH

со скоростью 4 мл/сек были использованы контрастные вещества Ультравист с концентрацией йода 370 мг/мл и Оптирей с концентрацией йода 350 мг/мл из расчета 1,2 мл на 1 кг массы тела пациента. За болюсом контрастного вещества вводился болюс физиологического раствора со скоростью 4 мл/сек. Сканирование проводилось на вдохе, в кранио-каудальном направлении от дуги аорты до диафрагмы. Во всех наблюдениях сканирование начиналось с минимальной задержкой, по достижению порогового значения плотности 150 HU в восходящем отделе аорты.

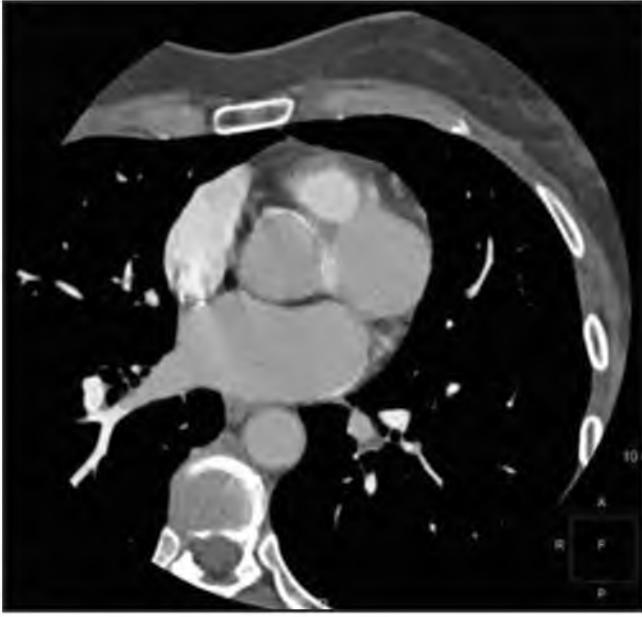
Объем ЛП измерялся в систолу желудочков (0% интервала R-R сердечного цикла), в диастолу желудочков, перед открытием митрального клапана (40% интервала R-R сердечного цикла), в начале систолы предсердий (75% интервала R-R сердечного цикла) посредством автоматической реконструкции с использованием приложения EP (Electrophysiological planning) на рабочей станции Intellispace Portal (Philips Medical Systems) (рис. 1). После автоматического определения границ ЛП по эндокардиальному контуру (рис. 2), была произведена проверка, с последующей корректировкой границ и отсечением легочных вен вручную. Всем пациентам выполнялось двухфазное сканирование с отсроченной фазой через 90 секунд.

Общая ФВ ЛП была рассчитана с использованием максимального (начало протодиастолы желудочков перед открытием митрального клапана) и минимального объемов (начало систолы желудочков) ЛП. Фракцию пассивного опорожнения вычисляли на основании максимального объема ЛП (начало протодиастолы желудочков) и объема ЛП в начале систолы предсердий. Дополнительно выполнены реконструкции в фазы 0% и 10% интервала R-R сердечного цикла до и после КА, что позволило оценить минимальный объем ЛП в конце систолы предсердий и фракцию активного опорожнения ЛП.

В группах пациентов проведено сравнение полученных значений объема ЛП, индексированного объема ЛП, а также пассивная и активная ФВ ЛП в до- и послеоперационном периоде катетерной абляции.



**Рис. 1.** Трехмерная реконструкция левого предсердия, легочные вены исключены.  
 а – объем левого предсердия в фазу 0% интервала сердечного цикла, соответствует минимальному объему;  
 б – объем левого предсердия в фазу 40% интервала сердечного цикла, соответствует максимальному объему;  
 в – объем левого предсердия в фазу 75% интервала сердечного цикла.



**Рис. 2.** Автоматическое определение границ левого предсердия по эндокардиальному контуру. Левое предсердие окрашено в фиолетовый цвет.

#### Методика выполнения катетерной абляции

Криобаллонная абляция проводилась под комбинированной анестезией. Выполняли пункцию правой бедренной вены с последующей установкой интродьюсера Flex Cath Advance. Трансептальная пункция выполнялась под УЗИ-контролем внутрисердечного ультразвукового датчика (Acsonav). После доступа в левое предсердие проводилась антикоагулянтная терапия гепарином из расчета 100 ед/кг массы тела. Через интродьюсер в полость левого предсердия проводился криобаллонный катетер Arctic Front Advance™. Через катетер Arctic Front Advance™ вводился диагностический катетер The Achieve™, с помощью которого катетеризировались легочные вены. После позиционирования и раздувания баллона в устье ЛВ выполнялось контрастирование, при котором оценивалась плотность окклюзии устья баллоном. Аппликация проводилась на протяжении 180-240 сек. Температура воздействия варьировала от -40 до -50 °С. Исчезновение спайковой активности являлось индикатором успешной электрической изоляции легочных вен.

РЧА выполнялась под комбинированной анестезией с доступом через бедренную вену. К пациенту подключалась система навигационного картирования AstroCard. Трансептальная пункция выполнялась иглой Brokenbrough (Medtronic) под флюороскопическим контролем. Через интродьюсеры Fast-Cath 8,5F SR0 (St. Jude), установленные в бедренной вене, в ЛП проведены управляемый орошаемый абляционный электрод Thermocool catheter (Biosense Webster) и диагностический катетер Lasso 25/15 (Biosense Webster). С помощью системы навигационного картирования AstroCard выполнялась объемная

реконструкция ЛП с построением вольтажной карты. В дальнейшем поочередно производилась изоляция ЛВ до исчезновения потенциалов. Клинический успех процедуры оценивался по данным суточного мониторирования по холтеру, электрокардиографии, а также на основании субъективной симптоматики у пациентов спустя 12±2 месяцев. Всем пациентам была проведена повторная МСКТ ЛВ с контрастным усилением.

#### Результаты

В рамках подготовки к катетерной абляции были обследованы 21 пациент с пароксизмальной формой ФП. На момент наблюдения синусовый ритм сохранился у 15 пациентов, у 6 пациентов отмечался рецидив ФП по данным холтеровского мониторирования ЭКГ и на основании субъективной симптоматики.

##### Группа пациентов, сохранивших синусовый ритм

В предоперационном периоде, у пациентов, сохранивших синусовый ритм, максимальный и индексированный максимальный объем ЛП составили 117,89±23,94 мл и 58,56±11,28 мл/м<sup>2</sup> соответственно.

Минимальный и индексированный минимальный объем ЛП составили 92,06±20,33 мл и 42,82±14,86 мл/м<sup>2</sup>.

В послеоперационном периоде максимальные объемные значения составили 115,31±20,13 мл и 57,60±10,70 мл/м<sup>2</sup>. Минимальные объемные значения составили 73,43±14,91 мл и 36,67±7,68 м<sup>2</sup>.

Рассчитанная пассивная ФВ ЛП в предоперационном периоде была 13,89±5,07%, в послеоперационном периоде 14,50±3,6%.

Рассчитанная активная ФВ ЛП в предоперационном периоде составила 10,15±2,01%, в послеоперационном периоде 25,40±3,02%.

Общая ФВ ЛП составила 22,37±4,69% до операции, и 36,54±3,27% после КА.

##### Группа пациентов с рецидивом аритмии

У пациентов с рецидивом аритмии после КА максимальный и индексированный максимальный объем ЛП перед операцией составили 124,52±38,22 мл и 61,02±18,79 мл/м<sup>2</sup> соответственно.

Минимальный и индексированный минимальный объем ЛП составили 88,47±39,01 мл и 43,35±19,46 мл/м<sup>2</sup>.

В послеоперационном периоде максимальный объем ЛП составил 130,88±25,20 мл и индексированный максимальный объем 64,80±14,87 мл/м<sup>2</sup>.

Минимальные объемные значения составили 94,92±31,75 мл и 47,16±17,19 м<sup>2</sup>.

Рассчитанная пассивная ФВ ЛП в предоперационном периоде была 17,29±6,39%, в послеоперационном периоде 15,25±6,68%.

Рассчитанная активная ФВ ЛП в предоперационном периоде составила 17,24±6,55%, в послеоперационном периоде 16,28±6,08%.

Общая ФВ ЛП составила 31,31±9,89% до операции, и 28,89±9,41% после катетерной абляции.

### Обсуждение

По данным нашего исследования, максимальный объем ЛП в двух группах пациентов значимо не отличался, однако в группе с рецидивом ФП наблюдалась тенденция к его увеличению, по сравнению с пациентами, сохранившими синусовый ритм (124,52±38,22 мл vs. 117,89±23,94 мл, P>0,05).

В послеоперационном периоде, в группе пациентов с СР наблюдалось незначительное уменьшение максимального объема ЛП до (115,31±20,13мл, p>0,05) и индексированного максимального объема ЛП (57,60±10,70 мл/м<sup>2</sup>), в то время как у пациентов с ФП отмечалось отчетливое увеличение объемных показателей (130,88±25,20 мл, p<0,05, V индексированный 64,80±14,87 мл/м<sup>2</sup>) (диаг. 1).

При этом, минимальный объем ЛП перед операцией в группе пациентов, сохранивших СР и в группе пациентов с рецидивом ФП значительно не отличался, (92,06±20,33 мл vs. 88,47±39,01 мл, p>0,05, V индексированный 42,82±14,86 мл/м<sup>2</sup> vs. 43,35±19,46 мл/м<sup>2</sup>). После КА наблюдалось выраженное уменьшение минимального объема у пациентов с СР до 73,43±14,91 мл (p<0,05) (V индексированный 36,67±7,68 мл/м<sup>2</sup>). У пациентов с рецидивом аритмии объем ЛП несколько увеличился до 94,92±31,75 мл (p>0,05) (V индексированный 47,16±17,19 мл/м<sup>2</sup>) (диаг. 2).

Общая ФВ ЛП в предоперационном периоде была ниже в группе пациентов сохранивших синусовый ритм после операции (22,37%±4,69 vs. 31,31%±9,89, p=0,013).

Пассивная ФВ ЛП в предоперационном периоде также была ниже в группе пациентов, впоследствии

сохранивших синусовый ритм (13,89±5,07% vs. 17,29±6,39%, p=0,212).

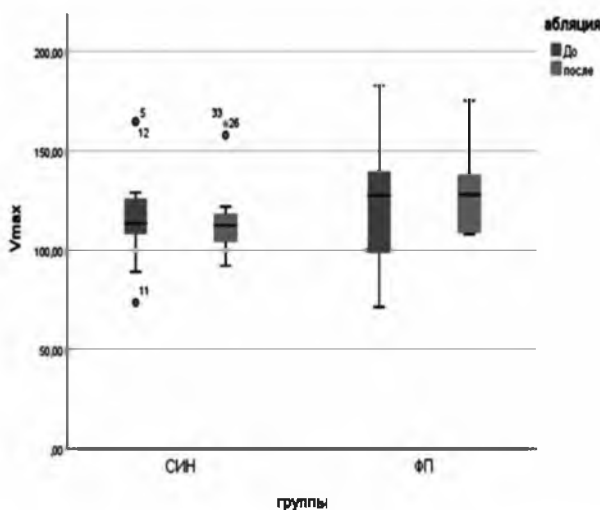
В послеоперационном периоде, значительных изменений пассивной ФВ в двух группах не наблюдалось, однако в группе пациентов, сохранивших СР отмечалась тенденция к ее увеличению (14,50±3,60%, p>0,05), в то время как у пациентов с рецидивом ФП пассивная ФВ несколько снизилась (15,25±6,68%, p>0,05).

Активная ФВ ЛП так же изначально была ниже в группе пациентов, сохранивших СР (10,15±2,01% vs. 17,24±6,55%, p=0,01), однако в послеоперационном периоде отмечен значительный прирост активной ФВ у пациентов с нормальным ритмом, в то время как в группе пациентов с рецидивом ФП, активная ФВ практически не изменилась (25,40±3,02% vs. 16,28±6,08%, p<0,05).

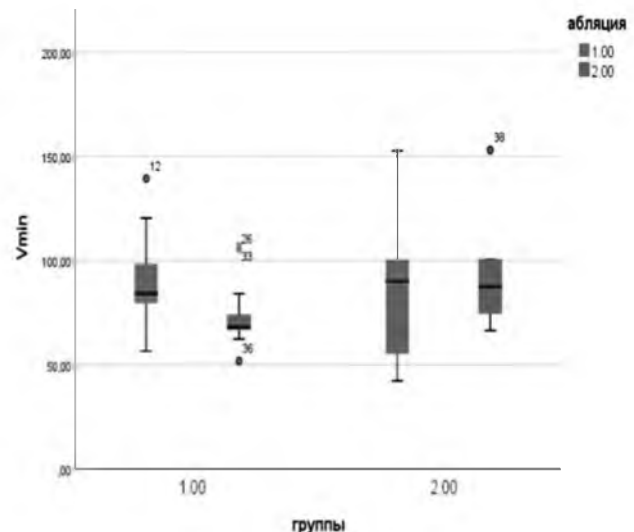
Таким образом, в послеоперационном периоде наблюдалось повышение общей ФВ ЛП, преимущественно за счет ее активной фазы, в группе пациентов, сохранивших синусовый ритм, в то время как у пациентов с рецидивом ФП, общая ФВ осталась без значительных изменений (36,54%±3,27 vs. 28,89%±9,41, p=0,011) (диаг. 3).

Данное исследование было направлено на оценку и сравнение волюметрических показателей и функции ЛП в разные фазы сердечного цикла до и после катетерной абляции.

Основным выводом проведенного исследования является то, что увеличение ФВ ЛП у пациентов в послеоперационном периоде КА, при сохранении синусового ритма, происходит преимущественно за счет активной фазы.



Диаг. 1. Среднее распределение максимального объема левого предсердия в группе пациентов с сохраненным синусовым ритмом и рецидивом фибрилляции предсердия до и после катетерной абляции.



Диаг. 2. Среднее распределение минимального объема левого предсердия в группе пациентов с сохраненным синусовым ритмом и рецидивом фибрилляции предсердия до и после катетерной абляции.

В ранее проведенных исследованиях, объем ЛП был изучен с точки зрения его значимости для клинических исходов катетерной абляции.

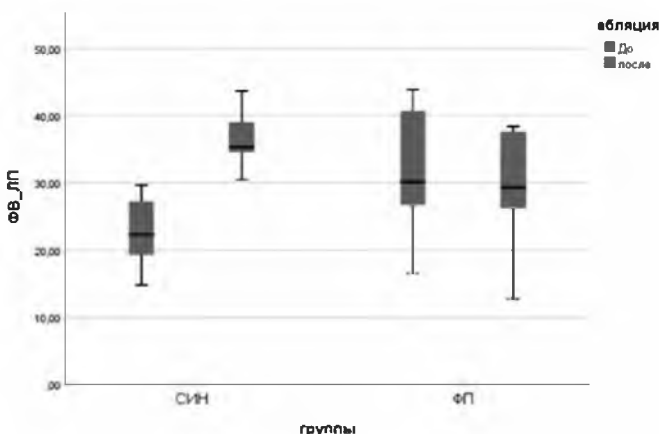
Значительная дилатация ЛП была использована для оценки выраженности ремоделирования ЛП, степень которого снижает эффективность КА и являлась наиболее значимым диагностическим предиктором рецидива ФП [14].

Для оценки размера ЛП в клинической практике, эхокардиография является наиболее доступным методом, однако при сравнении значений, полученных посредством эхокардиографии и МСКТ, подтверждено, что полученные данные хоть и хорошо коррелирует друг с другом, эхокардиография демонстрирует значения на порядок меньше реальных показателей, что может быть связано с несимметричным строением ЛП [15,16].

В исследовании Hof I. и соавт. (2009), проводилась оценка максимального объема ЛП в качестве предиктора рецидива ФП после катетерной абляции.

Группа исследования включала, как пациентов с пароксизмальной формой ФП, так и с персистирующей. Аналогично результатам нашего исследования, было отмечено, что при увеличении объема ЛП, снижалась эффективность проведенной КА, особенно в группе пациентов с пароксизмальной формой ФП. Волюметрические значения близко сопоставимы с полученными нами [17].

По данным исследования Abecasis J. и соавт. (2009), увеличенный объем ЛП (более 145 мл) являлся более достоверным предиктором рецидива ФП после КА, чем возраст, пол, ИМТ и тип ФП. Данное исследование включало пациентов, как с пароксизмальной так и с персистирующей формой ФП [18].



**Диаг. 3.** Среднее распределение значений фракции выброса левого предсердия в группе пациентов с сохраненным синусовым ритмом и рецидивом фибрилляции предсердия до и после катетерной абляции.

Аналогично в исследовании Amin V. и соавт., при оценке объемных показателей в группе пациентов с пароксизмальной формой ФП, увеличенные как систолический, так и диастолический объемы также были ассоциированы с менее благоприятным клиническим течением в послеоперационном периоде и более высокой вероятностью рецидива [19].

Lemola K. и соавт. (2004), было проведено сравнение объемных показателей ЛП до и после КА абляции у пациентов с пароксизмальной формой ФП, сохранивших синусовый ритм. В отличие от наших результатов, когда наблюдалось уменьшение только минимального объема, у пациентов в данном исследовании отмечалось значительное снижение как максимального, так и минимального объемов ЛП.

Однако, отмечено снижение ФВ ЛП, что могло быть обусловлено проведением расширенной КА в большинстве наблюдениях с созданием дополнительных линий изоляции и более обширными рубцовыми повреждениями [20]. Исследование Park M.J. и соавт. (2012), было направлено на оценку не только объемных показателей ЛП, но также его функции в группах пациентов с пароксизмальной, персистирующей ФП и в контрольной группе. Результаты подтвердили, что увеличение объема ЛП в каждой из групп было ассоциировано со снижением его общей ФВ, что коррелирует с результатами нашего исследования в послеоперационном периоде, где при увеличении объемных значений в группе с рецидивом ФП, наблюдалась тенденция к снижению ФВ ЛП [21].

Оценка функции ЛП по данным литературы производилась преимущественно на основании общей ФВ ЛП, без определения каждой фазы опорожнения.

Так исследование функции ЛП в небольшой группе пациентов с пароксизмальной формой ФП продемонстрировало, что общая ФВ ЛП после проведенной катетерной абляции была ниже, чем до вмешательства, даже при сохранении синусового ритма. При этом общая ФВ у пациентов с ФП была ниже, чем у контрольной группы пациентов без нарушений ритма в анамнезе, как до, так и после катетерной абляции.

По мнению авторов, это может быть связано с методикой выполнения и обширными фиброзными изменениями после выполнения расширенной КА, в то время как в нашем исследовании в большинстве наблюдениях выполнялась только изоляция устьев ЛВ [22].

Однако в другом исследовании, были продемонстрированы данные, аналогичные нашим. Отмечалось сохранение и увеличение общей ФВ ЛП у пациентов при сохранении синусового ритма, и уменьшение ее при рецидиве аритмии. Однако, при этом у пациентов обеих групп наблюдалось сокращение среднего максимального объема ЛП, независимо от исхода катетерной абляции, но лишь в группе с успешным клиническим исходом отмечено уменьшение среднего минимального объема ЛП, что непосредственно являлось причиной увеличения общей ФВ [23].



## Заключение

Использование волюметрических показателей левого предсердия, полученных по данным мультиспиральной компьютерной томографии с контрастным усилением позволяет произвести оценку функции левого предсердия в разные фазы сердечного цикла.

После проведенной катетерной абляции, у пациентов, сохранивших синусовый ритм наблюдалось незначительное уменьшение максимального объема левого предсердия, общего и индексированного, и выраженное уменьшение минимального объема левого предсердия, общего и индексированного.

При этом, в группе пациентов с рецидивом фибрилля-

ции предсердий, происходит увеличение объема левого предсердия, как минимального, так и максимального.

Пассивная фракция выброса в группе пациентов с синусовым ритмом выросла незначительно, однако произошло отчетливое увеличение активной фракции выброса.

В группе пациентов с рецидивом фибрилляции предсердий, фракция выброса как активная, так и пассивная без значимой динамики.

Общая фракция выброса, соответственно, увеличилась у пациентов с сохранным синусовым ритмом, у пациентов с рецидивом аритмии не изменилась. ■

## Список литературы

1. Lippi G., Sanchis-Gomar F., Cervellin G. Global epidemiology of atrial fibrillation: An increasing epidemic and public health challenge. *Int J Stroke*. 2021; 16(2): 217-221.

<https://doi.org/10.1177/1747493019897870>

2. Hindricks G., Potpara T., Dagres N., et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*. 2021; 42(5): 373-498.

<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>

3. Hindricks G., Sepehri Shamloo A., Lenarczyk R., et al. Catheter ablation of atrial fibrillation: current status, techniques, outcomes and challenges. *Kardiol Pol*. 2018; 76(12): 1680-1686.

<https://doi.org/10.5603/KP.a2018.0216>

4. Артюхина Е.А., Ревшвили А.Ш. Новые технологии в лечении нарушений ритма сердца. *Высокотехнолог. медицина*. 2017; 1:7-15

5. Darby A.E. Recurrent Atrial Fibrillation After Catheter Ablation: Considerations For Repeat Ablation And Strategies To Optimize Success. *J Atr Fibrillation*. 2016; 9(1): 1427.

<https://doi.org/10.4022/jafib.1427>

6. Murray M.I., Arnold A., Younis M., et al. Cryoballoon versus radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Res Cardiol*. 2018; 107(8): 658-669.

<https://doi.org/10.1007/s00392-018-1232-4>

7. Kuck K.H., Brugada J., Fürnkranz A., et al. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2016; 374(23): 2235-2245.

<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1602014>

8. Mathew S.T., Patel J., Joseph S., et al. Atrial fibrilla-

tion: mechanistic insights and treatment options. *Eur J Intern Med*. 2009; 20(7): 672-81.

<https://doi.org/10.1016/j.ejim.2009.07.011>

9. Vasamreddy C.R., Lickfett L., Jayam V.K., et al. Predictors of recurrence following catheter ablation of atrial fibrillation using an irrigated-tip ablation catheter. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2004; 15(6): 692-697.

<https://doi.org/10.1046/j.1540-8167.2004.03538.x>

10. Tops L.F., Bax J.J., Zeppenfeld K., et al. Effect of radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation on left atrial cavity size. *Am J Cardiol*. 2006; 97(8): 1220-1222.

<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.11.043>

11. Tsao H.M., Hu W.C., Wu M.H., et al. The impact of catheter ablation on the dynamic function of the left atrium in patients with atrial fibrillation: insights from four-dimensional computed tomographic images. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2010; 21(3): 270-277.

<https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2009.01618.x>

12. Abhayaratna W.P., Seward J.B., Appleton C.P., et al. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications. *J Am Coll Cardiol*. 2006; 47(12): 2357-2363.

<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.02.048>

13. Hoit B.D. Left atrial size and function: role in prognosis. *J Am Coll Cardiol*. 2014; 63(6): 493-505.

<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.10.055>

14. Costa F.M., Ferreira A.M., Oliveira S., et al. Left atrial volume is more important than the type of atrial fibrillation in predicting the long-term success of catheter ablation. *Int J Cardiol*. 2015; 184: 56-61.

<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.01.060>

15. Avelar E., Durst R., Rosito G.A., et al. Comparison of the accuracy of multidetector computed tomography versus two-dimensional echocardiography to measure left



atrial volume. *Am J Cardiol.* 2010; 106(1): 104-109.  
<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.02.021>

16. Kühn J.T., Lønborg J., Fuchs A., et al. Assessment of left atrial volume and function: a comparative study between echocardiography, magnetic resonance imaging and multi slice computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2012; 28(5): 1061-1071.  
<https://doi.org/10.1007/s10554-011-9930-2>

17. 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.  
<https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2009.01504.x>

18. 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): 1289-1294.  
<https://doi.org/10.1093/europace/eup198>

19. Amin V., Finkel J., Halpern E., et al. Impact of left atrial volume on outcomes of pulmonary vein isolation in patients with non-paroxysmal (persistent) and paroxysmal

atrial fibrillation. *Am J Cardiol.* 2013; 112(7): 966-970.  
<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.05.034>

20. Lemola K., Sneider M., Desjardins B., et al. Effects of left atrial ablation of atrial fibrillation on size of the left atrium and pulmonary veins. *Heart Rhythm.* 2004; 1(5): 576-581.  
<https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2004.07.020>

21. Park M.J., Jung J.I., Oh Y.S., et al. Assessment of the structural remodeling of the left atrium by 64-multislice cardiac CT: comparative studies in controls and patients with atrial fibrillation. *Int J Cardiol.* 2012; 159(3): 181-186.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.02.053>

22. Lemola K., Desjardins B., Sneider M., et al. Effect of left atrial circumferential ablation for atrial fibrillation on left atrial transport function. *Heart Rhythm.* 2005; 2(9): 923-928.  
<https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2005.06.026>

23. Perea R.J., Tamborero D., Mont L., et al. Left atrial contractility is preserved after successful circumferential pulmonary vein ablation in patients with atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2008; 19(4): 374-379.  
<https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2007.01086.x>

## References

1. Lippi G, Sanchis-Gomar F, Cervellin G. Global epidemiology of atrial fibrillation: An increasing epidemic and public health challenge. *Int J Stroke.* 2021; 16(2): 217-221.  
<https://doi.org/10.1177/1747493019897870>

2. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J.* 2021; 42(5): 373-498.  
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>

3. Hindricks G, Sepelhi Shamloo A, Lenarczyk R, et al. Catheter ablation of atrial fibrillation: current status, techniques, outcomes and challenges. *Kardiol Pol.* 2018; 76(12): 1680-1686.

4. Artjuhina EA, Revishvili AS. New technologies in the treatment of cardiac arrhythmias. *Vysokotekhnologichnaja medicina.* 2017; 1: 7-15 [In Russ].

5. Darby AE. Recurrent Atrial Fibrillation After Catheter Ablation: Considerations For Repeat Ablation And Strategies To Optimize Success. *J Atr Fibrillation.* 2016; 9(1): 1427.  
<https://doi.org/10.4022/jafib.1427>

6. Murray MI, Arnold A, Younis M, et al. Cryoballoon versus radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Res Cardiol.* 2018; 107(8): 658-669.  
<https://doi.org/10.1007/s00392-018-1232-4>

7. Kuck KH, Brugada J, Fürnkranz A, et al. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med.* 2016; 374(23): 2235-2245.  
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa1602014>

8. Mathew ST, Patel J, Joseph S, et al. Atrial fibrillation: mechanistic insights and treatment options. *Eur J Intern Med.* 2009; 20(7): 672-81.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejim.2009.07.011>

9. Vasamreddy CR, Lickfett L, Jayam VK, et al. Predictors of recurrence following catheter ablation of atrial fibrillation using an irrigated-tip ablation catheter. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2004; 15(6): 692-697.  
<https://doi.org/10.1046/j.1540-8167.2004.03538.x>

10. Tops LF, Bax JJ, Zeppenfeld K, et al. Effect of radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation on left atrial cavity size. *Am J Cardiol.* 2006; 97(8): 1220-1222.  
<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.11.043>

11. Tsao HM, Hu WC, Wu MH, et al. The impact of catheter ablation on the dynamic function of the left atrium in patients with atrial fibrillation: insights from four-dimensional computed tomographic images. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2010; 21(3): 270-277.  
<https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2009.01618.x>

12. Abhayaratna WP, Seward JB, Appleton CP, et al. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications. *J Am Coll Cardiol.* 2006; 47(12): 2357-2363.  
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.02.048>

13. Hoit BD. Left atrial size and function: role in prognosis. *J Am Coll Cardiol.* 2014; 63(6): 493-505.  
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.10.055>
14. Costa FM, Ferreira AM, Oliveira S, et al. Left atrial volume is more important than the type of atrial fibrillation in predicting the long-term success of catheter ablation. *Int J Cardiol.* 2015; 184: 56-61.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.01.060>
15. Avelar E, Durst R, Rosito GA, et al. Comparison of the accuracy of multidetector computed tomography versus two-dimensional echocardiography to measure left atrial volume. *Am J Cardiol.* 2010; 106(1): 104-109.  
<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.02.021>
16. Kühl JT, Lønborg J, Fuchs A, et al. Assessment of left atrial volume and function: a comparative study between echocardiography, magnetic resonance imaging and multi slice computed tomography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2012; 28(5): 1061-1071.  
<https://doi.org/10.1007/s10554-011-9930-2>
17. 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.  
<https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2009.01504.x>
18. 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): 1289-1294.  
<https://doi.org/10.1093/europace/eup198>
19. Amin V, Finkel J, Halpern E, et al. Impact of left atrial volume on outcomes of pulmonary vein isolation in patients with non-paroxysmal (persistent) and paroxysmal atrial fibrillation. *Am J Cardiol.* 2013; 112(7): 966-970.  
<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2013.05.034>
20. Lemola K, Sneider M, Desjardins B, et al. Effects of left atrial ablation of atrial fibrillation on size of the left atrium and pulmonary veins. *Heart Rhythm.* 2004; 1(5): 576-581.  
<https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2004.07.020>
21. Park MJ, Jung JI, Oh YS, et al. Assessment of the structural remodeling of the left atrium by 64-multislice cardiac CT: comparative studies in controls and patients with atrial fibrillation. *Int J Cardiol.* 2012; 159(3): 181-186.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.02.053>
22. Lemola K, Desjardins B, Sneider M, et al. Effect of left atrial circumferential ablation for atrial fibrillation on left atrial transport function. *Heart Rhythm.* 2005; 2(9): 923-928.  
<https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2005.06.026>
23. Perea RJ, Tamborero D, Mont L, et al. Left atrial contractility is preserved after successful circumferential pulmonary vein ablation in patients with atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2008; 19(4): 374-379.  
<https://doi.org/10.1111/j.1540-8167.2007.01086.x>