СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАРУШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ ПОСЛЕ ПРОЦЕДУРЫ АНТРАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЛЕГОЧНЫХ ВЕН МЕТОДОМ РАДИОЧАСТОТНОЙ И КРИОБАЛЛОННОЙ АБЛАЦИИ

Мамчур И. Н., Чичкова Т.Ю., Мамчур С. Е., Бохан Н. С., Романова М. П., Хоменко Е. А.

Цель. Изучить и сравнить механическую функцию левого предсердия (ЛП) до и непосредственно после выполнения криобаллонной и радиочастотной изоляции легочных вен (ЛВ).

Материал и методы. В исследование включено 43 пациента с симптомной фибрилляцией предсердий, устойчивой к антиаритмической терапии. Из них 21 кандидат на криобаллонную изоляцию ЛВ, в возрасте 57,8±8,7 лет (из них 11 мужчин и 10 женщин) и 22 кандидата на радиочастотную аблацию в возрасте 54,4±11 лет, из которых было 6 женщин и 16 мужчин. До процедуры, тотчас после нее и на пятые сутки выполнялась трансторакальная эхокардиография с определением допплерографических характеристик внутрисердечной гемодинамики, а также оценку механической функции ЛП, в том числе с использованием его 3D-реконструкции.

Результаты. По данным трансторакальной эхокардиографии и прямой интраоперационной манометрии выявлены значимые нарушения механической функции ЛП и в группе радиочастотной аблации (РЧА) и в группе криоаблации с некоторыми межгрупповыми различиями. Изоляция ЛВ любым из методов не влияет на диастолическую и систолическую функцию левого желудочка (ЛЖ), что подтверждается ОТСУТСТВИЕМ ДИНАМИКИ ИНВАЗИВНО ИЗМЕРЕННОГО КОНЕЧНОГО ДИАСТОЛИЧЕСКОГО ДАВЛЕния (КДД) ЛЖ, а также изменения объемов и фракции выброса ЛЖ по данным эхокардиографии. Поэтому динамика трансмитрального кровотока, кровотока в ЛВ и легочной артерии. сопутствующая процедуре изоляции ЛВ, является следствием нарушения механической функции ЛП, связанного с ухудшением его пассивной растяжимости и активной сократимости, нарушением функции муфт ЛВ, увеличением легочного сосудистого сопротивления. Выявлено значимое снижение насосной функции ЛП, более выраженное в группе РЧА непосредственно сразу после процедуры, с последующим выравниванием значений на 5-е сутки после вмешательства. Также повысилось среднее давление в легочной артерии. причем к 5 суткам в группе РЧА оно было значимо выше, чем в группе криоаблации.

Заключение. И криобаллонная и радиочастотная изоляция ЛВ в значительной степени нарушает механическую функцию левого предсердия, однако криобалонная аблация вызывает менее выраженные ее изменения в ближайшем послеоперационном периоде, чем радиочастотная.

Российский кардиологический журнал 2017, 8 (148): 24–30 http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-8-24-30 Ключевые слова: фибрилляция предсердий, криоаблация, радиочастотная аблация, изоляция легочных вен, левое предсердие, механическая функция, сократимость.

ФГБНУ НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово, Россия.

Мамчур И. Н. — н.с. лаборатории ультразвуковых и электрофизиологических методов диагностики, Чичкова Т.Ю. — н.с. лаборатории нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции, Мамчур С. Е.* — зав. лабораторией нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции, Бохан Н. С. — врач отделения рентгенхирургических методов диагностики и лечения, Романова М. П. — м.н.с. лаборатории нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции, Хоменко Е. А. — с.н.с. лаборатории нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции, Хоменко Е. А. — с.н.с. лаборатории нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции, Хоменко Е. А. — с.н.с. лаборатории нарушения ритма сердца и электрокардиостимуляции.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): sergei mamchur@mail.ru

КДД — конечное диастолическое давление, КДО — конечный диастолический объем, ЛП — левое предсердие, ЛВ — легочные вены, ЛЖ — левый желудочек, ПП — правое предсердие, ПЗР — переднезадний размер, РЧА — радиочастотная аблация, РЧ — радиочастотный, ПВЛВ — правая верхняя легочная вена, СрДЛА — среднее давление в легочной артерии, ТМК — трансмитральный кровоток, ФВ — фракция выброса, ФП — фибрилляция предсердий, 3D трехмерный, T Ar — продолжительность ретроградного потока в правой верхней легочной вене, V тах — максимальный геометрический объем, V тіп минимальный геометрический объем, V рге А — геометрический объем до начала систолы предсердий, VTI — интеграл линейной скорости.

Рукопись получена 28.02.2017 Рецензия получена 02.03.2017 Принята к публикации 09.02.2017

COMPARISON OF THE DISORDERED MECHANICAL FUNCTION OF THE LEFT ATRIUM AFTER ANTRAL ISOLATION OF PULMONARY VEINS BY RADIOFREQUENCY OR CRYOBALLOON ABLATION

Mamchur I. N., Chichkova T.Yu., Mamchur S. E., Bokhan N. S., Romanova M. P., Khomenko E. A.

Aim. To assess and compare mechanical functioning of the left atrium before and just after cryoballoon or radiofrequency ablation.

Material and methods. Totally, 43 patients included, with sympthomatic atrial fibrillation resistant to drug treatment. Of those 21 — for cryoballoon ablation (mean age 57,8±8,7 y.o., 11 males and 10 females) and 22 candidates for radiofrequency ablation, at the age 54,4±11 y.o., 16 males and 6 females. Before procedure, just after and on the 5th day, transthoracal echocardiography was performed, with measurement of Doppler parameters of intracardiac hemodynamics, as mechanical function of the left atrium assessment, including 3D imaging.

Results. By the data from transthoracal echocardiography and direct intraoperation manometry, the significant disorders of the left atrium (LA) mechanical function were found in both treatment groups, with some differences. Pulmonary veins (PV) isolation by any method does not influence diastolic and systolic function of the left ventricle, that confirmed by invasive measurements of the end-diastolic pressure in LV, as the changes of volumes and ejection fraction by echocardiography. Therefore transmitral blood flow dynamics, as PV and pulmonary artery flow, related to PV isolation procedure, is a result of the LA functioning disorder due to its passive

dilatability and active contractility decrease, dysfunction of the PV sleeves, increase of pulmonary vascular resistance. The significant decrease found in LA pumping function, more prominent in radiofrequency group just after the procedure, with further improvement to the 5th day after procedure. Also, mean pulmonary artery pressure increase, and till the 5th day in radiofrequency group it was significantly higher than in cryoablation group.

Conclusion. Both cryo and radio ablation procedures of PV isolation significantly impact on the mechanical functioning of the LA, however cryo ablation leads to less severe disorder at short follow-up.

Russ J Cardiol 2017, 8 (148): 24–30

http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-8-24-30

Key words: atrial fibrillation, cryoablation, radiofrequency ablation, pulmonary veins isolation, left atrium, mechanical function, contractility.

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russia.

Помимо сохранения и удержания синусового ритма, важной задачей хирургических методов лечения фибрилляции предсердий (ФП) является сохранение механической функции левого предсердия (ЛП) [1]. Последняя определяется участием ЛП в фазах сердечного цикла и включает три компонента: резервуарную функцию (наполнение ЛП во время фазы изоволюмического расслабления левого желудочка (ЛЖ)), участие в фазе быстрого раннего наполнения ЛЖ (проведение крови по градиенту давления после открытия митрального клапана) и сократительную функцию (активная систола предсердия в конце диастолы ЛЖ — фаза позднего наполнения ЛЖ [2].

Развитие катетерных методов позволило существенно увеличить количество выполняемых процедур по поводу ФП. Однако влияние этих методов на механическую функцию ЛП остается спорным и малоизученным вопросом. Наиболее полно описано явление станнинга, что обусловлено его значением в развитии тромбоэмболических осложнений и сроках назначения антикоагулянтной терапии [3, 4]. В большинстве исследований для оценки механической функции использовались показатели объемов ЛП, а также параметры трансмитрального кровотока [5-7]. Лишь единичные одноцентровые исследования рассматривают механическую функцию ЛП на основании данных трехмерной эхокардиогарфии [8-9].

Факт взаимосвязи между ФП и развитием механической дисфункции ЛП был установлен еще в 1998г. На экспериментальной модели было продемонстрировано, что существование ФП приводит к развитию изолированной механической дисфункции ЛП [10]. В то же время, развитие механической дисфункции или изолированной кардиомиопатии ЛП способствует поддержанию ФП [11].

Schneider C, et al. (2008) показали, что изменение скорости деформации ЛП у пациентов после катетерной радиочастотной аблации (РЧА) по данным элекрокардиографически (ЭКГ) синхронизированной трансторакальной допплерографии может быть предиктором рецидива ФП. Было выдвинуто предположение, что персистирующее нарушение механической функции ЛП может способствовать поддержанию ФП, тем самым подтверждая связь между структурой и функцией предсердного миокарда [12].

Известно, что аблация ФП с применением радиочастотной (РЧ) энергии способствует ухудшению механической функции ЛП, что особенно выражено в течение первого года после вмешательства. Вероятно, это связано с нарушением сократительной способности муфт легочных вен (ЛВ), а также снижением эластичности ЛП [13]. Выполненные ранее в нашем центре работы также демонстрируют негативное влияние предсердной дисфункции на качество жизни пациентов.

Сегодня главной задачей интервенционного лечения ФП является антральная изоляция ЛВ [14]. Наиболее изучено применение с этой целью (РЧ) энергии. Криобаллонная аблация с использованием альэнергии характеризуется тернативной более приемлемыми временными характеристиками вмешательства при сопоставимой эффективности и безопасности [15]. Повреждение при этом осуществляется по всему периметру контакта устья ЛВ с криобаллоном, что позволяет достичь циркулярного повреждения за одну аппликацию. Преимущества криоаблации были наглядно продемонстрированы в работе Khairy P, et al (2003). Стабильное положение катетера во время нанесения криовоздействия способствует формированию четкой линии повреждения и меньшей активации системы гемостаза [16]. Данный факт позволяет предположить меньшее влияние на механическую функцию ЛП или более ранние сроки ее восстановления после аблации.

Немногочисленные исследования по изучению влияния криобаллонной изоляции ЛВ на функцию ЛП демонстрируют, что в случае неуспеха процедуры имеет место прогрессирующее ухудшение механической функции, в то же время, при отсутствии рецидивов ФП с шестого месяца после вмешательства имеется тенденция к ее восстановлению [17, 18]. Эти данные согласуются с результатами мета-анализа по оценке функции ЛП после РЧ изоляции ЛВ [9]. Прямых сравнений двух методов на сегодняшний день не выполнялось.

Цель исследования: изучить и сравнить механическую функцию ЛП до и непосредственно после выполнения криобаллонной и радиочастотной изоляции ЛВ.

Материал и методы

В исследование включено 43 пациента с симптомной ФП, устойчивой к антиаритмической терапии. Из них 21 кандидат на криобаллонную изоляцию ЛВ, в возрасте 57,8±8,7 лет (из них 11 мужчин и 10 женщин), и 22 кандидата на РЧА в возрасте 54,4±11 лет, из которых было 16 мужчин и 6 женщин. В первой группе пароксизмальной формой ФП страдали 17 пациентов, персистирующей — 4, во второй — 21 и 1, соответственно. Длительность "аритмического" анамнеза в первой группе составила 6,5±2,7 мес., во второй — 8,1±3,2 мес. У всех пациентов аритмия была расценена как изолированная. Все пациенты до процедуры изоляции ЛВ находились на синусовом ритме, и ни у кого из них по данным трансторакальной эхокардиографии не наблюдалось явлений станнинга ЛП.

Процедура выполнялась под эндотрахеальным наркозом. Перед транссептальной пункцией выполнялась гепаринизация до достижения активированного времени свертывания 300 сек и более. Транссеп-



Рис. 1. Изображение 3D рекострукции ЛП.

Таблица 1 Показатели, характеризующие резервуарную, кондуитную и насосную функции ЛП

Функция ЛП	Исследуемый параметр	Формула		
Резервуарная	Общий ударный объем ЛП, мл	V max-V min		
	Общая ФВ ЛП, %	(V max-V min)/V max		
Кондуитная	Пассивный ударный объем ЛП, мл	V max-V pre A		
	Пассивная ФВ ЛП, %	(V max-V pre A)/V max		
	Кондуитный объем, мл	УО ЛЖ-УО ЛПобщ		
Насосная	Активный ударный объем ЛП, мл	V pre A-V min		
	Активная ФВ ЛП, %	(V pre A-V min)/V pre A		
	Отношение пассивной ФВ ЛП к активной ФВ ЛП	ΠΦΒ/ΑΦΒ		

тальный доступ осуществлялся под внутрисердечным эхокардиографическим контролем, после чего производилось построение электроанатомической карты ЛП при помощи нефлюороскопической навигационной системы Carto 3 (Biosense-Webster, Израиль). Радиочастотная аблация выполнялась катетерами EZ Steer Thermocool NAV и Navistar Thermocool (Biosense Webster, США) в орошаемом режиме с температурой 43° С, мощностью 30-40 Вт и скоростью орошения 17 мл/мин. Наличие изоляции ЛВ во всех случаях подтверждалось электрофизиологически в виде блока входа и выхода, без аденозинового теста.

Процедура криобалонной аблации выполнялась под внутривенной анестезией пропофолом, фентанилом и мидазоламом на спонтанном дыхании. После транссептальной пункции в полость ЛП вводился управляемый интродьюсер FlexCath Advance, через который устанавливался криоаблационный катетер ArcticFront Advance 28 мм. Через его шахту вводился диагностический катетер Achieve, который использовался в качестве поддержки и для верификации изоляции ЛВ. Окклюзия ЛВ баллоном подтверждалась введением контраста в просвет ЛВ дистальнее баллона, после чего выполнялась криоаблация длительностью по 240 сек на каждую ЛВ.

ЭКГ-синхронизированная трансторакальная эхокардиография с использованием метода трехмерной (3D) реконструкции ЛП выполнялась на ультразвуковой установке Vivid 7 Dimension с применением секторных датчиков с фазированной решеткой 4 MS с частотой 1,5-4,3 МГц и 3V с частотой 1,5-4,0 МГц. Всем пациентам перед началом криоаблации, тотчас после ее выполнения и на пятые сутки после процедуры выполнялось трансторакальное эхокардиографическое исследование оценкой следующих показателей:

• конечный диастолический объем левого желудочка (КДО ЛЖ, мл);

• фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ, %);

переднезадний размер левого предсердия (ПЗР ЛП, см);

• ширина и длина правого предсердия (ПП, см);

• среднее давление в легочной артерии (СрДЛА, мм рт.ст.);

• максимальный геометрический объем ЛП (V max, мл);

• минимальный геометрический объем ЛП (V min, мл);

• геометрический объем ЛП до начала систолы предсердий (V pre A, мл);

• пиковая скорость трансмитрального кровотока (ТМК) в период пассивного наполнения ЛЖ (пик Е ТМК, см/с), систолы ЛП (пик А ТМК, см/с) и их отношение (Е/А ТМК, %);

• общий интеграл линейной скорости ТМК (VTI ТМК, см);

• интеграл линейной скорости ТМК в период систолы ЛП (VTI A ТМК, см);

• фракция предсердного наполнения ЛЖ (VTI A/ VTI TMK, %);

• пиковая скорость кровотока в правой верхней ЛВ в период систолы левого желудочка (пик S, см/с), пассивного наполнения левого желудочка (пик D, см/с) и систолы предсердий (пик Ar, см/с);

• продолжительность ретроградного потока в правой верхней легочной вене (T Ar, мс);

• интеграл линейной скорости кровотока в правой верхней легочной вене (VTI ПВЛВ, см),

При использовании метода ультразвуковой 3D реконструкции измерялись геометрические объемы ЛП в различные фазы сердечного цикла (рис. 1) и рассчитывались показатели, характеризующие его механическую функцию (табл. 1).

ิล

Таблица 2

Эхокардиографические показатели

	До процедуры		٩	После процедурь	-	۵.	5 сутки		e.	Р внутригруппов	Pie
I IOKa3a I EJI b	РЧА	Крио	межгрупповые	РЧА	Крио	межгрупповые	РЧА	Крио	межгрупповые	РЧА	Крио
кдо лж, мл	134 [126; 143]	151 [125; 160]	0,0739	135 [123; 145]	151 [133; 158]	0,0515	136 [127; 142]	148 [133; 158]	0,0509	0,4586	0,7776
ФВ ЛЖ, %	66 [64; 69]	66 [66; 69]	0,5837	65 [64; 67]	65 [64; 67]	0,6009	67 [65; 69]	67 [65; 69]	0,0972	0, 1991	0,1991
Ширина ПП, см	4 [3,8; 4,2]	4 [3; 5]	0,8813	4 [3,8; 4,3]	4 [3; 5]	0,7652	4,1 [3,8; 4,3]	4 [3; 5]	0,6184	0,6847	1,0000
Длина ПП, см	4,5 [4,4; 4,8]	4,5 [4; 5]	0,9603	4,6 [4,5; 4,8]	4,5 [4; 5]	0,5667	4,6[4,5; 4,8]	4,5 [4; 5]	0,5667	0,0508	0,5132
Ср ДЛА, мм рт.ст.	11 [10; 12]	10 [9; 12]	0,5667	15 [14; 16,3]	16 [15; 18]	0,2202	16 [14; 17]	14 [12; 15]	0,0079	<0,0001	<0,0001
ПЗР ЛП, см	4,3 [4,1; 4,4]	4 [3,8; 5]	0,5667	4,4 [4,2; 4,5]	4 [3,8; 5]	0,7652	4,5 [4,2; 4,5]	4 [3,8; 5]	0,4545	0,4495	0,2516
V max ЛП, мл	69 [62,8; 76,5]	76 [65; 87]	0,2299	72 [65; 81,3]	79 [67; 91]	0,3428	74 [65,8; 84,3]	78 [69; 92]	0,3302	0,0046	0,0108
V min ЛП, мл	37 [32,3; 41]	39 [31; 47]	0,5499	42 [39; 55,3]	48 [37; 60]	0,4697	43 [39; 56]	45 [37; 53]	0,8034	<0,0001	0,0003
V pre А ЛП, мл	48 [44,3; 53,5]	57 [47; 63]	0,0739	47 [43,8; 58]	50 [42; 63]	0,7462	50 [44,8; 59,3]	53 [49; 60]	0,3302	0,1066	0,8724
VTI TMK, cm	18,9 [15,7; 25,1]	24 [21; 28]	0,0182	22,4 [17,4; 24,4]	27 [20; 29]	0,1762	21,5 [18,9; 26,1]	24 [21; 26]	0,3825	0,0088	0,6621
VTI A TMK, cm	9,8 [8,2; 10,7]	11 [9; 14]	0,1079	8,4 [6; 8,8]	8 [7; 10]	0,8422	8,3 [6,8; 9,6]	9 [7; 10]	0,4852	0,1301	0,0057
VTI A TMK/VTI TMK, %	50 [41; 57]	44 [39; 52]	0,2202	36 [33; 40]	32 [29; 38]	0,0921	35 [33; 40]	37 [34; 40]	0,3058	<0,0001	0,0021
Пик S ПВЛВ, м/с	0,54 [0,49; 0,58]	0,5 [0,5; 0,6]	0,0739	0,65 [0,56; 0,7]	0,5 [0,5; 0,6]	0,4248	0,62 [0,52; 0,76]	0,5 [0,5; 0,6]	0,0698	0,0144	0,3182
Пик D ПВЛВ, м/с	0,35 [0,31; 0,43]	0,4 [0,4; 0,5]	0,0781	0,38 [0,26; 0,44]	0,4 [0,4; 0,5]	0,0407	0,37 [0,4; 0,45]	0,4 [0,4; 0,4]	0,1762	0,9218	0,4817
S/D	1,5 [1,5; 1,3]	1,25 [1,3; 1,2]	0,0576	1,71 [2,1; 1,6]	1,25 [1,3; 1,2]	0,0253	1,7 [1,3; 1,7]	1,25 [1,25; 1,2]	0,0193	0,0455	0,5181
СрДЛП, мм рт.ст.	11 [10; 12]	12 [10; 13]	0,0301	15 [14; 16]	12 [11;13]	0,0373	16 [14;17]	10 [11; 13]	0,0116	<0,0001	0,01756
Пик Ar ПВЛВ, м/с	0,22 [0,17; 0,24]	0,2 [0,2; 0,3]	0,0146	0,12 [0,08; 0,19]	0,3 [0,2; 0,3]	<0,0001	0,1 [0; 0,16]	0,2 [0,2; 0,3]	<0,0001	<0,0001	0,3090
Т Ar ПВЛВ, м/с	169 [158; 181]	176 [162; 182]	0,6009	196 [160; 216]	197 [185; 230]	0,4545	192 [81; 205]	189 [177; 200]	0,6361	<0,0001	<0,0001
Пик Е ТМК, м/с	0,76 [0,65; 0,83]	0,7 [0,5; 0,7]	0,3825	0,88 [0,78; 0,92]	0,9 [0,7; 1,0]	0,1322	0,88 [0,8; 0,99]	0,8 [0,7; 0,9]	0,9010	0,0001	0,0049
Пик А ТМК, м/с	0,54 [0,45; 0,73]	0,5 [0,4; 0,7]	0,6540	0,44 [0,39; 0,48]	0,5 [0,4; 0,7]	0,0587	0,45 [0,36; 0,50]	0,5 [0,4; 0,6]	0,0315	0,0008	0,0517
E/A	1,3 [1,1; 1,7]	1,3 [0,7; 1,6]	0,4248	1,9 [1,7; 2,13]	1,8 [1,5; 2,3]	0,8228	2 [1,8; 2,26]	1,6 [1,4; 1,9]	0,0020	<0,0001	<0,0001
VTI ПВЛВ, см	26,7 [25,1; 28,8]	27 [24; 29]	0,9801	28,4 [24,9; 34,5]	29 [25; 32]	0,6361	25,85 [25,9; 32]	27 [25; 30]	0,0972	0,0957	0,2328
ВИР, мс	78 [69; 89]	90 [81; 106]	0,0100	78 [75; 88,3]	90 [78; 99]	0,0553	78 [70; 86]	91 [83; 103]	0,0022	0,0605	0,0605

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Расчетные показатели механической функции ЛП

Таблица З

Показатель	До процедуры		Р межгр.	После процедуры		Р межгр.	5 сутки	сутки		Р внутригрупповые	
	РЧА	Крио		РЧА	Крио		РЧА	Крио		РЧА	Крио
Общий УО ЛП, мл	32 [29; 38]	39 [33; 43]	0,0825	28 [23; 36]	29 [26; 35]	0,5333	26 [25; 34]	31 [29; 36]	0,1079	<0,0001	0,0001
Общая ФВ ЛП, %	46 [43; 53]	50 [42; 54]	0,5666	38 [35; 43]	40 [34; 44]	0,7274	26 [25; 34]	39 [36; 47]	0,2501	<0,0001	<0,0001
Пассивный УО ЛП, мл	20 [18; 24]	20 [14; 32]	0,8421	23 [18; 27]	26 [20; 31]	0,1682	21 [16; 28]	22 [15; 29]	0,9202	0,013	0,5014
Пассивная ФВ ЛП, %	29 [25; 32]	24 [21; 37]	0,3557	31 [27; 34]	32 [26; 38]	0,5666	29 [24; 33]	28 [21; 37]	0,7088	0,042	0,5613
Кондуитный объем ЛП, мл	55 [45; 61]	55 [49; 72]	0,4248	62 [54; 65]	61 [55; 70]	0,6009	62 [59; 70]	58 [57; 72]	0,8617	0,0001	0,0433
Активный УО, мл	15 [13; 17]	16 [12; 18]	0,0845	6 [5; 8]	3 [2; 6]	0,0146	12 [9; 15]	9 [6; 14]	0,0107	<0,0001	<0,0001
Активная ФВ ЛП, %	24 [22; 28]	29 [23; 37]	0,0971	11 [9; 14]	6 [3; 11]	0,01	12 [9; 15]	16 [10; 24]	0,0176	<0,0001	<0,0001
Пассивная ФВ ЛП/ Активная ФВ ЛП	1,1 [0,9; 1,3]	0,8 [0,5; 1,3]	0,1024	2,7 [2,3; 4,2]	6,1 [2,7; 12]	0,0169	2,2 [1,6; 3,8]	2,5 [0,8; 4]	0,672	<0,0001	<0,0001



Рис. 2. Изменение трансмитрального кровотока по данным импульсноволнового допплера: вверху — до аблации наблюдается нормальный тип трансмитрального кровотока с пиковыми ско ростями Е и А 0,7 и 0,63 м/с, соответственно, и соотношением E/A 1,1; внизу — после аблации пиковая скорость Е увеличивается до 1,12 м/с, пиковая скорость А уменьшается до 0,49 м/с, соотношение E/A увеличивается до 2,3.

Интраоперационно тотчас после выполнения транссептальной пункции, а также по окончании аблации, проводилось прямое (инвазивное) измерение давления в полости ЛП и ЛЖ.

Статистическая обработка выполнялась в программе MedCalc v. 16,8 и включала в себя вычисление медиан и квартильных размахов с оценкой различий по критериям Фридмана и Манна-Уитни.

Результаты и обсуждение

В таблицах 2-3 представлены результаты эхокардиографии, демонстрирующие изменения, произошедшие после процедуры. Изоляция ЛВ любым из методов не влияет на диастолическую и систолическую функцию ЛЖ, что подтверждается отсутствием динамики инвазивно измеренного конечного диастолического давления (КДД) ЛЖ, а также объемов и ФВ ЛЖ. Поэтому динамика ТМК, кровотока в ЛВ и легочной артерии, сопутствующая процедуре изоляции ЛВ, интерпретировалась нами как нарушение механической функции ЛП, связанное с ухудшением его пассивной растяжимости и активной сократимости, нарушением сократительной функции муфт ЛВ с последующим увеличением легочного сосудистого сопротивления [19].

В обеих группах статистически значимо увеличились минимальный и максимальный геометрический объем ЛП, при этом переднезадний размер ЛП не изменился. Выявлено значимое снижение насосной функции ЛП, более выраженное в группе РЧА непосредственно сразу после процедуры. Повысилось СрДЛА, причем к 5 суткам в группе РЧА оно было значимо выше, чем в группе криоаблации.

Внутригрупповой анализ показателей выявил значимое нарушение механической функции ЛП и в группе РЧА, и в группе криоаблации с некоторыми межгрупповыми различиями, вероятно, связанными с разницей в величине, глубине и объеме повреждения во время процедуры.

Сразу после аблации VTI пика А уменьшается при практически неизменном общем VTI ТМК в обеих группах. Соотношение этих показателей, отражающее фракцию предсердного наполнения и активную сократимость ЛП, значимо уменьшалось без существенной разницы между группами. В общем это связано с увеличением КДД в ЛП за счет снижения его эластичности и, как будет показано ниже, повышения легочного сосудистого сопротивления. В связи с этим, раннее диастолическое наполнение ЛЖ увеличивается (пик Е) за счет высокого градиента давления между камерами ЛП и ЛЖ, а позднее диастолическое наполнение (пик А) уменьшается из-за снижения насосной функции ЛП, что проявляется так называемым "псевдорестриктивным" типом трансмитрального кровотока и отражается в увеличении соотношения Е/А (рис. 2). Этот показатель увеличился в обеих группах, но в группе РЧА нарушения были более выраженными.

При анализе кровотока в ПВЛВ наблюдалось статистически значимое увеличение пиковых скоростей и интеграла линейной скорости кровотока (рис. 3), особенно пика S, только в группе РЧА. В группе криоблации подобных значимых различий не было зарегистрировано. Увеличение амплитуды и интеграла линейной скорости кровотока может свидетельствовать о повышении давления в полости ЛП, связанном с нарушением релаксации его стенки и развитием отека тканей после процедуры. Этот факт подтверждают данные среднего расчетного давления в ЛП, для вычисления которого использовались интегралы линейных скоростей пиков S и D кровотока в ПВЛВ.

Во время систолы ЛП происходит как наполнение ЛЖ, так и ретроградный заброс крови в легочные вены. Поэтому механизм изменения VTI Ar таков: чем большая часть фракции предсердного наполнения попала в ЛЖ, тем меньшая — в ЛВ, и наоборот. Поскольку после аблации инвазивно измеренное КДД ЛЖ не изменяется, то уменьшение VTI Ar одновременно с увеличением продолжительности пика Ar можно расценить как следствие увеличения сопротивления малого круга за счет рефлекса Китаева в ответ на повышение давления в ЛП и ЛВ. У многих пациентов после антральной изоляции ЛВ ретроградный поток в ЛВ отсутствует вообще. Ретроградная фаза кровотока в ПВЛВ уменьшалась по амплитуде и увеличивалась по продолжительности у всех обследованных пациентов с достоверно более выраженными изменениями в группе РЧА. Этот факт подтверждается увеличением СрДЛА после процедуры у всех пациентов в обеих группах (табл. 1).

До процедуры среднее давление в ЛП незначительно меньше СрДЛА, поскольку легочное сосудистое сопротивление минимально, подобно тому, что в норме давление заклинивания легочных капилляров и максимальное давление в ЛП почти одинаковы. Сразу после аблации давление в ЛП значимо повышается и превышает норму за счет нарушения релаксации ЛП. В дальнейшем через рефлекс Китаева происходит повышение как СрДЛА, так и систолического давления в ПЖ. Именно в этот период пациентов в наибольшей степени беспокоят одышка и слабость [20].

Анализ расчетных показателей, характеризующих механическую функцию ЛП, также показал достоверно значимое нарушение резервуарной (общий ударный объем и общая ΦB) и насосной функций (активный ударный объем и активная ΦB) в обеих группах с той разницей, что изменения в группе РЧА были более выраженными непосредственно сразу после процедуры (табл. 3). Все вышеперечисленные изменения, связанные с нарушением механической функции ЛП после аблации были подтверждены



Рис. 3. Изменение кровотока в правой верхней ЛВ по данным импульсноволнового допплера: вверху — до аблации наблюдается нормальный тип кровотока в ЛВ с невысокими (0,67 и 0,6 м/с) пиковыми скоростями кровотока S и D и выраженным пиком Ar (0,32 м/с); внизу — после аблации пиковые скорости S и D увеличиваются до 0,99 и 0,97 м/с, соответственно.



Рис. 4 (А, Б). Изменение кровотока в правой верхней ЛВ по данным цветового допплеровского картирования: А — ламинарный кровоток до РЧА; Б — турбулентный кровоток после РЧА.

результатами интраоперационной инвазивной манометрии. Однако статистически значимых различий в инвазивно измеренных показателях между группами не найдено (табл. 4).

Известно, что РЧА может иметь целый ряд осложнений, в частности, стенозы устьев ЛВ и высокая

А

Б

Показатель	До процедуры		Р межгрупповые	После процедур)Ы	Р межгрупповые	Р внутригрупповые	
	РЧА	Крио		РЧА	Крио		РЧА	Крио
Макс Р ЛП, мм рт.ст.	7 [6; 8]	7 [6; 8]	0,8421	16 [14; 17]	16 [15; 17]	0,3428	<0,0001	<0,0001
Мин Р ЛП, мм рт.ст.	6 [5; 7]	6 [5; 7]	0,9801	12 [11; 13]	13 [11; 13]	0,2017	<0,0001	<0,0001
Ср Р ЛП, мм рт.ст.	4 [4; 6]	5 [4; 5]	0,9009	9 [8; 9]	8 [8; 9]	0,3689	<0,0001	<0,0001
КДД ЛЖ, мм рт.ст.	7 [6; 8]	8 [7; 8]	0,5333	7 [7; 8]	7 [7; 9]	0,7275	0,7728	0,7518

Манометрические показатели

тромбогенность, во многом из-за более глубокого и неоднородного по структуре повреждения стенки ЛП [21, 22]. Вероятно, это способствует более выраженному нарушению его механической функции. Повреждение, вызванное криовоздействием, является более гомогенным, чем радиочастотное, характеризуется очерченной зоной некроза, менее выраженным тромбообразованием в связи с сохранностью эндокарда в месте воздействия [21, 23, 24]. Также установлено, что размер повреждения по площади сопоставим с диаметром используемого катетера при неизменной глубине повреждения [25]. Исходя из вышесказанного, можно предположить, что предиктором нарушения механической функции при

Литература

- Bockeria LA, Shengelia LD. Treatment of atrial fibrillation. Part I. Long way to the "Gold standard". Annals of Arrhythmology. 2014; 11(2): 64-76. Russian (Бокерия Л. А., Шенгелия Л. Д. Лечение фибрилляции предсердий. Часть І. Долгий путь к "золотому стандарту". Анналы аритмологии. 2014; 11(2): 64-76).
- Pagel PS, Kehl F, Gare M, et al. Mechanical function of the left atrium. Anesthesiology. 2003; 98: 975-94.
- Dabek J, Gasior Z, Monastyrska-Cup B, et al. Cardioversion and atrial stunning. Pol. Merkur. Lekarski. 2007; 22 (129): 224-8.
- Ali S, Ugwu J, Kanjwal Y. Stunning Left Atrial Appendage Thrombus. Cardiology. 2016;134(4):394-7.
- Beukema WP, Elvan A, Sie HT, et al. Successful radiofrequency ablation in patients with previous atrial fibrillation results in a significant decrease in left atrial size. Circulation. 2005; 112: 2089-95.
- 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: 1220-2.
- Jeevanantham V, Ntim W, Navaneethan SD, 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: 1317-26.
- Marsan NA, Tops LF, Holman ER, et al. Comparison of left atrial volumes and function by real-time three-dimensional echocardiography in patients having catheter ablation for atrial fibrillation with persistence of sinus rhythm versus recurrent atrial fibrillation three months later. Am J Cardiol. 2008; 102: 847-53.
- Zhuang Y, Yong Y, Chen M. Updating the evidence for the effect of radiofrequency catheter ablation on left atrial volume and function in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis. Journal of the Royal Society of Medicine Open. 2014; 5 (3): 1-18.
- Shang Z, Su D, Cong T, et al. Assessment of left atrial mechanical function and synchrony in paroxysmal atrial fibrillation with two-dimensional speckle tracking echocardiography. Echocardiography. 2017 Feb;34(2):176-183.
- Wijffels M, Kirchhof C, Dorland R, et al. Atrial fibrillation begets atrial fibrillation. Circulation. 1995; 92: 1954-68.
- Schneider C, Malisius R, Krause K, et al. Strain rate imaging for functional quantification of the left atrium: atrial deformation predicts the maintenance of sinus rhythm after catheter ablation of atrial fibrillation. European Heart Journal. 2008; 29: 1397-409.
- Mamchur SE, Mamchur IN, Khomenko EA, et al. Contractile function of the left atrium and pulmonary veins before and following their antrum isolation. Journal of arrhythmology. 2013; 71: 5-11 Russian (Мамчур С. Е., Мамчур И. Н., Хоменко Е. А. и др. Механическая функция левого предсердия и легочных вен до и после их антральной изоляции. Вестник аритмологии. 2013; 71: 5-11).
- 14. Calkins H, Kuck KH, Cappato R, et al. 2012 HRS/EHRA/ECAS Expert Consensus Statement on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation: recommendations for

РЧА является большой объем ЛП, а при криоаблации — малый. Данную зависимость, вероятно, можно выявить на выборке большего размера. Этот и многие другие вопросы, такие, как качество жизни и сроки восстановления механической функции пациентов после процедуры, будут являться задачами дальнейших исследований.

Заключение

И криобаллонная и радиочастотная изоляция ЛВ в значительной степени нарушают механическую функцию ЛП, однако криобаллонная аблация вызывает менее выраженные ее изменения в ближайшем послеоперационном периоде, чем РЧА.

patient selection, procedural techniques, patient management and follow-up, definitions, endpoints, and research trial design. Europace.2012; 14(4): 528-606.

- Kuck KH, Fürnkranz A, Chun KR, et al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for symptomatic paroxysmal atrial fibrillation: reintervention, rehospitalization, and quality-oflife outcomes in the FIRE AND ICE trial. Eur Heart J. 2016: 1-8.
- Khairy P, Chauvet P, Lehmann J. Lower Incidence of Thrombus Formation With Cryoenergy Versus Radiofrequency Catheter Ablation. Circulation. 2003; 107 (15): 45-50.
- Erdei T, Dénes M, Kardos A, et al. Could successful cryoballoon ablation of paroxysmal atrial fibrillation prevent progressive left atrial remodeling? Cardiovascular Ultrasound. 2012; 10: 11.
- Canpolat U, Aytemir K, Özer N, et al. The impact of cryoballoon-based catheter ablation on left atrial structural and potential electrical remodeling in patients with paroxysmal atrial fibrillation. Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology. 2015; 2: 131-9.
- Gibson DN, Di Biase L, Mohanty P, et al. Stiff left atrial syndrome after catheter ablation for atrial fibrillation: clinical characterization, prevalence, and predictors. Heart Rhythm. 2011. Vol. 8. P. 1364-71.
- Mamchur SE, Romanova MP, Gorbunova EV, et al. Upstream therapies with telmisartan and amlodipine following antral pulmonary vein isolation due to atrial fibrillation. Vestnik arritmologii 2016;86:7-14. Russian (Мамчур С.Е., Романова М.П., Горбунова Е.В., Бохан Н.С., Чичкова Т.Ю. Upstream-терапия телмисартаном и амлодипином после антральной изоляции легочных вен при фибрилляции предсердий. Вестник аритмологии 2016;86:7-14).
- Lu HW, Wei P, Jiang S et al. Pulmonary Vein Stenosis Complicating Radiofrequency Catheter Ablation: Five Case Reports and Literature Review. Medicine (Baltimore). 2015 Aug;94(34):e1346.
- 22. Siu CW, Tse HF. Thromboembolic risk of the hot- and cold-catheter ablation for atrial fibrillation. Heart Rhythm. 2012 Feb;9(2):197-8.
- Guhl EN, Siddoway D, Adelstein E et al. Incidence and Predictors of Complications During Cryoballoon Pulmonary Vein Isolation for Atrial Fibrillation. J Am Heart Assoc. 2016 Jul 21;5(7). pii: e003724.
- 24. Gorbunova O, Odarenko YN, Mamchur SE, et al. Improving efficiency and safety of anticoagulation therapy in patients with prosthetic heart valves. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2015;(4):26-33. Russian (Горбунова Е. В., Одаренко Ю. Н., Мамчур С. Е., Кудрявцева Н. Г., Салахов Р. Р. Повышение эффективности и безопасности антикоагулянтной терапии у пациентов с протезами клапанов сердца. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2015; 4: 26-33. DOI: http://dx.doi.org/10.17802/2306-1278-2015-4-26-33).
- Khairy P, Rivard L, Guerra PG, et al. Morphometric ablation lesion characteristics comparing 4, 6, and 8 mm electrode-tip cryocatheters. J Cardiovasc Electrophysiol 2008; 19: 1203-7.

Таблица 4