

Азизов С.Н., Коженев А.Т., Панин Д.В.,  
Мелехина Ю.В., Некрасова А.Н.

## Радиочастотная и криобаллонная изоляция устьев легочных вен в лечении персистирующей формы фибрилляции предсердий: интраоперационные результаты

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии им С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Пермь)

Azizov S.N., Kojenov A.T., Panin D.V., Melechina U.V., Nekrasova A.N.

## Radiofrequency and cryoballoon isolation of pulmonary veins junction in treatment of persistent form of atrial fibrillation: intraoperative results

### Резюме

Цель: провести сравнительную оценку интраоперационной эффективности и безопасности изоляции легочных вен (ЛВ) радиочастотным катетером с датчиком давления «катетер-ткань» и криобаллоном второй генерации у пациентов с персистирующей формой фибрилляции предсердий.

Материалы и методы: в проспективное, рандомизированное, одноцентровое исследование было включено 70 пациентов с персистирующей фибрилляцией предсердий (ФП), резистентной к антиаритмической терапии. Пациенты были случайным образом распределены в группы криобаллонной (КБ) (n = 35) и радиочастотной (РЧА) (n = 35) изоляции ЛВ. РЧА проводилось радиочастотным катетером с датчиком давления «катетер-ткань» (Thermocool SmartTouch, Biosense Webster, USA) в условиях системы навигации Carto 3, криобаллонная абляция - баллоном второй генерации (Arctic Front Advance, Medtronic, USA).

Результаты: в группе РЧА острая изоляция достигнута в 100% ЛВ, в группе КБ - 97,8% ЛВ. Среднее значение длительности процедуры после трансепатальной пункции в группе РЧА составило 103,3±6,3 мин., в группе КБ - 73,9±6,2 мин. Среднее значение общей продолжительности процедуры было короче в группе криоабляции, чем в группе РЧА (93,4±7,3 против 125,3±6,8 мин, P<0,001). Среднее значение времени рентгеноскопии было значительно больше в группе криоабляции, чем в группе РЧА (13,57±0,87 против 5,06±0,45, P<0,001). Профиль безопасности был сопоставим у обеих методик.

Заключение: интраоперационная эффективность и безопасность радиочастотной изоляции ЛВ катетером с датчиком давления «катетер-ткань» и криобаллонной изоляции ЛВ баллоном второй генерации является сопоставимой. Общая длительность процедуры и длительность работы в левом предсердии достоверно короче при криобаллоновой абляции в сравнении с РЧА. Время рентгеноскопии достоверно меньше при выполнении РЧА.

**Ключевые слова:** Фибрилляция предсердий. Радиочастотная и криобаллонная изоляция легочных вен. Аритмия. Гемоперикард. Датчик давления «катетер-ткань». Исследование SMART-AF

### Summary

Aim: to conduct the comparative assessment of intraoperative effectiveness and safety of pulmonary veins (PV) isolation by radiofrequency catheter with pressure sensor "catheter-tissue" and cryoballoon of the second generation in patients with persisting form of atrial fibrillation. Materials and methods: 70 patients with persisting atrial fibrillation (AF), resistant to antiarrhythmic therapy were included in prospective, randomized, single-center study. Patients were divided into groups randomly by cryoballoon (CB) (n=35) and radiofrequency (RF) (n=35) isolation of PV. RF isolation was conducted by radiofrequency catheter with pressure sensor "catheter-tissue" (Thermocool SmartTouch, Biosense Webster, USA) in conditions Carto 3 navigation system, cryoballoon ablation – the second generation balloon (Arctic Front Advance, Medtronic, USA). Results: In RF isolation group acute isolation was achieved in 100% of PV in CB isolation group – 97,8% of PV. Average duration of procedure was shorter in CB group, than in RF group (93,4±7,3 against 125,3±6,8 min, P<0,001). Average time of roentgenoscopy was significantly

longer in CB group than in RF group ( $13,57 \pm 0,87$  against  $5,06 \pm 0,45$ ,  $P < 0,001$ ). Safety profile was equal in both techniques. Conclusion: intraoperative effectiveness and safety of radiofrequency isolation of PV by catheter with pressure sensor "catheter-tissue" and cryoballoon isolation of PV by the second-generation balloon are equal. The common duration of procedure and duration of used technique in left atrium is significantly shorter during cryoballoon ablation than during radiofrequency isolation. **Key words:** Atrial fibrillation, radiofrequency and cryoballoon isolation of pulmonary veins, arrhythmia, hemopericardium, pressure sensor "catheter-tissue", SMART-AF study

## Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенной аритмией встречаемой в клинической практике и в качестве основного диагноза выставляется одной трети пациентов с нарушениями ритма сердца [1]. Учитывая низкую эффективность медикаментозной терапии и множественные побочные эффекты [2], стремительное развитие получили катетерные методы лечения фибрилляции предсердий. Золотым стандартом лечения ФП в настоящее время являются радиочастотная и криобаллонная изоляция легочных вен. Для повышения эффективности и безопасности лечения, обе методики постоянно совершенствуются, и в настоящее время радиочастотный катетер с датчиком давления «катетер-ткань» и криобаллон второй генерации являются основным звеном для достижения этих целей.

В исследовании SMART-AF было показано, что использование катетеров с датчиком давления «катетер-ткань» и соблюдение определенных параметров абляции может повысить эффективность лечения пароксизмальной формы ФП до 80 % [3]. Однолетние показатели эффективности криобаллонной изоляции легочных вен (ЛВ) криобаллоном второй генерации у пациентов с пароксизмальной и краткосрочной персистирующей формой ФП (продолжительность  $\leq 3$  месяцев) по данным A. Fumkrantz et al. колеблются в пределах 80% - 86% [4].

Общеизвестно, что у пациентов с персистирующей формой ФП, субстратные изменения, обеспечивающие поддержание аритмии, более выражены, чем при пароксизмальной форме ФП. В связи с этим отдаленные результаты катетерной абляции персистирующей формы ФП ниже, чем при интервенционном лечении пароксизмальной формы. Годовая свобода от предсердных тахикардий после ИЛВ с применением КБ 2 поколения для лечения персистирующей формы ФП по данным ряда исследований составляет 60%-69% [5,6]. Аналогичные результаты были получены и при проведении РЧА с использованием катетеров с датчиком давления [7].

Из-за недостаточной эффективности технологии катетерной изоляции ЛВ при персистирующей ФП, были предприняты множественные попытки найти дополнительные методы воздействия для повышения успешности операции. К данной категории относятся: дополнительные линейные абляции, имитирующую хирургический лабиринт (по крыше ЛП, митрального перешейка, коронарного синуса, cavo-трикуспидального перешейка, по задней стенке ЛП); абляция комплексных фракционированных электрограмм (КФЭ), источником которых являются зоны

миокарда, критичные для поддержания ФП (зоны медленной проводимости и / или роторной активности); абляция в точках локализации очагов роторной активности. Принимая во внимание тот факт, что РЧА учитывает индивидуальные стратегии абляции, она может быть более предпочтительной для лечения персистирующей формы ФП. Однако полученные противоречивые результаты относительно клинической пользы дополнительных стратегий абляции, помимо ИЛВ [8], и новых целей абляции, которые могут иметь решающее значение для запуска и поддержания ФП, эти методы требуют дополнительной оценки в контролируемых клинических испытаниях с достаточной мощностью [9,10]. Поэтому изоляция ЛВ без дополнительных стратегий абляций остается в настоящее время предпочтительным вариантом лечения персистирующей формы ФП. В связи с этим, криобаллонная изоляция также может быть альтернативным вариантом лечения персистирующей формы ФП. В настоящем исследовании мы хотели провести сравнительную оценку интраоперационных результатов эффективности и безопасности катетерного лечения персистирующей формы ФП между РЧА и КБА.

## Материалы и методы

В исследование было включено 70 пациентов, которые были рандомизированы на две группы. Все пациенты догоспитально и интраоперационно имели ритм ФП. Всем пациентам на основании инструментальных и клинических методов исследования был выставлен диагноз персистирующей формы фибрилляции предсердий, и во всех случаях ФП сопровождалась наличием симптомов IIb-IV класса по данным модифицированной шкалы EHRA, несмотря на проводимую антиаритмическую терапию.

В соответствии дизайну исследования 70 пациентов были рандомизированы по методу бинарной выборки на две группы: 1 группа (n=35) - изоляция ЛВ методом радиочастотной абляции с помощью катетеров с датчиком давления «катетер-ткань» (Thermocool SmartTouch, Biosense Webster, USA); 2 группа (n=35) - изоляция ЛВ криобаллоном второго поколения (Arctic Front Advance, Medtronic, USA).

Средний возраст пациентов в первой группе составил  $54,4 \pm 3,0$  лет, во второй группе –  $58,5 \pm 3,4$ . По гендерному признаку в обеих группа преобладали мужчины (РЧА-74,3%, КРИО-65,7%). Давность аритмологического анамнеза в первой группе была равна  $4,6 \pm 1,1$ , во второй группе –  $4,5 \pm 0,7$ . Длительность персистенции при этом составила в первой и второй группах  $6,8 \pm 1,2$  лет и  $5,5 \pm 0,9$  соответственно. Исходная характеристика пациентов

и спектр сопутствующей патологии проиллюстрированы в таблице 1. Принимаемая антиаритмическая (ААТ) и антикоагулянтная терапия приведены в таблице 2.

Всем пациентам перед операцией была выполнена трансторакальная эхокардиография (ЭХОКГ). Для исключения дополнительных образований в полости левого предсердия (ЛП) и более детальной верификации анатомии ЛП и ЛВ была выполнена мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) ЛП и ЛВ. Данные ЭХОКГ и МСКТ ЛП и ЛВ приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Достоверной разницы в исходных характеристиках пациентов между двумя группами не выявлено.

Все пациенты получали антикоагулянтную терапию не менее чем за 4 недели до операции и как минимум в течении 3 месяцев после операции. В качестве антикоагулянтной терапии использовались либо варфарин под контролем международного нормализованного отношения (МНО) с целевым значением от 2-3 единиц, либо новые пероральные антикоагулянты в стандартных дозировках.

Радиочастотная изоляция была выполнена с использованием навигационной системы Carto 3 и абляционного

орошаемого электрода SmartTouch с использованием модуля Visitag. Параметры модуля: 1.- минимальное время в одной точке 20 секунд. 2.- максимальный диапазон между точками 4 мм. 3.- минимальная сила 6 г, максимальная 50г. Изоляция была подтверждена диагностическим катетером Lasso, поэтому исходно выполнялось две транссептальные пункции.

Криоабляция была выполнена баллоном второй генерации. В качестве системы доставки через МПП в ЛП был использован интродьюсер FlexCath Advance. Криоабляция начиналась при достижении полной окклюзии вены баллоном. Основным критерием окклюзии было стойкое стояние контраста в вене без затёка в полость ЛП. Длительность однократного эффективного воздействия была 240 секунд, без бонусного воздействия. Изоляция была подтверждена диагностическим 8ми полюсным катетером Achieve. Во время изоляции правых легочных вен, проводилась стимуляция дифрагмального нерва для предупреждения его пареза.

Радиочастотная катетерная изоляция устьев ЛВ считалась эффективной, если были достигнуты следующие

Таблица 1

Показатель	Группа 1 (РЧА) M ± 2m	Группа 2 (крио) M ± 2m	P
Возраст, лет	54,4 ± 3,0	58,5 ± 3,4	0,081
Мужчины (n) % ± 2m	(26)74,3 ± 14,5	(23)65,7 ± 15,7	0,441
Вес, (кг)	88,2 ± 11,7	88,5 ± 4,9	0,976
Длительность аритмологического анамнеза, лет	4,6 ± 1,1	4,5 ± 0,7	0,865
Длительность персистенции, месяцев	6,8 ± 1,2	5,5 ± 0,9	0,089
ИБС	(7) 20,0 ± 13,3	(11)31,4 ± 15,4	0,281
ТИА/инсульт в анамнезе	3	1	
Артериальная гипертензия, (n) % ± 2m	(22)62,9 ± 16,0	(26)74,3 ± 14,5	0,310
Эндокринная патология, (n) % ± 2m			
•Сахарный диабет	(1) 2,9 ± 2,9	(3) 8,6 ± 8,6	0,311
•Патология щитовидной железы	(4) 11,4 ± 10,5	(6) 17,1 ± 12,5	0,502

Таблица 2

Препарат	Группа 1 (РЧА) (n) % ± 2m	Группа 2 (крио) (n) % ± 2m	P
Антиаритмическая терапия			
Амиодарон + бисопролол, n (%)	(21) 60,0 ± 16,2	(24) 68,6 ± 15,4	0,453
Сотагексал, n (%)	(4) 11,4 ± 10,5	(2) 5,7 ± 5,7	0,394
Пропанорм + сотагексал, n (%)	(6) 17,1 ± 12,5	(2) 5,7 ± 5,7	0,131
пропанорм, n (%)	(4) 11,4 ± 10,5	(7) 20,0 ± 13,3	0,323
Антикоагулянтная терапия			
Варфарин, n (%)	(13) 37,1 ± 16,0	(14) 40,0 ± 16,2	0,804
Дабигатранэксилат, n (%)	(16) 45,7 ± 16,5	(14) 40,0 ± 16,2	0,631
Ривароксабан, n (%)	(6) 17,1 ± 12,5	(7) 20,0 ± 13,3	0,756

Таблица 3

Клинический признак	Группа 1 (РЧА) M ± 2m	Группа 2 (крио) M ± 2m	P
КДО ЛЖ, мл	98,8 ± 7,3	98,3 ± 7,9	0,917
ФВ ЛЖ, %	53,8 ± 2,0	51,4 ± 2,3	0,123
МЖП, см	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,1	0,633
ЛП, поперечный диаметр, см	4,3 ± 0,2	4,3 ± 0,2	0,938
ЛП, продольный диаметр, см	4,5 ± 0,2	4,7 ± 0,2	0,241
V ЛП	82,4 ± 5,0	82,4 ± 6,6	0,999
Индекс V ЛП	40,9 ± 2,5	41,5 ± 3,3	0,798

Таблица 4

Клинический признак	Группа 1 (РЧА) M ± 2m	Группа 2 (крио) M ± 2m	P
ЛП, краинокаудальный размер, см	6,1 ± 0,3	6,1 ± 0,86	0,852
ЛП, переднезадний размер, см	3,9 ± 0,2	4,1 ± 0,66	0,117
ЛП, медиолатеральный размер, см	6,0 ± 0,2	5,9 ± 0,9	0,631
V ЛП, мл	116,7 ± 9,6	126,0 ± 30,0	0,184

Таблица 5

	ЛВЛВ	ЛПЛВ	ПЛЛВ	ПВЛВ
Среднее количество криоапликаций	1,4 ± 0,6	1,6 ± 0,8	1,7 ± 0,9	1,5 ± 0,6
Средняя длительность криоабляции, сек	274 ± 49	282 ± 53	295 ± 66	276 ± 49
Минимальная температура, среднее значение (°C)	51,0 ± 4,4	46,8 ± 4,5	48,7 ± 5,8	53,5 ± 4,2

конечные точки: отсутствие венозных потенциалов на всех полюсах катетера Lasso (при позиционировании в устьях ЛВ), отсутствие электрической активности миокарда в зоне абляций, блок входа и выхода по ходу абляционной линии. Показатель амплитуды биполярного сигнала с абляционной катетера < 0.1 мВ служил критерием отсутствия электрической активности миокарда. Присутствие изоэлектрической линии по ходу радиочастотной абляционной линии вокруг изолированных легочных вен диагностировалось пошагово во всех точках воздействий. В свою очередь, в качестве критериев эффективной изоляции ЛВ после криоабляции были взяты следующие параметры: стойкое стояние контраста в полости ЛВ во время абляции, достижение изоляции легочной вены менее чем за 75 секунд от начала крио-воздействия, отсутствие венозных потенциалов на всех полюсах катетера Achieve.

Статистические методы исследования

Статобработка данных проводилась с использованием встроенного пакета анализа табличного процессора Excel® 2016, авторского (© В.С. Шелудько, 2001-2016) пакета прикладных электронных таблиц (ППЭТ)

"Stat2015", отдельные расчёты – с помощью MedCalc® 15.8 Portable .

Средние и относительные величины представлены в виде доверительных (95 %) интервалов: средние – M ± 2m, относительные –% ± 2m.

При оценке статистической достоверности различий (p) в группах для количественных признаков (при нормальном распределении) использовалось сравнение средних (M) с помощью параметрических критериев – двухвыборочный t-критерий – гомоскедастический при равенстве дисперсий, гетероскедастический при неравенстве (различие дисперсий оценивалось с помощью критерия Фишера F, при отсутствии нормального распределения применялся U-критерий Манна-Уитни (U)). Различия считались достоверными при уровне значимости p < 0,05.

## Результаты и обсуждение

Изоляция ЛВ

Острая изоляция ЛВ в группе РЧА была достигнута у 100% пациентов, поскольку все ЛВ были успешно электрически изолированы. Среднее значение силы кон-

Таблица 6

	Группа 1 (РЧА) M ± 2m	Группа 2 (крио) M ± 2m	P
Процедуры, выполненные на фоне ритма ФП, (n) %	35 (100)	35 (100)	1,000
Синусовый ритм восстановлен интраоперационно с помощью ЭИТ, (n) % ± 2m	33	33	1,000
Общая длительность процедуры, мин.	125,3 ± 6,8	93,4 ± 7,3	<0,001
Длительность процедуры после трансатриальной пункции, мин.	103,3 ± 6,3	73,9 ± 6,2	<0,001
Общее время рентгеноскопии, мин.	5,06 ± 0,45	13,57 ± 0,87	<0,001
Дополнительная абляция • Абляция каватрикуспидального перешейка, (n) %	2 (5,7)	2 (5,7)	1,000

такта во время изоляции ЛВ составило 14,3±1,06. Пропорциональное распределение значения силы контакта во время процедуры было условно распределено на 3 группы: низкая (4-9), средняя (10-20) и высокая (21 и более). При этом было получено следующее процентное соотношение между этими группами: низкая – 33,5 ± 4,3 %, среднее 45,6 % ± 2,9%, высокое 20,9 % ± 4, 2.

Острая изоляция ЛВ в группе криоабляции была достигнута в 97,8% ЛВ, за исключением правой нижней ЛВ у трех пациентов. Среднее значение количества криоабляций для каждого из ЛВ распределилось следующим образом: ЛВЛВ – «1,4±0,6», ЛНЛВ – «1,6±0,8», ПВЛВ – «1,5±0,6», ПНЛВ – «1,7±0,9». Во время процедуры в 60% ЛВ удалось получить сигналы с катетера Achieve и в режиме реального времени отследить электрическую активность ЛВ. Интраоперационные параметры криоабляции представлены в таблице 5.

#### Дополнительная абляция после УЛВ

Перед предшествующей абляцией, в обеих группах, в анамнезе у пациентов кроме фибрилляции предсердий не было зарегистрировано других аритмий. После достижения изоляции ЛВ, у 33 пациентов в каждой группе сохранялся ритм ФП. В связи с этим, синусовый ритм был восстановлен с помощью ЭИТ. После восстановления синусового ритма, пациентам обеих групп повторно была подтверждена изоляция ЛВ. И по 2 (5,7%) пациента из каждой группы в течении процедуры имели переход ФП в трепетание предсердий. В результате чего им была успешно выполнена абляция каватрикуспидального перешейка.

#### Время процедуры

Общая продолжительность оперативного вмешательства, а также длительность процедуры после трансатриальной пункции была ниже в группе криоабляции. Среднее значение длительности процедуры после трансатриальной пункции в группе РЧА составило 103,3±6,3 мин., в группе криоабляции–73,9±6,2 мин. Среднее значение общей продолжительности процедуры было короче в группе криоабляции, чем в группе РЧА (93,4±7,3

против 125,3±6,8 мин, P<0,001). Однако, среднее значение времени рентгеноскопии было значительно больше в группе криоабляции, чем в группе РЧА (13,57±0,87 против 5,06±0,45, P<0,001).

#### Интраоперационные осложнения

Не было значительных различий в распространенности интраоперационных осложнений между группами криоабляции и РЧА. У одного пациента в группе криоабляции, во время изоляции ПЛВЛВ на 150 сек. воздействия возник парез левого диафрагмального нерва, с дальнейшим восстановлением его функции через 1 неделю. Также после трансатриальной пункции, при позиционировании баллона в ПЛВЛВ у одного пациента возник эпизод подъема сегмента ST, с последующим возвращением к нормальным исходным значениям после введения нитратов. Таких осложнений, как гемоперикард, нарушение мозгового кровообращения, постпункционная гематома не было зарегистрировано у пациентов ни одной из групп.

Интраоперационные результаты обеих групп представлены в таблице 6.

Результаты исследования демонстрируют сопоставимую эффективность криоабляции с РЧА для достижения острой изоляции ЛВ пациентов с персистирующей формой ФП при сопоставимом профиле безопасности. При этом длительность процедуры при криоабляции достоверно меньше, что еще раз подтверждает меньшую сложность технологии.

В крупнейшем из опубликованных на сегодняшний день рандомизированном исследовании «FIRE and ICE» проводилось сравнение интраоперационной и послеоперационной эффективности и безопасности радиочастотной и криобаллонной изоляции ЛВ при пароксизмальной форме ФП [11]. В данном исследовании общая длительность процедуры (ОДП) и длительность работы в ЛП, также как и в нашей работе, была короче при проведении криоабляции в сравнении с РЧА. Однако в нашей работе, для достижения изоляции ЛВ потребовалось меньшее время, чем в вышеописанном исследовании. Так в FIRE

and ICE ОДП при РЧА составила 141 мин (против 125 минут в нашем исследовании), длительность работы в ЛП - 109 мин (против 103 мин), а при КБА ОДП была равна 124 мин (против 93) и длительность работы в ЛП - 92 мин (против 74). Время рентгеноскопии, в «FIRE and ICE», было меньше при выполнении РЧА в сравнении с КБА. При этом если сопоставить с нашими результатами, то оно окажется практически в два раза больше для каждой из методик (РЧА: 16 мин против 5; КБА: 21.7 мин против 13.5). Такая разница в длительности процедуры и времени рентгеноскопии по нашему мнению связана с тем, что в исследовании «FIRE and ICE» в качестве криобаллона использовались оба поколения баллонов, а радиочастотные катетеры, кроме катетеров с датчиком давления, были представлены также обычными орошаемыми катетерами. Также в дизайне исследования после успешной криобаллонной изоляции ЛВ рекомендовалось провести бонусное воздействие. Достоверной разницы в частоте интраоперационных осложнений между двумя методиками в нашем исследовании и в «FIRE and ICE» не выявлено. Вышеперечисленные результаты демон-

стрируют преимущество использования криобаллона второго поколения над первым, и катетеров с датчиком давления над обычными орошаемыми катетерами для достижения острой изоляции ЛВ.

## Заключение

Интраоперационная эффективность и безопасность радиочастотной изоляции ЛВ катетером с датчиком давления «катетер-ткань» и криобаллонной изоляции ЛВ баллоном второй генерации при достижении острой изоляции ЛВ является сопоставимой. Общая длительность процедуры и длительность работы в левом предсердии достоверно короче при криобаллонной абляции в сравнении с РЧА. Время рентгеноскопии достоверно меньше при выполнении РЧА. ■

*Азизов С.Н., Коженев А.Т., Панин Д.В., Мелехина Ю.В., Некрасова А.Н. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии им С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Пермь)*

## Литература:

1. Kannel WB, Wolf PA, Benjamin EJ, et al. Prevalence, incidence, prognosis and predisposing conditions for atrial fibrillation: population-based estimates. *Am J Cardiol* 1998; 82:2N-9N.
2. Lfuentes-Lafuente C, Mouly S, Longas-Tejearo MA, Bergmann JF. Antiarrhythmics for maintaining sinus rhythm after cardioversion of atrial fibrillation. *Cochrane Database Syst Rev* 2007; 4:CD005049 e.
3. Natale A, Reddy VY, Monir G, et al. Paroxysmal AF catheter ablation with a contact force sensing catheter: results of the prospective, multicenter SMART-AF trial. *J Am Coll Cardiol* 2014; 64:647-56.
4. Furnkranz A, Bordignon S, Schmidt B, Gunawardene M, Schulte-Hahn B, Urban V, et al. Improved procedural efficacy of pulmonary vein isolation using the novel second-generation cryoballoon. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2013 May; 24(5):492-497.
5. Lemes C, Wissner E, Lin T, Mathew S, Deiss S, Rillig A, et al. One-year clinical outcome after pulmonary vein isolation in persistent atrial fibrillation using the second-generation 28 mm cryoballoon: a retrospective analysis. *Europace* 2016 Feb; 18(2):201-205.
6. Yalin, K., Abdin, A., Lyan, E., Sawan, N., Liosis, S., Elsner, C., ... Tilz, R. R. (2018). Safety and efficacy of persistent atrial fibrillation ablation using the second-generation cryoballoon. *Clinical Research in Cardiology*, 107(7), 570-577. doi:10.1007/s00392-018-1219-1
7. HUSSEIN, A. A., BARAKAT, A. F., SALIBA, W. I., TARAKJI, K. G., BASSIOUNY, M., BARANOWSKI, B., ... WAZNI, O. M. (2017). Persistent Atrial Fibrillation Ablation With or Without Contact Force Sensing. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 28(5), 483-488. doi:10.1111/jce.13179
8. Vogler J, Willems S, Sultan A, Schreiber D, Luker J, Servatius H, et al. Pulmonary Vein Isolation Versus Defragmentation: The CHASE-AF Clinical Trial. *J Am Coll Cardiol* 2015 Dec 22; 66(24):2743-2752.
9. Narayan SM, Krummen DE, Shivkumar K, et al. Treatment of atrial fibrillation by the ablation of localized sources: CONFIRM (Conventional Ablation for Atrial Fibrillation With or Without Focal Impulse and Rotor Modulation) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2012; 60:628-636
10. Sommer P, Kircher S, Rolf S, John S, Arya A, Dinov B, et al. Successful Repeat Catheter Ablation of Recurrent Longstanding Persistent Atrial Fibrillation With Rotor Elimination as the Procedural Endpoint: A Case Series. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2016 Mar; 27(3):274-280.
11. Kuck K.H., Brugada J., Furnkranz A. et al. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2016; Vol. 374(23): 2235-2245.
12. Божко Я.Г., Архипов М.В., Молодых С.В. Особенности ведения пациентов с дисфункцией синусового узла неишемического генеза: в фокусе синдром тахикардия-брадикардия. *Уральский медицинский журнал*. 2019. № 4 (172). С. 64-67.
13. Балужева Т.В., Гусев В.В., Улицкий И.Р. Лечение пациента с двумя последовательными эпизодами артериальной эмболии (клиническое наблюдение). *Уральский медицинский журнал*. 2017. № 10 (154). С. 8-12.
14. Беккер К.Н., Мишланов В.Ю., Кошурникова Е.П., Каткова А.В. Алгоритм оптимизации динамического наблюдения пациентов с сочетанным течением холм и сердечно-сосудистыми заболеваниями с использованием данных регионального электронного регистра больных. *Уральский медицинский журнал*. 2019. № 4 (172). С. 75-81.