Рубрика: клиническая электрофизиология

© Е.А. АРТЮХИНА, З.И. САТИНБАЕВ, 2024
© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2024

УДК 616.141-089
DOI: 10.15275/annaritmol.2024.2.5

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЛЕГОЧНЫХ ВЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «ИНДЕКС АБЛАЦИИ»

Тип статьи: оригинальная статья

***Е.А. Артюхина*[1], *З.И. Сатинбаев*[2]**

[1]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, ул. Большая Серпуховская, 27, Москва, 115093, Российская Федерация
[2]ФГБУЗ «Московский многопрофильный научно-клинический центр им. С.П. Боткина» ДЗ г. Москвы, 2-й Боткинский пр-д, 5, Москва, 125284, Российская Федерация

Артюхина Елена Александровна, д-р мед. наук, заведующий отделением; orcid.org/0000-0001-7065-0250
Сатинбаев Замирбек Иматиллаевич, сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением; orcid.org/0000-0001-9521-1457, e-mail: amplatzer007@mail.ru

Начиная с 2014 г. в отделении хирургического лечения сложных нарушений ритма и электрокардиостимуляции городской клинической больницы им. С.П. Боткина (г. Москва, РФ) выполняются радиочастотная изоляция устьев легочных вен с использованием навигационной технологии у пациентов с фибрилляцией предсердий. По мере появления новых технологий с 2014 г. по 2020 г. произошла эволюция катетерной изоляции легочных вен. В исследовании ретроспективно проанализировано 3 группы пациентов с использованием трех видов навигационных катетеров и технологий и выполнено сравнение их результатов. Также оценено преимущество технологии «Индекс аблации»

***Цель исследования** – оценить эффективность и безопасность проводимых катетерных аблаций при фибрилляции предсердий с использованием навигационной системы и катетерной аблации с использованием технологии «Индекс аблации».*

***Материал и методы.** В исследование включено 232 больных, которым проводили радиочастотную аблацию по поводу фибрилляции предсердий. Средний возраст составил 57,63±9,88 года. При эхокардиографии получены следующие данные: переднезадний размер левого предсердия в среднем составил 41,07±4,78 мм. Конечный диастолический объем в среднем составил 103,86±22,86 мл, а конечный систолический объем в среднем составил 41,18±11,86 мл. Фракция выброса левого желудочка, измеренная по методике Симпсона, в среднем составила 60,50±6,53%. Больные были разделены на 3 исследуемые группы. В первую группу вошли пациенты, которым проводили аблацию с применением катетера TermoCool Smart Touch с технологией «индекса аблации». Во вторую группу включены пациенты, которым проводили аблацию с применением катетера TermoCool Smart Touch, но без технологии «индекса аблации». В третью группу включены пациенты, перенесшие аблацию с применением катетера TermoCool SF.*

***Результаты.** Результат исследования оценивали каждые 3 мес в течение года. Среди трех групп самой эффективной была 3-я группа, где синусовый ритм по истечении 12 мес наблюдения отмечен у 81,03% больных, в 1-й и во 2-й группах эффективность была 63,64 и 68,75% соответственно.*

***Заключение.** У пациентов с пароксизмальной и персистирующей формой фибрилляции предсердий, без структурной патологии сердца и сохраненным гомеостазом, радиочастотная изоляция устьев легочных вен является высокотехнологическим, современным и эффективным методом лечения фибрилляции предсердий. Методом выбора является радиочастотная изоляция легочных вен левого предсердия с помощью навигационной системы с использованием нового модуля аблации – «индекса аблации».*

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, катетерная радиочастотная аблация, индекс аблации

RESULTS OF RADIOFREQUENCY PULMONARY VEIN ISOLATION USING THE «ABLATION INDEX» TECHNIQUE

***E.A. Artyukhina*[1], *Z.I. Satinbaev*[2]**

[1]Vishnevskiy Institute of Surgery, Moscow, 117997, Russian Federation
[2]Botkin City Clinical Hospital, Moscow, 125284, Russian Federation

Elena A. Artyukhina, Dr. Med. Sci., Head of Department;
orcid.org/0000-0001-7065-0250
Zamirbek I. Satinbaev, Cardiovascular Surgeon, Head of Department;
orcid.org/0000-0001-9521-1457, e-mail: amplatzer007@mail.ru

Since 2014, in the department of surgical treatment of complex rhythm disorders and cardiac pacing of the city clinical hospital named after. S.P. Botkin (Moscow, Russia) performs radiofrequency isolation of the pulmonary vein ostia using navigation technology in patients with atrial fibrillation. With the advent of new technologies, the evolution of catheter isolation of pulmonary veins took place from 2014 to 2020. The study retrospectively analyzed three groups of patients using three types of navigation catheters and technologies and compared their results. The advantage of the «ablation index» technology is also evaluated

Objective. *To evaluate the effectiveness and safety of catheter ablation for atrial fibrillation using a navigation system and catheter ablation using the Ablation Index technology.*

Materials and methods. *The study included 232 patients who underwent RFA for atrial fibrillation. The average age was 57.63 ± 9.88 years. According to the echocardiogram, the following data were obtained: the anteroposterior size of the left atrium was on average 41.07 ± 4.78 mm. The average EDV was 103.86 ± 22.86 ml, and the ESR was 41.18 ± 11.86 ml on average. And the LV ejection fraction, measured using the Simpson method, averaged 60.50 ± 6.53%. The patients were divided into four study groups. The first group included patients who underwent ablation using the TermoCool Smart Touch catheter with ablation index technology. The second group included patients who underwent ablation using the TermoCool Smart Touch catheter, but without ablation index technology. The third group included patients who underwent ablation using a TermoCool SF catheter.*

Results. *The outcome of the study was assessed every 3 months for a year. Among the three groups, the most effective was the third group, where sinus rhythm after 12 months of observation was in 81.03% of patients; in the first and second groups the effectiveness was 63.64% and 68.75%, respectively.*

Conclusion. *Radiofrequency pulmonary vein isolation using index ablation technology is a highly effective treatment for atrial fibrillation. This result significantly exceeds the results of other groups, which makes this technology preferable in clinical practice.*

Keywords: atrial fibrillation, catheter radiofrequency ablation, ablation index, CARTO-3 navigation system

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) является наиболее распространенной устойчивой аритмией, с которой сталкиваются более 30 млн человек по всему миру [1–3]. ФП ассоциирована с двукратным повышением риска преждевременной смерти [4], а также с серьезными сердечно-сосудистыми осложнениями, такими как сердечная недостаточность [5], инсульт [6] и инфаркт миокарда [7].

Изоляция легочных вен с применением катетерной аблации (КА) является вариантом лечения симптоматической ФП, рекомендованным в клинических руководствах и наиболее часто используемым в качестве терапии первого или второго ряда после антиаритмической терапии [8–11]. Существует несколько технологий для изоляции легочных вен при проведении КА, включая радиочастотную аблацию и криоаблацию.

Частота рецидивов ФП после аблации остается высокой, несмотря на использование новых технологий и датчиков Contact-Force и Force-Time Integral. Катетеры с датчиками силы контакта широко используются в рамках КА, однако сила контакта не учитывает радиочастотную силу [8]. Недостаточная подача радиочастотной энергии может привести к формированию субоптимального повреждения ткани, в то время как чрезмерная подача может вызвать такие осложнения, как тампонада сердца [9].

Реконнекция между легочными венами и левым предсердием приводит к рецидивам всех типов ФП после успешной аблации [12–14]. Таким образом, длительная изоляция легочных вен необходима для предотвращения рецидивов аритмий. Однако соотношение легочных вен, которые остаются хронически изолированными после радиочастотной катетерной аблации (РЧА), остается низким [15, 16].

Технология Ablation Index (AI) – новый маркер качества аблации, объединяющий силу контакта, время и силу тока в одной формуле, может быть полезной для длительной изоляции легочных вен [17, 18].

Материал и методы

Исследование было выполнено за период с 2014 г. по 2021 г. на базе отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма и электрокардиостимуляции Городской клинической больницы им. С.П. Боткина (Москва, РФ). В исследование было включено 173 пациента с ФП, которым проводилась РЧА.

Пациенты были разделены на 3 группы:

В 1-ю группу были включены пациенты (n=50), которым РЧА проводилась с помощью катетеров ThermoCool Surroundflow (SF) NaviStar (Biosense Webster) за период с 2014 г. по 2016 г.

Во 2-ю группу были включены пациенты (n=56), которым РЧА проводилась с помощью катетеров ThermoCool SmartTouch (Biosense Webster) за период с 2016 г. по 2019 г.

В 3-ю группу были включены пациенты (n=67), которым РЧА проводилась с помощью катетеров ThermoCool SmartTouch (Biosense Webster), но уже с использованием технологии «Ablation Index», за период с 2019 г. до 2021 г.

Таким образом, исследование является ретроспективным анализом послеоперационных результатов эндоваскулярного лечения пациентов с ФП с использованием трех поколений катетеров для РЧА легочных вен.

В исследование не были включены пациенты после РЧА в случае потери связи с пациентом, невозможности пройти регулярное ХМ ЭКГ, при отказе пациента от дальнейшего участия в исследовании и в случае внегоспитальной смерти пациента по причинам, не связанным с РЧА.

В исследовании средний возраст пациентов (n=173) составил 57,63±9,88 года, женщин было 40,95%, мужчин – 59,05%.

В исследовании эхокардиографические показатели всех пациентов (n=173) составили в среднем: переднезадний размер ЛП – 41,07±4,78 мм, КДО – 103,86±22,86 мл, КСО – 41,18±11,86 мл, фракция выброса ЛЖ, измеренная по методике Симпсона, составила в среднем 60,50±6,53% (табл. 1).

Дизайн исследования

Исследования проводили в условиях ИВЛ и тотального внутривенного и эндотрахеального наркоза. Во всех группах пункция межпредсердной перегородки (МПП) осуществлялась под контролем чреспищеводной эхокардиографии и рентгеноскопии. Построение анатомической карты левого предсердия проводилось с использованием навигационной системы «CARTO 3» (Biosense Webster) по методике FAM (fast anatomical mapping). Далее полученные данные объединены с данными ранее выполненной компьютерной томографии. Все радиочастотные воздействия были выполнены навигационными катетерами (ThermoCool NaviStar – Biosense Webster).

Таблица 1

Эхокардиографические показатели всех пациентов исследования в среднем (n=173)

Показатель	Значение
ЛП, мм	41,07±4,78
КДО, мл	103,86±22,86
КСО, мл	41,18±11,86
ФВЛЖ, %	60,50±6,53

В 1-ю группу были включены пациенты (n=50), которым была выполнена радиочастотная изоляция легочных вен с помощью орошаемых электродов ThermoCool Surroundflow NaviStar (Biosense Webster). Параметры аблации составляли: мощность 30–35 W, скорость орошения 15 мл/мин, время воздействия на каждой точке 20–25 с, расстояние между точками менее 5 мм. Конструктивной особенностью данных электродов является наличие 64 отверстий на дистальном кончике, что обеспечивает обильное орошение зоны воздействия, что в свою очередь повышает мощность РЧА. Повышенная мощность воздействия призвана обеспечить трансмуральное повреждение миокарда предсердия. Во всех случаях у пациентов 1-й группы интраоперационно была достигнута электрическая изоляция легочных вен, несмотря на отсутствие убедительных данных о силе контакта электрода с миокардом предсердия во время операции (рис. 1).

В 1-й группе исследования при аблации использовалась технология «Total time», которая заключалась в том, что на анатомической карте точки РЧА при достижении 20 с воздействия окрашивались красным цветом. При этом в случае недостаточного РЧ-воздействия вследствие смещения электрода или короткого времени воздействия (менее 20 с) точки РЧА на трехмерной анатомической карте (Fast anatomical mapping) окрашивались розовым цветом, что требовало дополнительного РЧ-воздействия в данной области.

Во 2-й группе (n=56) пациентам радиочастотная изоляция легочных вен проводилась с помощью контактчувствительных орошаемых катетеров ThermoCool SmartTouch (Biosense Webster). Параметры аблации составили: мощность 30–35 W, скорость орошения 30 мл/мин, время воздействия на каждой точке 20–30 с, расстояние между точками составило менее 5 мм.

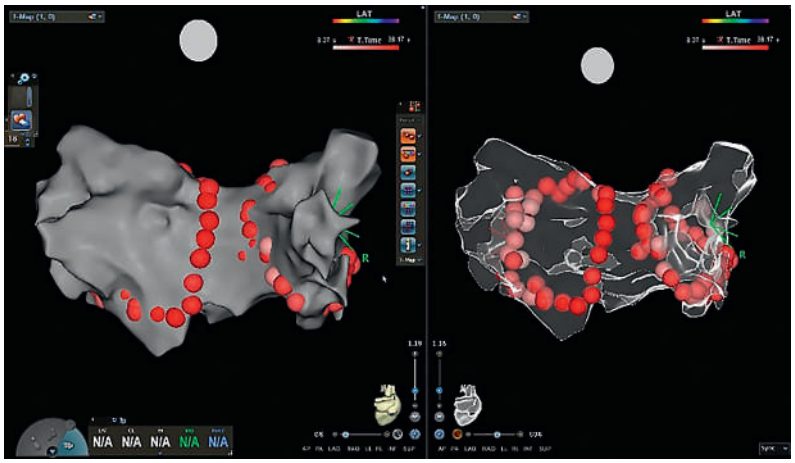

Рис. 1. Трехмерная 3D-анатомическая карта левого предсердия и линии антральной изоляции коллекторов легочных вен в виде красных точек после использования катетеров с обильным орошением «ThermoCool SF»

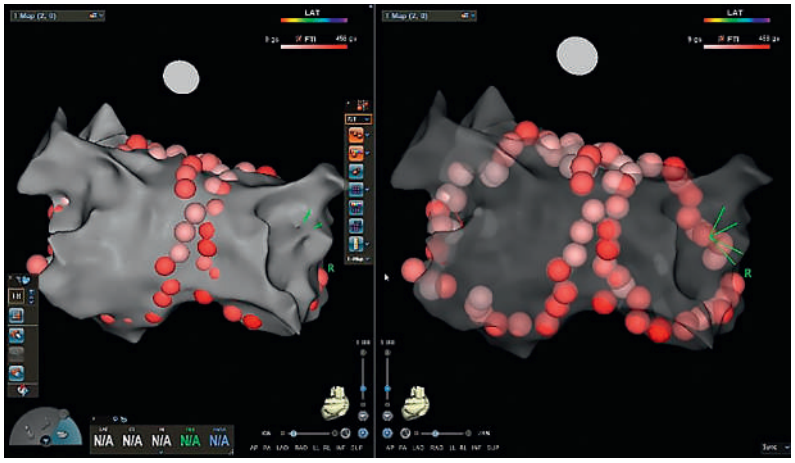

Рис. 2. Трехмерная 3D-анатомическая карта левого предсердия и линии радиочастотной изоляции легочных вен с использованием контактчувствительных катетеров SmartTouch программы «Visitag»

В данной группе использовалось программа «Visitag», позволяющая осуществить визуализацию контакта с миокардом на 3D-анатомической карте (Fast anatomical mapping), контролировать силу прижатия электрода к миокарду и силу радиочастотного тока в конкретной точке аблации (рис. 2). Необходимо отметить, что при данной методике оперирующий хирург вынужден в постоянном режиме интраоперационно контролировать три параметра РЧА: силу контакта электрода с миокардом, мощность воздействия и время аблации.

В 3-й группе (n=67) для радиочастотной изоляции легочных вен были использованы контактчувствительные орошаемые катетеры ThermoCool SmartTouch (Biosense Webster)

Параметры аблации составили: мощность воздействия 30–35 W, скорость орошения 30 мл/мин, время воздействия на каждой точке 20–30 с, расстояние между точками менее 5 мм. Однако в отличие от 2-й группы, в 3-й группе исследования использовалась новая технология аблации – «Индекс аблации» («Ablation Index»). Данная методика позволяет автоматически вычислять соотношение мощности аблации, степени прижатия электрода к миокарду и время воздействия, соответственно глубина повреждения миокарда вычисляется автоматически. Данный показатель совместно с легочными потенциалами позволяет хирургу судить о трансмуральном воздействии РЧА.

В исследовании непрерывное линейное радиочастотное воздействие достигалось по технике «точка за точкой» с достижением целевого значения «Индекса аблации» 400–420 по задней стенке и 500 по передней стенке и крыше левого предсердия и до достижения замкнутого круга. В некоторых случаях при недостижении блока входа и выхода было выполнено дополнительное сегментарное или точечное воздействие, позволяя хирургу ориентироваться на «Индекс аблации», электрограмму с легочных вен и достижение электрического блока проведения импульса. Использовалась мощность аблации 40 W (редко 45 W, в основном в области ridge). Скорость орошения аблационного катетера составила 30 мл/мин (рис. 3).

Рис. 3. Трехмерная 3D-анатомическая карта левого предсердия. Линии антральной радиочастотной изоляции легочных вен с использованием катетеров «SmartTouch» и технологии «Индекса аблации» указаны красными точками

Приводим характеристики групп пациентов.

Пациенты 1-й группы. В 1-ю группу были включены 50 пациентов, минимальный возраст пациентов 45 лет, максимальный – 72 года, средний возраст составил 57,27±11,73 года, женщин было 32% (n=16), мужчин – 68% (n=34) (табл. 2).

При эхокардиографии получены следующие данные: переднезадний размер ЛП в среднем составил 41,10±5,22 мм, КДО в среднем составил 103,61±14,72 мл, а КСО в среднем 42,13±9,54 мл. Фракция выброса ЛЖ, измеренная по методике Симпсона, в среднем составила 59,14±5,65% (табл. 3).

Пациенты 2-й группы. Во 2-ю группу были включены 56 пациентов, возраст пациентов был от 28 лет до 72 года, средний возраст составил 56,15±10,45 года, женщины составили 35,71% (n=20), а мужчины – 64,29% (n=36) (см. табл. 2).

При эхокардиографии получены следующие данные: переднезадний размер ЛП в среднем составил 40,47±4,38 мм, КДО в среднем 101,21±21,52 мл, а КСО в среднем 39,43±12,76 мл. Фракция выброса ЛЖ, измеренная по методике Симпсона, в среднем 61,24±6,94% (см. табл. 3).

Пациенты 3-й группы. В 3-ю группу вошли 67 пациентов. Возраст пациентов колебался от 40 до 74 лет, в среднем составил 60,16±9,77 года. Женщины составили 43,28% (n=29), мужчины – 56,71% (n=38) (см. табл. 2).

Параметры эхокардиографии в 3-й группе следующие: размер ЛП в среднем составил 41,22±4,67 мм, КДО в среднем составил 105,92±19,23 мл, а КСО в среднем 42,13±10,36 мл, ФВ ЛЖ в среднем 60,72±7,11% (см. табл. 3).

Во всех группах исследования в послеоперационном периоде эффективность процедуры РЧА оценивалась по результатам ЭКГ, результатам суточного холтеровского мониторирования ЭКГ (ХМЭКГ) через 3, 6 и 12 мес после РЧА. Результаты суточного ХМЭКГ были переданы врачу лично в руки или передавались в электронном виде с помощью приложения WhatsApp или по электронной почте.

Таблица 2

Демографические показатели пациентов

Группы пациентов	Число пациентов	Мужчины (%), в среднем	Возраст, (годы) в среднем
1-я	50	68,00	57,27±11,73
2-я	56	64,29	56,15±10,45
3-я	67	56,71	60,16±9,77

Таблица 3

Эхокардиографические показатели пациентов

Группы пациентов	ЛП, мм	КДО, мл	КСО, мл	ФВЛЖ, %
1-я (n=50)	41,10±5,22	103,61±14,72	42,13±9,54	59,14±5,65
2-я (n=56)	40,47±4,38	101,21±21,52	39,43±12,76	61,24±6,94
3-я (n=67)	41,22±4,67	105,92±19,23	42,13±10,36	60,72±7,11

Результаты

Во всех группах исследования хирургических осложнений, связанных с РЧА, не было.

Результаты 1-й группы исследования

В 1-й группе (n=50) через 3 мес после проведенной операции у 42 больных сохранялся синусовый ритм по данным ХМЭКГ. На 6-й месяц у 39 из них отмечен синусовый ритм, а на 9-й месяц у 33 больных сохранялся синусовый ритм. На конец исследования у 28 из 44 оставшихся в исследовании больных отмечен стойкий синусовый ритм. В связи с тем что через 12 мес в п/о периоде у 16 больных был зарегистрирован пароксизм фибрилляции предсердий, можно констатировать, что по мере продолжения исследования отмечается снижение эффективности РЧА с 84,00% через 3 мес после РЧА до 63,64% через 12 мес после РЧА (рис. 4).

Результаты 2-й группы исследования

Из 56 пациентов 2-й группы исследования по данным ЭКГ и ХМЭКГ в п/о периоде сохранялся синусовый ритм: через 3 мес у 43 пациентов, через 6 мес у 43 пациентов, через 9 мес у 36 пациентов, через 12 мес у 33 пациентов.

Из 2-й группы в течение времени по разным причинам были исключены 8 больных, и на конец исследования у 15 пациентов был зарегистрирован по крайней мере один эпизод стойкого пароксизма фибрилляции предсердий. Таким образом, по мере продолжения исследования было отмечено снижение эффективности РЧА с 79,63% на 3-й месяц п/о периода до 68,75% к 12-му месяцу п/о наблюдения (рис. 5).

Результаты 3-й группы исследования

По данным ЭКГ и ХМЭКГ, из 67 пациентов 3-й группы исследования сохранялся синусовый ритм: через 3 мес в п/о периоде у 60 больных, через 6 мес – у 56, через 9 мес – у 49 пациентов, через 12 мес в п/о периоде у 47 пациентов из 58 оставшихся в данной группе больных отмечен стойкий синусовый ритм. В течение времени из 3-й группы были исключены 9 больных, на конец исследования у 11 пациентов был зарегистрирован пароксизм фибрилляции предсердий. Таким образом, по мере продолжения исследования было отмечено снижение эффективности РЧА с 89,55% через 3 мес в п/о периоде до 81,03% на 12-й месяц исследования (рис. 6).

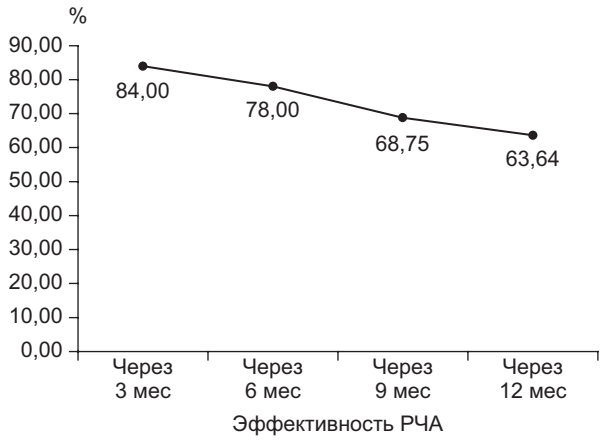

Рис. 4. Результаты пациентов 1-й группы

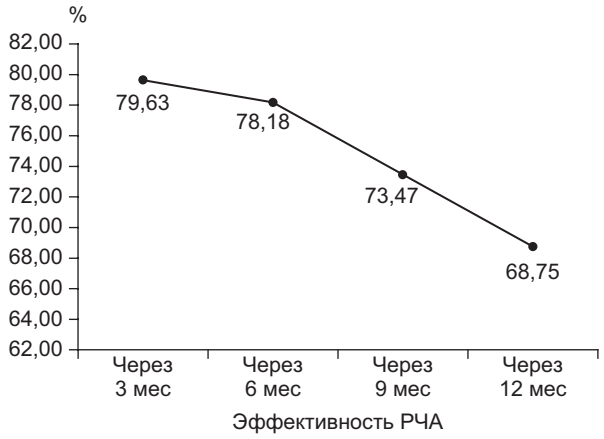

Рис. 5. Результаты пациентов 2-й группы

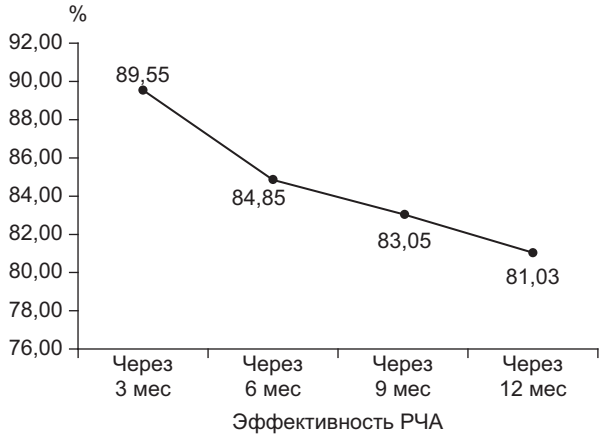

Рис. 6. Результаты пациентов 3-й группы

Обсуждение

Изоляция легочных вен с помощью катетерной РЧА является основным методом хирургического лечения симптоматической ФП. Данная процедура рекомендована клиническими руководствами к применению и наиболее часто используется в качестве первого или второго ряда лечения ФП после антиаритмической терапии.

Частота рецидивов ФП в длительном п/о периоде после катетерной РЧА остается высокой, несмотря на использование новых технологий и датчиков «Contact-Force» и «Force-Time integral» с датчиками мощности/контакта, но данные датчики не учитывают силу РЧА [19]. Важно учитывать, что недостаточная сила РЧА может не обеспечить необходимое трансмуральное повреждение миокарда, а привести только к формированию субоптимального повреждения, одновременно с этим избыточная сила РЧА может привести к интраоперационной перфорации миокарда, особенно у пожилых пациентов, с возникновением такого грозного хирургического осложнения, как гемоперикард и тампонада сердца [20].

Реконнекция между легочными венами и миокардом левого предсердия в п/о периоде приводит к рецидивам ФП несмотря на успешное интраоперационное создание блока проведения электрического импульса при РЧА [21, 22]. В связи с этим сохраняющаяся изоляция легочных вен в длительном п/о периоде имеет важное значение для предотвращения рецидивов ФП. Однако процентное соотношение легочных вен, которые остаются хронически изолированными после РЧА в длительном п/о периоде, до настоящего времени остается низким [23].

Поздняя реконнекция минимум 1 легочной вены у примерно 70% пациентов даже после успешно завершенной интраоперационной изоляции легочных вен является ахиллесовой пятой РЧА [9]. Несмотря на то что применение современных контактчувствительных катетеров и использование Forcetime integral (FTI) аблации улучшает исход процедуры РЧА, от 38 до 65% пациентов страдают от ФП вследствие реконнекции легочных вен в отдаленном п/о периоде [24]. Данную проблему может решить новая технология «Ablation Index», которая призвана обеспечить надежную изоляцию легочных вен в отдаленном п/о периоде [25].

Формула «Ablation Index» представлена ниже, где постоянные заменены буквами.

$$Ablation\ Index = \left(K * \int_{0}^{t} CF^{a}(\tau)\, P^{b}(\tau)\, d\tau\right)^{c}$$

Формула была недавно включена в электронную программу мониторинга качества повреждения при аблации в автоматизированную систему оценки повреждения (VisiTag) в CARTO 3 V4 3D электроанатомической системы картирования (Biosense Webster, Inc, Diamond Bar, CA). Мультицентровое ретроспективное исследование, включающее повторные процедуры РЧА через 2 мес, определило минимальную зону реконнекции легочных вен после применения технологии «Ablation Index» [25].

Заключение

При изучении результатов операций наиболее высокая степень сохранения синусового ритма по истечении 12 мес п/о наблюдения была выявлена у пациентов 3-й группы – 81,03% случаев, в отличие от пациентов 2-й группы, где синусовый ритм отмечен в 68,75% случаев, а также 1-й группы, где синусовый ритм сохранился только в 63,64% случаев.

При использовании технологии «Индекс аблации» («Ablation Index») эффективность процедуры растет, что, по всей видимости, связано с более выраженным трансмуральным повреждением миокарда. Процедура сопоставима по времени с традиционными методиками РЧА и не вызывает грозных хирургических осложнений.

У пациентов с ФП без структурной патологии сердца и сохраненным гомеостазом радиочастотная изоляция устьев легочных вен является высокотехнологическим, современным и эффективным методом лечения ФП. При этом методом выбора является РЧА легочных вен с помощью навигационной системы с использованием нового модуля аблации – «Индекс аблации».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

1. Chugh S.S., Havmoeller R., Narayanan K, Singh D., Rienstra M., Benjamin E.J. et al. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation.* 2014; 129 (8): 837–847. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005119
2. Themistoclakis S., Raviele A., China P., Pappone C., De Ponti R., Revishvili A. et al. Prospective European survey on atrial fibrillation ablation: clinical characteristics of patients and ablation strategies used in different countries. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2014; 25 (10): 1074–1081. DOI: 10.1111/jce.12462
3. Krijthe B.P., Kunst A., Benjamin E.J., Lip G.Y.H, Franco O.H., Hofman A. et al. Projections on the number of individuals with atrial fibrillation in the European Union, from 2000 to 2060. *Eur. Heart J.* 2013; 34 (35): 2746–2751. DOI: 10.1093/eurheartj/eht280

4. Benjamin E.J., Wolf P.A., D'Agostino R.B., Silbershatz H., Kannel W.B., Levy D. et al. Impact of atrial fibrillation on the risk of death: the Framingham Heart Study. *Circulation.* 1998; 98 (10): 946–952. DOI: 10.1161/01.cir.98.10.946
5. Vermond R.A., Geelhoed B., Verweij N., Tieleman R., Van der Harst P., Hillege H.L. et al. Incidence of atrial fibrillation and relationship with cardiovascular events, heart failure, and mortality: a community-based study from the netherlands. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2015; 66 (9): 1000–1007. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.06.1314
6. Lin H.J., Wolf P.A., Kelly-Hayes M., Beiser A.S., Kase C.S., Benjamin E.J. et al. Stroke severity in atrial fibrillation. The Framingham Study. *Stroke.* 1996; 27 (10): 1760–1764. DOI: 10.1161/01.str.27.10.1760
7. Soliman E.Z., Safford M.M., Muntner P., Khodneva Y., Dawood F.Z., Zakai N.A. et al. Atrial fibrillation and the risk of myocardial infarction. *JAMA Intern. Med.* 2014; 174 (1): 107–114. DOI: 10.1001/jamainternmed.2013.11912
8. Kirchhof P., Benussi S., Kotecha D., Ahlsson A., Atar D., Barbara Casadei D.A.B. et al. 2016 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (38): 2893–2962. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw210
9. Calkins H., Hindricks G., Cappato R., Kim Y.H., Eduardo B., Saad E.B. et al. 2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2017; 14 (10): e275-e444. DOI: 10.1016/j.hrthm.2017.05.012
10. January C.T., Wann L.S., Alpert J.S., Calkins H., Cigarroa J.E., Cleveland J.C. Jr. et al. ACC/AHA Task Force Members et al., 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation.* 2014; 130 (23): 2071–2104. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000040
11. 2019 AHA/ACC/HRS Focused Update of the 2014 AHA/ACC/HRS Guideline for the Management of Patients With Atrial Fibrillation: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation.* 2019; 140 (6): e285. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000719
12. Cappato R., Negroni S., Pecora D., Bentivegna S., Lupo P.P., Carolei A. et al. Prospective assessment of late conduction recurrence across radiofrequency lesions producing electrical disconnection at the pulmonary vein ostium in patients with atrial fibrillation. *Circulation.* 2003; 108 (13): 1599–1604. DOI: 10.1161/01.CIR.0000091081.19465.F1
13. Nanthakumar K., Plumb V.J., Epstein A.E., Veenhuyzen G.D., Link D., Neal Kay G.N. et al. Resumption of electrical conduction in previously isolated pulmonary veins: rationale for a different strategy? *Circulation.* 2004; 109 (10): 1226–1229. DOI: 10.1161/01.CIR.0000121423.78120.49
14. Ouyang F., Tilz R., Chun J., Schmidt B., Wissner E., Zerm T. et al. Long-term results of catheter ablation in paroxysmal atrial fibrillation: lessons from a 5-year follow-up. *Circulation.* 2010; 122 (23): 2368–2377. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.946806
15. Neuzil P., Reddy V.Y., Kautzner J., Petru J., Wichterle D., Shah D. et al., Electrical reconnection after pulmonary vein isolation is contingent on contact force during initial treatment: results from the EFFICAS I study. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2013; 6 (2): 327–333. DOI: 10.1161/CIRCEP.113.000374
16. Kautzner J., Neuzil P., Lambert H., Peichl P., Petru J., Cihak R. et al. EFFICAS II: optimization of catheter contact force improves outcome of pulmonary vein isolation for paroxysmal atrial fibrillation. *Europace.* 2015; 17 (8): 1229–1235. DOI: 10.1093/europace/euv057
17. Das M., Loveday J.J., Wynn G.J., Gomes S., Saeed Y., Bonnett L.J. et al. Ablation index, a novel marker of ablation lesion quality: prediction of pulmonary vein reconnection at repeat electrophysiology study and regional differences in target values. *Europace.* 2017; 19 (5): 775–783. DOI: 10.1093/europace/euw105
18. Solimene F., Schillaci V., Shopova G., Urraro F., Arestia A., Iuliano A. et al. Safety and efficacy of atrial fibrillation ablation guided by Ablation Index module. *J. Interv. Card. Electrophysiol.* 2019; 54 (1): 9–15. DOI: 10.1007/s10840-018-0420-5
19. Verma A., Jiang C.-Y., Betts T.R., Chen J., Deisenhofer I., Mantovan R. et al. Approaches to catheter ablation for persistent atrial fibrillation. *N. Engl. J. Med.* 2015; 372 (19): 1812–1822. DOI: 10.1056/NEJMoa1408288
20. Haïssaguerre M., Sanders P., Hocini M., Takahashi Y., Rotter M., Sacher F. et al. Catheter ablation of long-lasting persistent atrial fibrillation: critical structures for termination. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2005; 16 (11): 1125–1137. DOI: 10.1111/j.1540-8167.2005.00307
21. Pappone C., Augello G., Sala S., Gugliotta F., Vicedomini G., Gulletta S. et al. A randomized trial of circumferential pulmonary vein ablation versus antiarrhythmic drug therapy in paroxysmal atrial fibrillation: the APAF Study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 48 (11): 2340–2347. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.08.037
22. Kuck K.-H., Brugada J., Fürnkranz A., Metzner A., Ouyang F., Chun K.R.J. et.al. Cryoballoon or radiofrequency ablation for paroxysmal atrial fibrillation. *N. Engl. J. Med.* 2016; 374 (23): 2235–2245. DOI: 10.1056/NEJMoa1602014
23. Marrouche N.F., Brachmann J., Andresen D., Siebels J., Boersma L., Jordaens L. et al. Catheter ablation for atrial fibrillation with heart failure. *N. Engl. J. Med.* 2018; 378 (5): 417–427. DOI: 10.1056/NEJMoa1707855
24. January C.T., Wann L.S., Calkins H., Chen L.Y., Cigarroa J.E., Cleveland J.C. Jr. et al. 2019 AHA/ACC/HRS focused update of the 2014 AHA/ACC/HRS guideline for the management of patients with atrial fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2019; 74 (1): 104–132. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.01.011
25. Di Biase L., Elayi C.S., Fahmy T.S., Martin D.O., Ching C.K., Barrett C. et al. Ablation strategies for paroxysmal atrial fibrillation. *Circulation.* 2016; 134 (11): 823–833. DOI: 10.1161/CIRCEP.108.798447

Поступила 12.02.2024
Принята к печати 18.03.2024