

## Нефлюороскопический подход к катетерному лечению фибрилляции предсердий

Сапельников О. В.<sup>1</sup>, Ардус Д. Ф.<sup>1</sup>, Костин В. С.<sup>1</sup>, Ускач Т. М.<sup>1,2</sup>, Черкашин Д. И.<sup>1</sup>, Гришин И. Р.<sup>1</sup>, Богатырева К. Б.<sup>1</sup>, Емельянов А. В.<sup>1</sup>, Куликов А. А.<sup>1</sup>, Николаева О. А.<sup>3</sup>, Акчурин Р. С.<sup>1</sup>

В статье представлены литературные данные по имеющимся в настоящее время исследованиям применения методики нефлюороскопического подхода к катетерному лечению фибрилляции предсердий. Отображены недостатки стандартного проведения катетерной абляции с применением рентгеновского излучения. Изложены результаты имеющихся работ по применению внутрисердечной эхокардиографии как одной из наиболее перспективных и безопасных визуализирующих методик при проведении транскатетерных вмешательств. Также представлен первый опыт применения безрентгеновской методики на территории Российской Федерации в виде пилотного исследования. За период с декабря 2017г по декабрь 2019г было выполнено 28 радиочастотных абляций и 40 криобаллонных абляций легочных вен без применения флюороскопии с использованием системы трехмерного навигационного картирования и внутрисердечной эхокардиографии. Несмотря на небольшое количество крупных исследований в данной сфере, клинические случаи, описанные в литературе, а также собственные результаты демонстрируют безопасность использования систем трехмерного навигационного картирования в сочетании с внутрисердечной эхокардиографией как альтернативы рентгеновской визуализации. Применение подхода представляет несомненный практический интерес и требует дальнейшего изучения в крупных исследованиях.

**Ключевые слова:** фибрилляция предсердий, радиочастотная абляция, катетерная криоабляция, нефлюороскопический подход.

**Отношения и деятельность:** нет.

<sup>1</sup>ФГБУ НМИЦ Кардиологии Минздрава России, Москва; <sup>2</sup>ФГБОУ ДПО Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, Москва; <sup>3</sup>ГБУЗ ГКБ им. И. В. Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия.

Сапельников О. В. — д.м.н., г.н.с. лаборатории хирургических и рентгенхирургических методов лечения нарушений ритма сердца отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0002-5186-2474, Ардус Д. Ф.\* — клинический ординатор отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0001-8305-

1855, Костин В. С. — м.н.с. лаборатории хирургических и рентгенхирургических методов лечения нарушений ритма сердца отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0001-5438-3965, Ускач Т. М. — д.м.н., в.н.с. отдела заболеваний миокарда и сердечной недостаточности; профессор кафедры кардиологии, ORCID: 0000-0003-4318-0315, Черкашин Д. И. — к.м.н., хирург отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0003-1679-1719, Гришин И. Р. — к.м.н., хирург отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0001-5839-1858, Богатырева К. Б. — м.н.с. лаборатории хирургических и рентгенхирургических методов лечения нарушений ритма сердца отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0002-2464-8210, Емельянов А. В. — к.м.н., хирург отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0002-4027-2524, Куликов А. А. — м.н.с. отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0003-0043-6472, Николаева О. А. — врач-кардиолог центра персонализированной медицины, ORCID: 0000-0001-6833-8938, Акчурин Р. С. — академик РАН, зам. генерального директора по хирургии, ORCID: 0000-0002-6726-4612.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):  
darina.ardus@gmail.com

ВСЭхоКГ — внутрисердечная эхокардиография, КБА — криобаллонная абляция, МРТ — магнитно-резонансная томография, РЧА — радиочастотная абляция, ФП — фибрилляция предсердий.

**Рукопись получена** 24.05.2020

**Рецензия получена** 14.08.2020

**Принята к публикации** 21.08.2020



**Для цитирования:** Сапельников О. В., Ардус Д. Ф., Костин В. С., Ускач Т. М., Черкашин Д. И., Гришин И. Р., Богатырева К. Б., Емельянов А. В., Куликов А. А., Николаева О. А., Акчурин Р. С. Нефлюороскопический подход к катетерному лечению фибрилляции предсердий. *Российский кардиологический журнал*. 2020;25(12):3928. doi:10.15829/1560-4071-2020-3928

## Nonfluoroscopic catheter ablation in patients with atrial fibrillation

Sapelnikov O. V.<sup>1</sup>, Ardus D. F.<sup>1</sup>, Kostin V. S.<sup>1</sup>, Uskach T. M.<sup>1,2</sup>, Cherkashin D. I.<sup>1</sup>, Grishin I. R.<sup>1</sup>, Bogatyreva K. B.<sup>1</sup>, Emelyanov A. V.<sup>1</sup>, Kulikov A. A.<sup>1</sup>, Nikolaeva O. A.<sup>3</sup>, Akchurin R. S.<sup>1</sup>

The article demonstrates available literature data on the nonfluoroscopic catheter ablation of atrial fibrillation (AF). The main disadvantages of standard fluoroscopic catheter ablation are shown. The research results on the use of intracardiac echocardiography are presented. The first experience of using the fluoroscopy-free procedure in Russia as a pilot study is also presented. During the period from December 2017 to December 2019, 28 radiofrequency ablations and 40 pulmonary vein cryoballoon ablations were performed without fluoroscopy using three-dimensional imaging and intracardiac echocardiography. Despite the small number of large studies in this area, clinical cases described in the literature, as well as their own results, demonstrate the safety of using three-dimensional imaging in combination with intracardiac echocardiography as an alternative to fluoroscopy. Application of the approach is of undoubted practical interest and requires further study in large studies.

**Key words:** atrial fibrillation, radiofrequency ablation, cryoballoon ablation, nonfluoroscopic ablation.

**Relationships and Activities:** none.

<sup>1</sup>National Medical Research Center of Cardiology, Moscow; <sup>2</sup>Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow; <sup>3</sup>I. V. Davydovsky City Clinical Hospital, Moscow, Russia.

Sapelnikov O. V. ORCID: 0000-0002-5186-2474, Ardus D. F.\* ORCID: 0000-0001-8305-1855, Kostin V. S. ORCID: 0000-0001-5438-3965, Uskach T. M. ORCID: 0000-0003-4318-0315, Cherkashin D. I. ORCID: 0000-0003-1679-1719, Grishin I. R. ORCID: 0000-0001-5839-1858, Bogatyreva K. B. ORCID: 0000-

0002-2464-8210, Emelyanov A. V. ORCID: 0000-0002-4027-2524, Kulikov A. A. ORCID: 0000-0003-0043-6472, Nikolaeva O. A. ORCID: 0000-0001-6833-8938, Akchurin R. S. ORCID: 0000-0002-6726-4612.

\*Corresponding author: darina.ardus@gmail.com

Received: 24.05.2020 Revision Received: 14.08.2020 Accepted: 21.08.2020

Выбор тактики лечения пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП) является одним из самых актуальных вопросов современной кардиологии ввиду высокой частоты встречаемости этой аритмии в популяции. Наиболее оправданна тактика контроля ритма, при выборе которой в последние годы наибольшую эффективность демонстрирует хирургический подход. Было проведено немало исследований, таких как AATAC, SAMTAF, CASTLE AF, продемонстрировавших явное преимущество катетерной абляции перед медикаментозной терапией [1-4]. Известное исследование SABANA, которое не показало существенных различий применения хирургического лечения по сравнению с терапевтическим подходом в выживаемости, тем не менее, продемонстрировало подавляющее преимущество абляции в эффективности удержания синусового ритма и качестве жизни пациентов, в т.ч. и у пациентов с персистирующей формой ФП [5].

В настоящее время наиболее часто применяемыми для интервенционного лечения ФП являются две методики: радиочастотная абляция (РЧА) и криобаллонная абляция (КБА) легочных вен. КБА является более молодой методикой, тем не менее, она уже получила широкое признание и вошла в рутинную практику многих профильных центров. О ее эффективности свидетельствуют данные исследования STOP AF, в котором проведено сравнение КБА легочных вен при пароксизмальной форме ФП у 163 пациентов и медикаментозного лечения в группе 82 пациентов. В течение года синусовый ритм сохранялся у 69,9% пациентов при хирургическом лечении против 7,3% из группы медикаментозной терапии ( $p < 0,001$ ) [6]. В крупном рандомизированном проспективном исследовании FIRE and ICE сравнили эффективность КБА устьев легочных вен и РЧА у пациентов с симптоматической, резистентной к медикаментозной терапии ФП. Всего в исследование вошли 762 пациента (378 — в группу КБА, 384 — в группу РЧА). Средний период наблюдения составил 1,5 года. В группе КБА наблюдалось значительное сокращение времени процедуры по сравнению с РЧА (124 мин vs 142 мин,  $p < 0,001$ ), также отмечалось меньшее число осложнений (16 в группе РЧА и 7 в группе КБА) и снижение на 34% числа повторных госпитализаций по причине сердечно-сосудистых заболеваний [7]. Таким образом, КБА и РЧА в настоящее время являются сопоставимыми по эффективности методами хирургического лечения ФП,

**For citation:** Sapelnikov O. V., Ardu D. F., Kostin V. S., Uskach T. M., Cherkashin D. I., Grishin I. R., Bogatyreva K. B., Emelyanov A. V., Kulikov A. A., Nikolaeva O. A., Akchurin R. S. Nonfluoroscopic catheter ablation in patients with atrial fibrillation. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(12):3928. (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2020-3928

при этом безопасность их также существенно не различается.

#### **Радиационная нагрузка на персонал и пациента при проведении катетерных абляций**

Все варианты катетерного лечения ФП объединяет колоссальная лучевая нагрузка, которой подвергаются и врач, и пациент в процессе выполнения операции. Флюороскопию можно считать “невидимым злом”, оказывающим системное кумулятивное воздействие на организм. К последствиям действия лучевой нагрузки относят развитие катаракты с риском почти 50% при отсутствии специальных очков, лейкопении, болезней репродуктивной системы, щитовидной железы, а также высокий риск развития онкологических заболеваний [8].

Средняя лучевая нагрузка при выполнении катетерной процедуры абляции ФП составляет 16,6 мЗв (от 6,6 мЗв до 59,6 мЗв). Чтобы оценить, много это или мало, достаточно рассмотреть следующую статистику: доза в 1 мЗв эквивалентна 50 рентгеновским снимкам, а 30 мЗв — это средняя доза радиации, полученная эвакуированными жителями Чернобыля после катастрофы на атомной электростанции [9].

Современная тактика многих электрофизиологов основывается на принципе ALARA (as low as reasonably achievable), при котором уровень радиации всегда должен быть настолько низок, насколько это возможно [10]. Тем не менее, несмотря на все последние достижения (разработку современных навигационных систем и накопление опыта, усовершенствование рентгеновских установок), среднее время флюороскопии на одну процедуру абляции ФП составляет около  $26 \pm 15$  мин, что повышает риск развития жизнеопасных осложнений от 0,03% до 0,23% [11]. Учитывая число операций в день, для хирурга данный процент возрастает в разы даже при использовании средств защиты. Также следует принимать во внимание риски для пациентов, предоперационную подготовку, включающую, помимо самой операции, проведение исследований, сопряженных с дополнительным излучением: рентгенографию органов грудной клетки, компьютерную томографию, эквивалентную 250 рентгенограммам, и прочее, что также влияет на суммарную дозу радиации, полученную больным во время лечения ФП.

#### **Нефлюороскопический подход в инвазивном лечении нарушений ритма сердца**

Нефлюороскопический подход к катетерному лечению ФП является надеждой на избавление от гу-

бительного действия лучевой нагрузки как для врача, так и для пациента. Впервые о данной методике заговорили еще в прошлом десятилетии: с помощью систем трехмерного навигационного картирования удалось значительно сократить, а при использовании внутрисердечной эхокардиографии (ВСЭхоКГ) и свести к минимуму время рентгеноскопии при проведении катетерной абляции.

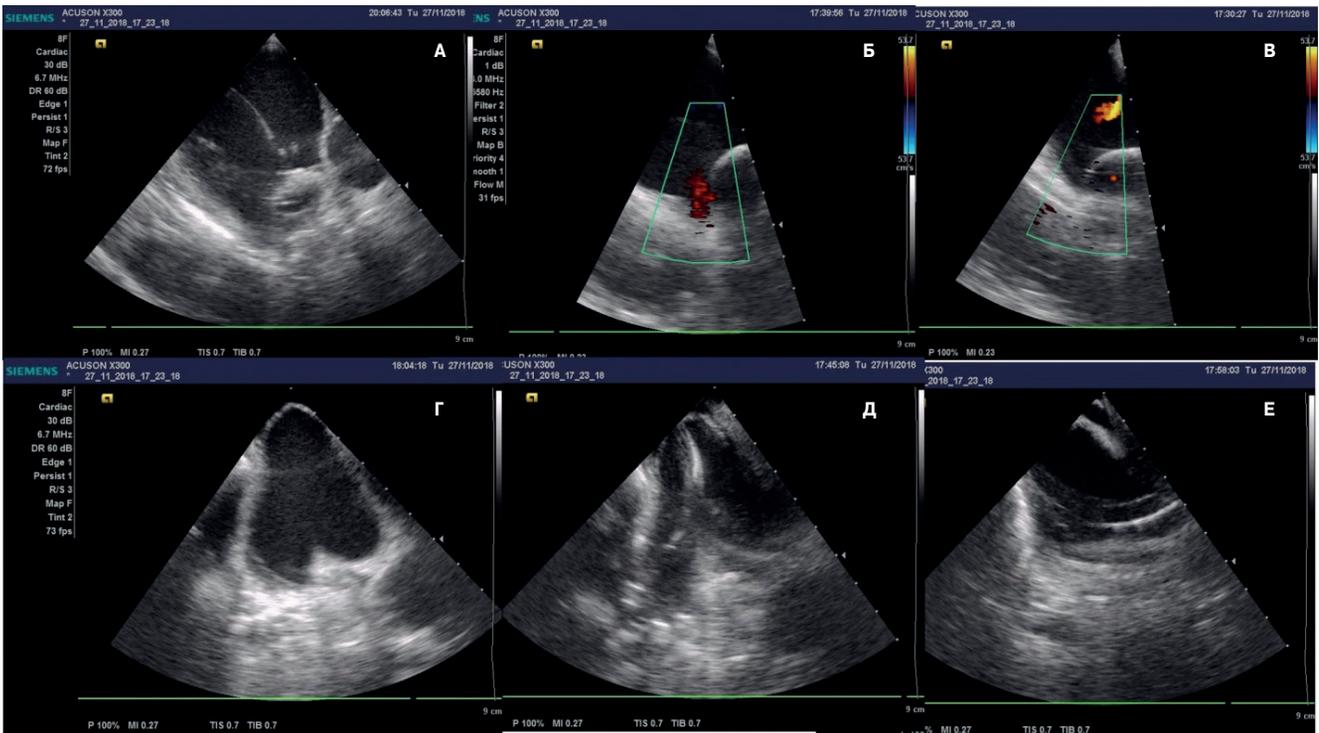
В пилотном исследовании Ferguson JD, et al. (2009) принял участие 21 человек, всем пациентам перед операцией была проведена магнитно-резонансная томография (МРТ), 3D картирование использовалось для облегчения манипуляции. В 19 случаях удалось полностью избежать использования рентгеноскопии, в 2 случаях потребовалось 2–16 мин для пункции межпредсердной перегородки. Среднее время процедуры составило 208 мин (188–221). Всем пациентам была выполнена изоляция легочных вен, также в 7 случаях — абляция крыши левого предсердия, в 4 — абляция митрального истмуса, в 8 — абляция кавотрикуспидального перешейка и в 3 — в области коронарного синуса. Во всех процедурах не наблюдалось периоперационных осложнений. Период наблюдения составил до 11 мес., за это время в 16 из 21 случаев (76%) наблюдалось отсутствие рецидивов ФП [12]. В 2010г были опубликованы результаты еще одного небольшого исследования [13], в котором приняли участие 20 пациентов с пароксизмальной формой ФП. С использованием навигационной системы Ensite-NavX, МРТ-модели, совмещенной с электроанатомической реконструкцией сердца, а также эндокардиальной эхокардиографии, удалось свести к нулю время рентгеноскопии. Трансептальная пункция выполнялась под контролем ВСЭхоКГ. При выполнении  $49 \pm 18$  воздействий на пациента электрическая изоляция была достигнута в 97% случаев. Среднее время процедуры составило  $244 \pm 75$  мин. В периоперационный период также не наблюдалось каких-либо осложнений [13].

Так, использование дистанционной магнитной навигации (RMN) и 3D навигационной системы Carto3 позволило избежать значительной лучевой нагрузки в процессе катетерной абляции. В исследовании принял участие 81 пациент (средний возраст  $60 \pm 9$  лет) с пароксизмальной (73%) и персистирующей (27%) ФП, каждому из которых была выполнена изоляция легочных вен с нанесением дополнительных линий (по крыше левого предсердия и коронарному синусу). Среднее время процедуры составило  $3,5 \pm 1$  ч; общее время рентгеновского воздействия —  $13 \pm 7$  мин; трансептальная пункция и позиционирование катетера заняли в среднем  $8 \pm 4$  мин. В 15 (19%) случаях наблюдались рецидивы ФП/трепетания предсердий: данным пациентам была выполнена повторная процедура. Средний период наблюдения составил  $15 \pm 6$  мес.: в 71% случаев не наблюдалось

рецидивов после 1 процедуры; 84% пациентов имели синусовый ритм после 2 процедур [14].

В ретроспективном одноцентровом исследовании SANS FLUORO с участием 72 пациентов с резистентной к медикаментозной терапии пароксизмальной (30%) и персистирующей (70%) формами ФП в 52 случаях была выполнена классическая изоляция легочных вен (30 РЧА и 22 КБА) с использованием рентгеновского излучения, 20 пациентам РЧА выполнялась под контролем навигационной системы CARTO<sup>®</sup> 3D (Biosense Webster Inc, Diamond Bar, США) без флюороскопии. Пункция межпредсердной перегородки выполнялась под контролем ВСЭхоКГ. Согласно результатам, не наблюдалось достоверного различия по частоте больших осложнений, включающих тампонаду, инсульт и смерть. Поддержание синусового ритма через 3 мес. также оказалось сопоставимо в обеих группах (70% в группе Fluoro и 68% в NO Fluoro). Общее время процедуры оказалось ниже в группе без использования рентгеноскопии [15]. Не менее обнадеживающими оказались результаты исследования, оценивавшего эффективность нефлюороскопических технологий визуализации при хирургическом лечении ФП у 1 тыс. пациентов (средний возраст  $62,9 \pm 11$  лет; 72% мужчин; фракция выброса левого желудочка 57%) в период с марта 2012г по март 2017г. Для визуализации использовались навигационная система Ensite-NavX (St. Jude Medical), а также МРТ-модель, совмещенная с электроанатомической реконструкцией сердца. Среднее время процедуры составило 120 мин, общее время лучевого воздействия — 0,90 мин. Сравнивая результаты первых и последних операций, наблюдалось уменьшение как общей продолжительности процедуры (до 110 мин), так и время рентгеновского излучения (6–0,5 мин). Частота осложнений снизилась с 8 случаев до 3 в последние 250 операций [16].

Отдельного внимания заслуживает тактика ведения беременных женщин при диагностике у них нарушения ритма. Беременность нередко сопровождается различными сердечно-сосудистыми изменениями, которые могут носить аритмогенный характер [17]. В большинстве случаев нарушения ритма не требуют специфической терапии, однако отдельной клинической проблемой является лечение персистирующих тахиаритмий, которые могут привести к гемодинамическим нарушениям как у матери, так и у плода. Медикаментозная терапия несет серьезный риск побочных эффектов и имеет низкую эффективность. Поэтому в ряде случаев катетерная абляция может быть единственным вариантом лечения нарушения ритма. Основные риски процедуры у беременных женщин сопряжены с использованием рентгеновского излучения, применением анестетиков, развитием тромбоэмболических осложнений



**Рис. 1.** Этапы визуализации на ВСЭхоКГ во время выполнения КБА легочных вен: **А** — баллон в левой верхней легочной вене; **Б** — “негерметичная” позиция баллона в левой нижней легочной вене; **В** — “герметичная”; **Г** — визуализация правых легочных вен; **Д** — катетер в правой нижней легочной вене; **Е** — диагностический катетер achieve в проекции верхней правой легочной вены.

и трудностями при осуществлении доступа к вене [18].

За последние несколько лет применение 3D навигационных систем позволило свести к минимуму или полностью исключить время лучевого воздействия, однако исследований, посвященных данной теме, до недавнего времени было немного. В 2008г был опубликован клинический случай хирургического лечения атриовентрикулярной узловой реципрокной тахикардии при беременности 10 нед. под контролем ВСЭхоКГ без использования рентгеновского излучения. По окончании процедуры не наблюдалось индуцирования данного вида аритмии, также отсутствовали какие-либо осложнения [19].

В 2010г под руководством Szumowski I, et al. было проведено небольшое исследование, включающее 9 женщин (24–34 лет) на 12–38 нед. беременности с различными нарушениями ритма, резистентными к терапии (постоянная узловая реципрокная тахикардия, предсердная тахикардия, атриовентрикулярная узловая реципрокная тахикардия, Синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта), среди них в 2 случаях была ФП. У 4 женщин фракция выброса левого желудочка была  $\leq 45\%$ . Трем пациенткам процедура была выполнена без флюорографии под контролем электроанатомического картирования. Среднее время флюорографии во всей группе составило  $56 \pm 18$  мин. В течение периода наблюдения в среднем  $43 \pm 23$

мес. во всех случаях сохранялся синусовый ритм [20]. Другой пример описывает два клинических случая с применением нефлюороскопического подхода при лечении резистентного к медикаментозной терапии нарушения ритма у беременных. В одном случае наблюдалась частая, плохо переносимая желудочковая тахикардия, во втором — диагностирована наджелудочковая тахикардия с дополнительным правым пучком проведения. Пациенткам была выполнена катетерная абляция под контролем навигационной системы Ensite NavX system. Время процедуры составило 42 и 71 мин, соответственно [21].

В ретроспективном одноцентровом исследовании, опубликованном в 2017г, оценивали безопасность и эффективность хирургического лечения аритмий по данным анализа операций с января 2003г по февраль 2014г. В исследовании включили 11 беременных женщин (16–32 нед. беременности), средний возраст  $31 \pm 6$  лет. Сравнение проводилось с контрольной группой женщин ( $n=111$ , возраст  $34 \pm 10$  лет), которым были выполнены катетерные абляции в течение 2012г. У беременных женщин аритмии, ассоциированные с наличием дополнительного пучка, или предсердные тахикардии встречались значительно чаще (в 62% случаев), чем в контрольной группе (в 32%,  $p=0,042$ ). Всем беременным женщинам абляция выполнялась под контролем электроанатомической системы Ensite-NavX system (St. Jude Medical)

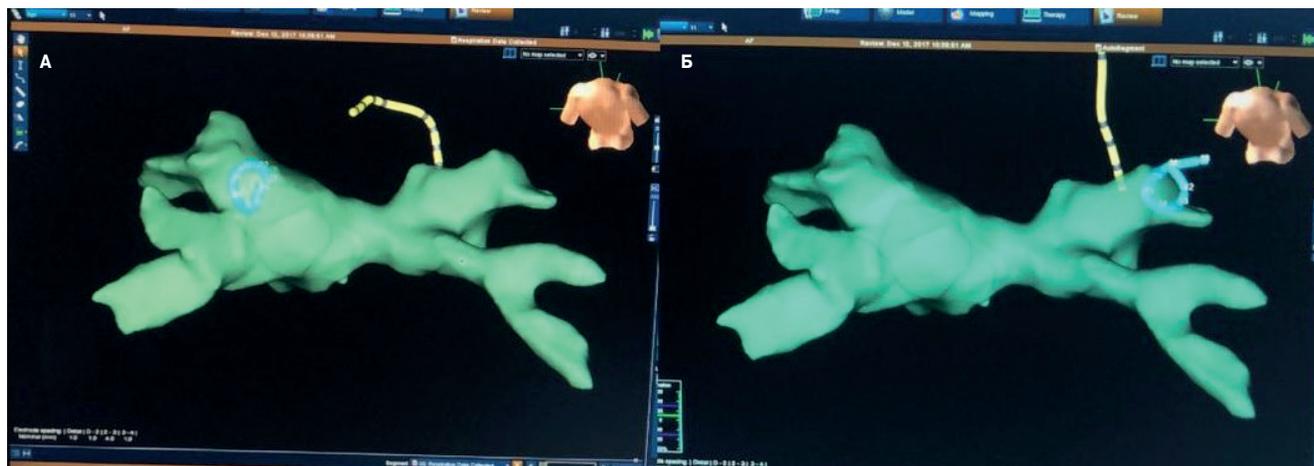


Рис. 2. Навигационное картирование левого предсердия при выполнении катетерной абляции без использования флюороскопии: А — диагностический катетер achieve в левой верхней легочной вене; Б — диагностический катетер achieve в правой верхней легочной вене.

и Carto3 system (Biosense-Webster) без рентгенографии. Впоследствии не наблюдалось каких-либо осложнений как со стороны матери, так и со стороны плода [22]. В целом можно констатировать удовлетворительные результаты небольшого пока опыта применения катетерной абляции без использования флюороскопии при беременности.

#### Опыт применения нефлюороскопического подхода в лечении ФП в НМИЦ Кардиологии

В лаборатории хирургического лечения нарушений ритма сердца отдела сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ Кардиологии» Минздрава России в последние годы накоплен опыт нефлюороскопического подхода при выполнении катетерных вмешательств по поводу ФП. За период с декабря 2017г по декабрь 2019г было выполнено 28 РЧА и 40 КБА легочных вен без применения флюороскопии. При проведении процедур использовались ВСЭхоКГ (рис. 1) и 3D-навигационная система Ensite-Velocity (Abbott) (рис. 2). Полная изоляция легочных вен была достигнута в 98% случаев. В одном случае потребовалась конверсия — применение флюороскопии при развитии атипичного правопредсердного трепетания предсердий у пациента с ранее имплантированным электрокардиостимулятором. Общее время процедуры составило  $160 \pm 30,4$  мин в группе РЧА и  $92 \pm 15,1$  мин в группе КБА. Также не наблюдалось каких-либо осложнений, которые каким-либо образом можно связать с неприменением флюороскопии.

Проведено сравнение времени проведения процедур, осуществленных без использования рентгена с рутинными флюороскопическими операциями, выполненными за тот же период времени. Среднее время процедуры при использовании безрентгеновского подхода при РЧА ( $160 \pm 30,4$  мин) статистически незначимо превышало среднее время РЧА с использованием флюороскопии ( $110 \pm 23,2$  мин — среднее время 328 абляций в течение 2 лет),  $p=0,1902$ .

При сравнении групп КБА легочных вен разница также оказалась статистически недостоверной ( $92 \pm 15,1$  мин в группе без использования рентгена против  $75 \pm 18,4$  мин при процедурах с применением рентгена (197 КБА с применением рентгена в течение 2 лет),  $p=0,4959$ ). Несмотря на большую длительность процедуры при нефлюороскопическом подходе, данная методика является не менее эффективной и безопасной (свобода от ФП в группе нефлюороскопического подхода в течение 6 мес. наблюдения составила 78%).

#### Заключение

На сегодняшний день нефлюороскопический подход в хирургическом лечении нарушений ритма является достаточно многообещающим и перспективным. Несмотря на небольшое количество исследований с применением данной методики, клинические случаи, представленные в литературе, демонстрируют высокую эффективность использования систем трехмерного навигационного картирования в сочетании с ВСЭхоКГ как альтернативы рентгеновской визуализации.

К сожалению, ВСЭхоКГ, позволяющая не только снизить время рентгенографии при выполнении многих видов вмешательств, но и повысить их эффективность, является сильно недооцененной методикой, а отношение большинства хирургов к флюороскопии — достаточно легкомысленным. Кумулятивный эффект радиации проявляется только спустя годы работы, а отсутствие специальной статистики и исследований в этой области делает эту проблему неочевидной. Опубликованные данные исследователей в этой области, так же как и опыт нашего центра, свидетельствуют о безопасности и эффективности отказа от рентгена при выполнении вмешательств по коррекции нарушений ритма сердца, а использование ВСЭхоКГ и полный отказ от флюороско-

пии может стать новым стандартом в хирургии аритмий [23].

Для внедрения нефлюороскопического подхода в рутинную клиническую практику необходимо проведение рандомизированных исследований, специальное обучение персонала, накопление практического опыта. Широкое применение данного метода лечения нарушений ритма позволит

снизить затраты на содержание рентгеноперационных и, главное, увеличить безопасность проведения вмешательств как для пациента, так и для медицинского персонала.

**Отношения и деятельность:** все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

### Литература/References

- Calkins H, Reynolds MR, Spector P, et al. Treatment of Atrial Fibrillation With Antiarrhythmic Drugs or Radiofrequency Ablation. Two Systematic Literature Reviews and Meta-Analyses. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2009;2(4):349-61. doi:10.1161/CIRCEP.108.824789.
- Hunter RJ, Berriman TJ, Diab I, et al. A randomized controlled trial of catheter ablation versus medical treatment of atrial fibrillation in heart failure (the CAMTAF trial). *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2014;7(1):31-8. doi:10.1161/CIRCEP.113.000806.
- Di Biase L, Mohanty P, Mohanty S, et al. Ablation Versus Amiodarone for Treatment of Persistent Atrial Fibrillation in Patients with Congestive Heart Failure and an Implanted Device: Results From the AATAC Multicenter Randomized Trial. *Circulation*. 2016;133(17):1637-44. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.115.019406.
- Marrouche NF, Brachmann J, Andresen D, et al. Catheter ablation for atrial fibrillation with heart failure. *N Engl J Med*. 2018;378:417-27. doi:10.1056/NEJMoa1707855.
- Packer DL, Mark DB, Robb RA, et al. Effect of Catheter Ablation vs Antiarrhythmic Drug Therapy on Mortality, Stroke, Bleeding, and Cardiac Arrest Among Patients With Atrial Fibrillation: The CABANA Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2019;321(13):1261-74. doi:10.1001/jama.2019.0693.
- Packer DL, Kowal RC, Wheelan KR, et al. Cryoballoon Ablation of Pulmonary Veins for Paroxysmal Atrial Fibrillation: First Results of the North American Arctic Front (STOP AF) Pivotal Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(16):1713-23. doi:10.1016/j.jacc.2012.11.064.
- Kuck KH, Brugada J, Fürnkranz A, et al. Cryoballoon or Radiofrequency Ablation for Paroxysmal Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2016;374:2235-45. doi:10.1056/NEJMoa1602014.
- Houmsse M, Daoud EG. Radiation exposure: a silent complication of catheter ablation procedures. *Heart Rhythm*. 2012;9(5):715-6. doi:10.1016/j.hrthm.2012.01.015.
- Heidbuchel H, Wittkamp FH, Van E, et al. Practical ways to reduce radiation dose for patients and staff during device implantations and electrophysiological procedures. *Europace*. 2014;16(7):946-64. doi:10.1093/europace/eut409.
- De Ponti R. Reduction of radiation exposure in catheter ablation of atrial fibrillation: Lesson learned. *World J Cardiol*. 2015;7(8):442-8. doi:10.4330/wjcv.7.i8.442.
- Miller DL, Klein LW, Balter S, et al. Special communication — occupational health hazards in the interventional laboratory: progress report of the multispecialty occupational health group. *J Am Coll Radiol*. 2010;7(9):679-83. doi:10.1016/j.jacr.2010.07.010.
- Ferguson JD, Helms A, Mangrum JM, et al. Catheter ablation of atrial fibrillation without fluoroscopy using intracardiac echocardiography and electroanatomic mapping. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2009;2(6):611-9. doi:10.1161/CIRCEP.109.872093.
- Reddy VY, Morales G, Ahmed H, et al. Catheter ablation of atrial fibrillation without the use of fluoroscopy. *Heart Rhythm*. 2010;7(11):1644-53. doi:10.1016/j.hrthm.2010.07.011.
- Da Costa A, Ben H'dech M, Romeyer-Bouchard C, et al. Remote-controlled magnetic pulmonary vein isolation using a new three-dimensional non-fluoroscopic navigation system: A single-centre prospective study. *Archives of Cardiovascular Diseases*. 2013;106(8-9):423-32. doi:10.1016/j.acvd.2013.04.008.
- Percell RL, Sharpe E, Percell JE. SANS FLUORO (SAy No Series to FLUOROscopy): A First-Year Experience. *Journal of the American College of Cardiology*. 2016;7(11):2529-2534. doi:10.19102/icrm.2016.071102.
- Sommer P, Bertagnonni L, Kircher S, et al. Safety profile of near-zero fluoroscopy atrial fibrillation ablation with non-fluoroscopic catheter visualization: experience from 1000 consecutive procedures. *EP Europace*. 2018;20(12):1952-8. doi:10.1093/europace/eux378.
- Cacciotti L, Passaseo I. Management of Atrial Fibrillation in Pregnancy. *J Atr Fibrillation*. 2010;3(3):295. doi:10.4022/jafib.295.
- European Society of Gynecology (ESG); Association for European Paediatric Cardiology (AEP); German Society for Gender Medicine (DGesGM); Regitz-Zagrosek V, et al. ESC Guidelines on the management of cardiovascular diseases during pregnancy: the Task Force on the Management of Cardiovascular Diseases during Pregnancy of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2011;32:3147-97. doi:10.1093/eurheartj/ehr218.
- Bongiorni MG, Di Cori A, Soldati E, et al. Radiofrequency catheter ablation of atrioventricular nodal reciprocating tachycardia using intracardiac echocardiography in pregnancy. *Europace*. 2008;10(8):1018-21. doi:10.1093/europace/eun120.
- Szumowski L, Szufladowicz E, Orczykowski M, et al. Ablation of severe drug-resistant tachyarrhythmia during pregnancy. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2010;21(8):877-82. doi:10.1111/j.1540-8167.2010.01727.
- Chen G, Sun G, Xu R, et al. Zero-fluoroscopy catheter ablation of severe drug-resistant arrhythmia guided by Ensite NavX system during pregnancy. Two case reports and literature review. *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(32):e4487. doi:10.1097/MD.0000000000004487.
- Koźluk E, Piątkowska A, Kiliszek M, et al. Catheter ablation of cardiac arrhythmias in pregnancy without fluoroscopy: A case control retrospective study. *Adv Clin Exp Med*. 2017;26(1):129-34. doi:10.17219/acem/68275.
- Sapelnikov OV, Partigulova AS, Saidova MA, et al. The role of intracardiac echocardiography in clinical electrophysiology. *Cardiology*. 2015;1:64-9. (In Russ.) Сапельников О.В., Партигулова А.С., Саидова М.А. и др. Роль внутрисердечной эхокардиографии в клинической электрофизиологии. *Кардиология*. 2015;1:64-9.