

Роботизированная магнитная навигация при лечении пациентов с фибрилляцией предсердий

Для корреспонденции: Владимир Викторович Белобородов, beloborodov.vladimir@gmail.com

Поступила в редакцию 26 августа 2021 г. Исправлена 21 сентября 2021 г. Принята к печати 22 сентября 2021 г.

Цитировать:

Белобородов В.В., Шабанов В.В., Елемесов Н.А., Филиппенко А.Г., Михеенко И.Л., Фишер Е.В., Романов А.Б. Роботизированная магнитная навигация при лечении пациентов с фибрилляцией предсердий. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2022;26(1):24-31. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2022-1-24-31>

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации (№ 121031300225-8).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн: В.В. Белобородов, А.Г. Филиппенко, А.Б. Романов

Сбор и анализ данных: В.В. Белобородов, Н.А. Елемесов, Е.В. Фишер, А.Г. Филиппенко, В.В. Шабанов, А.Б. Романов

Статистическая обработка данных: А.Б. Романов, И.Л. Михеенко

Написание статьи: В.В. Белобородов, А.Г. Филиппенко, А.Б. Романов

Исправление статьи: А.Б. Романов, И.Л. Михеенко, А.Г. Филиппенко, В.В. Шабанов

Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

ORCID ID

В.В. Белобородов, <https://orcid.org/0000-0003-1568-9472>

В.В. Шабанов, <https://orcid.org/0000-0001-9066-3227>

Н.А. Елемесов, <https://orcid.org/0000-0001-6316-7375>

А.Г. Филиппенко, <https://orcid.org/0000-0001-8068-7276>

И.Л. Михеенко, <https://orcid.org/0000-0002-3552-7158>

Е.В. Фишер, <https://orcid.org/0000-0003-1518-0668>

А.Б. Романов, <https://orcid.org/0000-0002-6958-6690>

© В.В. Белобородов, В.В. Шабанов, Н.А. Елемесов, А.Г. Филиппенко, И.Л. Михеенко, Е.В. Фишер, А.Б. Романов, 2022

Статья открытого доступа, распространяется по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

В.В. Белобородов, В.В. Шабанов, Н.А. Елемесов, А.Г. Филиппенко, И.Л. Михеенко, Е.В. Фишер, А.Б. Романов

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

Фибрилляция предсердий — самое распространенное нарушение ритма сердца в клинической практике, которое увеличивает общую смертность в 1,9 раза, риск инсульта в 5 раз, снижает качество жизни и приводит к инвалидизации трудоспособного населения. Катетерная абляция устьев легочных вен — основной метод лечения симптоматических пациентов с фибрилляцией предсердий, устойчивых к антиаритмической терапии. Однако методика сопряжена с необходимостью длительной флюороскопии и мониторинга силы контакта абляционного катетера с тканью сердца для безопасного и эффективного воздействия на субстрат аритмии. Кроме того, осложнения могут достигать 5 % даже при использовании нефлюороскопических систем навигации.

Роботизированная магнитная навигация признана безопасным и эффективным методом лечения пациентов с различными нарушениями ритма сердца. Преимущества технологии — использование гибкого и подвижного катетера для труднодоступных областей при абляционном воздействии, малая длительность флюороскопии. Цель данного обзора — анализ данных литературы и первого опыта применения роботизированной магнитной навигации для лечения больных различными формами фибрилляции предсердий в ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России. Для поиска и отбора литературных источников использовали базы данных Scopus, Web of Science и биомедицинскую базу данных PubMed.

Роботизированная магнитная навигация безопасна и эффективна для лечения пациентов с фибрилляцией предсердий, а также позволяет сократить время флюороскопии в ходе оперативного вмешательства.

Ключевые слова: изоляция устьев легочных вен; катетерная абляция; нарушение ритма сердца; роботизированная магнитная навигация; фибрилляция предсердий

Введение

Согласно данным Global Burden of Disease Study, в 2010 г. численность больных фибрилляцией предсердий (ФП) в мировой популяции составляла 33,5 млн человек, в 2016 г. — 43,6 млн (рост 40 %) и продолжает увеличиваться [1; 2]. По оценкам специалистов, к 2050 г. в США этим заболеванием будут страдать 6–12 млн человек, к 2060 г. в Европе — 17,9 млн [3; 4]. Патология приводит к сердечной недостаточности, снижает толерантность к физическим нагрузкам, повышает смертность, риск инсульта и других тромбоэмболических осложнений. Антиаритмические препараты остаются терапией первой линии для контроля ритма и частоты сердечных сокращений [5].

За последние 15 лет выявлено, что катетерная абляция — безопасная и эффективная альтернатива медикаментозной терапии для лечения симптоматической ФП, рефрактерной к антиаритмическим препаратам [6; 7]. Однако во время интервенционных вмешательств при стандартном мануальном подходе в большинстве случаев требуются длительная флюороскопия, мониторинг силы контакта абляционного катетера с тканями сердца или другие технологии для минимизации риска осложнений. В 2003 г. M.N. Faddis и соавт. впервые применили роботизированную магнитную навигацию для картирования, стимуляции и радиочастотной абляции наджелудочковых нарушений ритма сердца [8]. В дальнейшем техника была широко внедрена в клиническую практику как метод интервенционного лечения пациентов с нарушениями ритма сердца, в том числе различными формами фибрилляции предсердий [9–11].

Роботизированная магнитная навигация

Система роботизированной магнитной навигации Niobe (Stereotaxis Inc., Сент-Луис, США) состоит из двух магнитов, которые располагаются по обе стороны от пациента. Постоянное магнитное поле создает условия для стабильного положения катетера в сердце и его эффективного позиционирования при абляционном воздействии. Хирург дистанционно управляет катетером с помощью пульта или компьютерной мыши в системе Cardiodrive (Stereotaxis Inc., Сент-Луис, США). Главные преимущества абляционного катетера NAVISTAR RMT THERMOCOOL (Biosense Webster, Inc., Ирвайн, США) — гибкость и маневренность. Подробно роботизированную магнитную навигацию мы описывали ранее [12]. Первым этапом

абляции при ФП создают 3D-реконструкцию полости левого предсердия, в ряде случаев ее совмещают с данными компьютерной томографии. Далее абляционным катетером изолируют устья легочных вен с использованием модуля ablation history (рис. 1), эффективность подтверждают согласно электрофизиологическим критериям (блоки входа и выхода, целостность линейных воздействий при их создании). Основным этапом абляционного вмешательства проходит без флюороскопии.

Применение роботизированной магнитной навигации при лечении пациентов с фибрилляцией предсердий

В 2006 г. С. Pappone и соавт. впервые применили роботизированную магнитную навигацию для лечения ФП. В исследование включили 40 пациентов в возрасте от 28 до 75 лет, 60 % — мужского пола, с симптоматической пароксизмальной (62,5 %) и персистирующими формами ФП, рефрактерными к антиаритмическим препаратам. Средняя продолжительность заболевания составила 46,5 (диапазон 12–286) мес. Отобрали 28 больных в контрольную группу в зависимости от пола, возраста, длительности заболевания и предшествующей антиаритмической терапии. Во всех случаях осуществляли транссептальный доступ в левое предсердие. Для картирования и абляции использовали 4-миллиметровый катетер NAVISTAR RMT (Biosense Webster, Inc., Ирвайн, США). Интервенционное вмешательство выполняли путем последовательных точечных воздействий с целевыми значениями температуры 65 °С и мощности 50 Вт. У 38 (95 %) пациентов абляция прошла успешно, осложнений не возникло. В 2 случаях потребовалась смена на мануальный подход вследствие технических сложностей, связанных с управлением катетером во время первых процедур с использованием роботизированной магнитной навигации. Средняя продолжительность вмешательства, включая картирование и абляцию, составила 152,5 мин, у последних 28 пациентов сократилась до 148 мин. Средняя длительность абляционного воздействия и флюороскопии — 49,5 и 32,3 мин соответственно [13]. Результаты применения на небольшой когорте больных ФП имели важное клиническое значение, так как впервые в мировой практике были продемонстрированы безопасность и эффективность технологии, однако требовались дальнейшие исследования на большем объеме выборки для изучения отдаленных эффектов.

А.М. Kim и соавт. в ретроспективном анализе сравнили результаты абляции у 166 больных ФП с применением

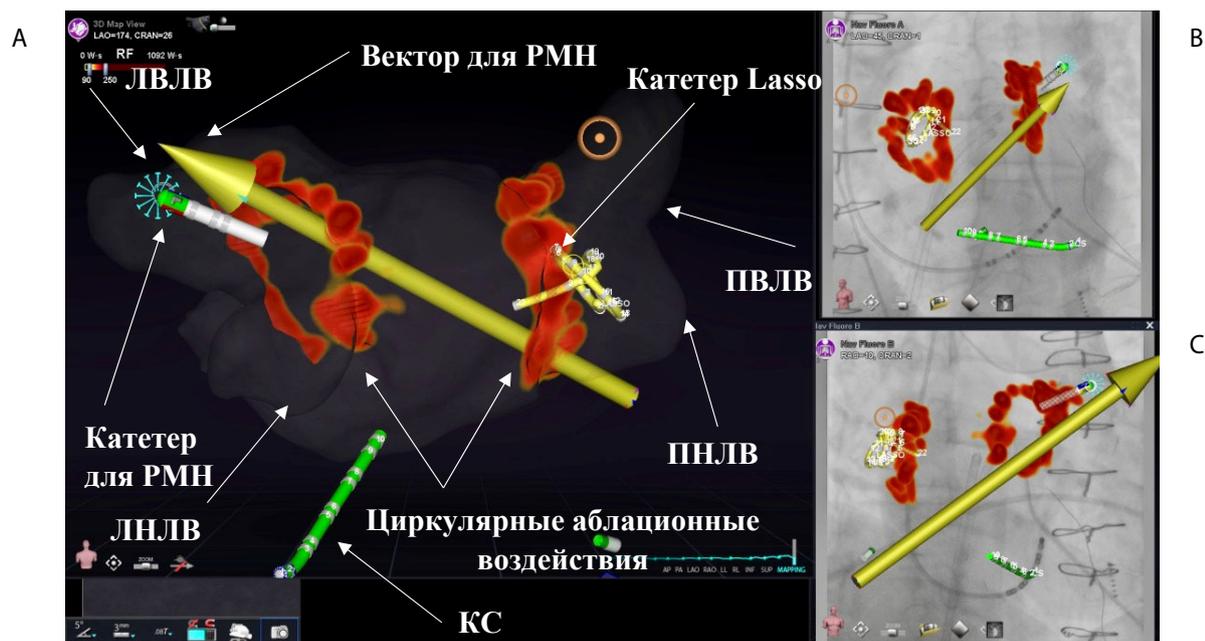


Рис. 1. Изоляция легочных вен с помощью нефлюороскопической системы роботизированной магнитной навигации: 3D-реконструкция полости левого предсердия (А); флюороскопическая проекция абляционных воздействий в левой (В) и правой (С) косых проекциях. Красными точками обозначены циркулярные абляционные воздействия вокруг легочных вен. Параметр ablation history указывает на время воздействия в каждой конкретной точке с заданной мощностью

Примечание. РМН — роботизированная магнитная навигация; КС — коронарный синус; ПНЛВ — правая нижняя легочная вена; ПВЛВ — правая верхняя легочная вена; ЛНЛВ — левая нижняя легочная вена; ЛВЛВ — левая верхняя легочная вена.

роботизированной магнитной навигации ($n = 91$) и стандартного мануального подхода ($n = 75$) с 2005 по 2007 г. Изучали такие показатели, как длительность процедуры, продолжительность рентгеноскопии, безопасность и эффективность оперативного вмешательства. Время флюороскопии для изоляции устьев легочных вен было статистически значимым и составило 60 ± 24 мин в группе роботизированной магнитной навигации и 89 ± 37 мин в группе мануальной радиочастотной абляции ($p < 0,001$). В 3 случаях использование роботизированной магнитной навигации значительно снизило время флюороскопии (-29 мин, $p < 0,001$). Как правило, роботизированная магнитная навигация увеличивала длительность процедуры в сравнении с мануальным подходом (368 ± 76 и 332 ± 75 мин соответственно, $p = 0,003$). Субанализ последних 25 пациентов в группе роботизированной магнитной навигации продемонстрировал, что средняя продолжительность процедуры (361 мин) и среднее время флюороскопии (46 мин) были ниже, чем общее среднее значение всех включенных пациентов в данной группе (368 и 60 мин соответ-

ственно), что связано с кривой обучения при использовании технологии. В группе роботизированной магнитной навигации отсутствовали осложнения, в группе мануального подхода выявили 2 случая тампонады сердца [14]. Таким образом, авторы показали эффективность и безопасность роботизированной магнитной навигации при интервенционном лечении ФП. Сокращение времени флюороскопии в течение роботизированной магнитной навигации при последних абляциях связано с накоплением опыта их выполнения.

V. Kataria и соавт. изучили отдаленную эффективность роботизированной магнитной навигации в сравнении с мануальным подходом при абляции в ретроспективном анализе, который включал данные 336 пациентов с пароксизмальной ФП [15]. Средний период наблюдения составил $27,2 \pm 8,8$ мес. (медиана 26,3 мес., максимум 43 мес.). В исследование включили 114 больных после роботизированной магнитной навигации и 222 — после абляции с использованием мануального подхода. Средний возраст пациентов в группах составил $61,3 \pm 9,6$

и $59,9 \pm 16,2$ года соответственно. Основные конечные точки — отсутствие повторных вмешательств без приема антиаритмических препаратов, послеоперационные осложнения, длительность аблации и флюороскопии. Средняя продолжительность процедуры в группе роботизированной магнитной навигации была значительно выше, чем в группе мануального подхода ($291,3 \pm 81,2$ и $231,4 \pm 71,2$ мин соответственно, $p < 0,0001$). Время флюороскопии в двух группах — $35,2 \pm 18,5$ и $39,9 \pm 16,4$ мин соответственно ($p = 0,017$).

В группе роботизированной магнитной навигации 1 пациенту (0,9 %) потребовались пункция перикарда и дренаж в связи с перфорацией стенки левого предсердия во время транссептальной пункции, 1 больной (0,9 %) перенес транзиторную ишемическую атаку. Осложнения не были связаны с основным этапом процедуры. У 3 (1,3 %) пациентов после аблации стандартным способом развилась тампонада сердца, которая разрешилась после установки дренажа в полость перикарда, 1 больному (0,45 %) потребовалось хирургическое вмешательство в связи с осложнением в месте сосудистого доступа.

Через 43 мес. контрольного наблюдения отсутствие повторных вмешательств составило 70,9 % в группе роботизированной магнитной навигации и 69,5 % в группе стандартного подхода. Повторную аблацию провели 29 (25,4 %) пациентам в группе роботизированной магнитной навигации и 65 (29,2 %) в группе мануального подхода. Большую продолжительность процедуры в группе роботизированной магнитной навигации авторы связывают с дополнительным временем, необходимым для настройки навигационной системы, и перемещением между операционной и пультовой для позиционирования катетеров. Гибкость и маневренность катетера для роботизированной магнитной навигации, его стабильное положение в сердце пациента позволили уменьшить длительность флюороскопии.

Q.I. Jin и соавт. представили опыт выполнения 1 006 аблаций ФП с применением роботизированной магнитной навигации. В исследование включили 726 пациентов (547 мужчин, средний возраст $58,5 \pm 10,3$ года) с симптоматической ФП (61 % — пароксизмальной). Средняя продолжительность процедуры составила 134 ± 35 мин, среднее время рентгеноскопии $5,4 \pm 3,7$ мин. Осложнения возникли в 0,6 % случаев. Одному больному потребовались пункция перикарда и дренаж в связи с гемоперикардом после транссептальной пункции, что не было непосредственно связано с аблацией. У 4 пациентов возникли сосудистые осложнения, которые разрешились после консерва-

тивного лечения без последствий. Всего под наблюдением в течение 9 мес. находились 187 (26 %) больных. Из них у 127 (68 %) отсутствовала предсердная тахикардия, включая ФП, по данным холтеровского мониторинга [16].

В 2020 г. R. Ghadban и соавт. провели метаанализ с включением 14 исследований, в котором сравнили безопасность и эффективность аблации ФП с применением роботизированной магнитной навигации и мануального подхода. Анализировали данные 3 375 пациентов: 1 504 в группе роботизированной магнитной навигации и 1 871 в группе стандартного подхода. В 11 исследованиях не выявили статистически значимых различий между группами по отсутствию рецидивов ФП в периоде 3–41 мес. (95% доверительный интервал (ДИ) 0,82–1,42, $p = 0,52$). Общее время процедуры в группе роботизированной магнитной навигации было выше по сравнению с мануальным подходом (средняя разница 50,39 мин, 95% ДИ 67,99–32,79, $p < 0,01$). В 12 исследованиях время флюороскопии было значимо выше в группе стандартного подхода (средняя разница 18 мин, 95% ДИ 10,73–25,29, $p < 0,01$). В 6 исследованиях в группе мануального подхода была значимо выше частота осложнений (95% ДИ 1,24–3,82, $p < 0,01$), в том числе гемоперикарда (95% ДИ 1,24–5,88, $p = 0,01$). В 8 исследованиях в группах выявили сопоставимые показатели осложнений, связанных с сосудистым доступом (95% ДИ 0,50–2,78, $p = 0,71$) [17–21]. Таким образом, роботизированная магнитная навигация для интервенционного лечения пациентов с ФП сопоставима по эффективности с мануальным подходом и связана с меньшим количеством серьезных осложнений во время вмешательства и в раннем послеоперационном периоде. Радиочастотная аблация с роботизированной магнитной навигацией значительно снижает длительность флюороскопии в сравнении с мануальным подходом.

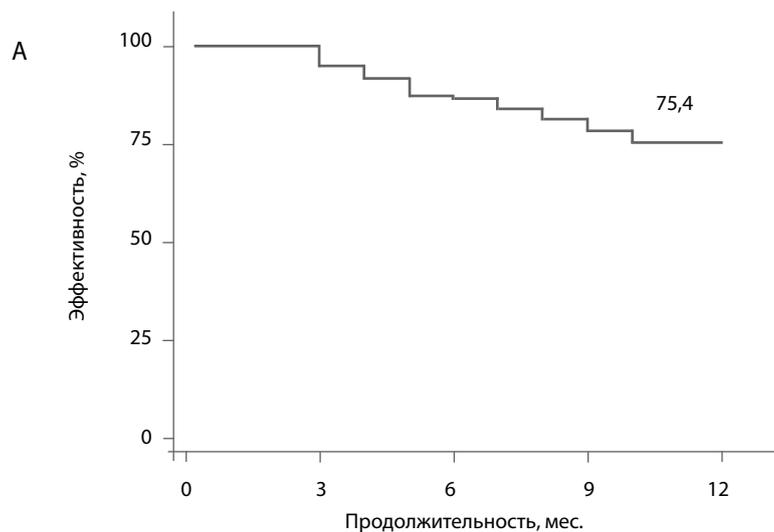
Первый отечественный опыт применения роботизированной магнитной навигации для аблации у пациентов с синдромом Вольфа – Паркинсона – Уайта, атриовентрикулярной узловой реентри тахикардии и желудочковой экстрасистолией

Первый отечественный опыт применения роботизированной магнитной навигации при нарушениях ритма сердца представили В.Н. Ардашев и соавт. в 2007 г. В исследование включили 15 пациентов (11 мужчин; средний возраст $34,2 \pm 13,9$ года), которым выполнили радиочастотную аблацию с использованием роботизированной магнитной навигации.

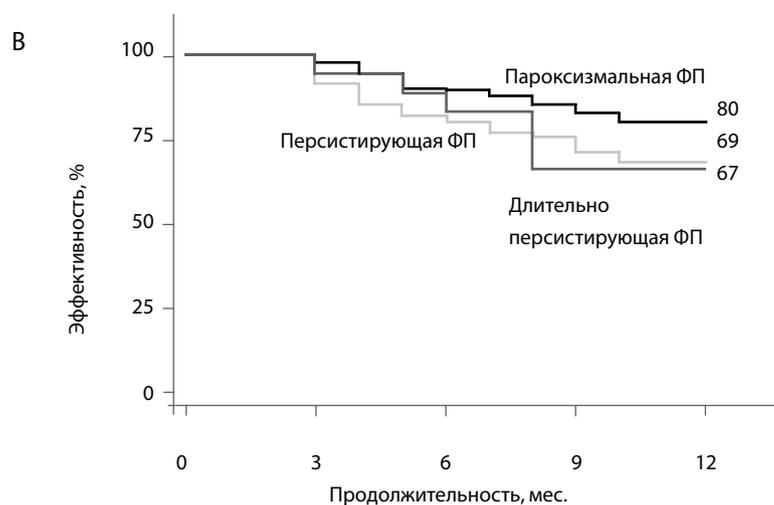
Рис. 2. Эффективность лечения с использованием роботизированной магнитной навигации: при различных формах фибрилляции предсердий (А); при пароксизмальной, персистирующей, длительно персистирующей формах (В)

Примечание.

ФП — фибрилляция предсердий.



Все пациенты, n	256	256	224	208	194
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----



Количество пациентов, n					
Пароксизмальная ФП	155	155	140	133	125
Персистирующая ФП	83	83	68	63	57
Длительно	18	18	16	12	12

Суправентрикулярные нарушения ритма сердца имели 11 (73 %) больных, желудочковые — 4 (27 %). Средняя продолжительность операции составила 82 ± 32 мин, средняя длительность радиочастотного воздействия $3,2 \pm 1,1$ мин, среднее время воздействия флюороскопии на пациента и врача 22 ± 4 и 3 ± 1 мин соответственно. Отсутствие тахиаритмий без приема антиаритмических препаратов в периоде наблюдения $10,2 \pm 1,2$ мес.

составило 93 %. Одному пациенту с синдромом Вольфа – Паркинсона – Уайта выполнили повторное вмешательство стандартным мануальным способом с верификацией блока проведения по дополнительному атриовентрикулярному соединению [22]. Таким образом, авторы продемонстрировали безопасность и высокую эффективность роботизированной магнитной навигации для лечения нарушений ритма сердца в российской популяции.

Опыт применения роботизированной магнитной навигации у пациентов с фибрилляцией предсердий в НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина

В ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России с 2014 г. по май 2021 г. выполнили 850 интервенционных вмешательств с использованием роботизированной магнитной навигации при различных нарушениях ритма сердца. Настоящее исследование включает данные первых 256 пациентов с ФП (155 — пароксизмальной формой, 83 — персистирующей, 18 — длительно персистирующей), которых оперировали с применением роботизированной магнитной навигации в 2014–2016 гг. Оценивали показатели: безопасность (процент осложнений), длительность процедуры, время флюороскопии, эффективность (отсутствие ФП и других предсердных тахикардий). Данные об эффективности основывали на результатах 24-часового холтеровского мониторирования через 3, 6, 12 мес. или информации о зафиксированных эпизодах ФП по данным электрокардиографии через 3 мес.

Средний возраст пациентов составил 56,8 ± 9,2 года, 58,6 % — мужчины. Продолжительность анамнеза ФП 67,0 ± 55,6 мес. Размер левого предсердия 52 ± 5 мм. Общая продолжительность процедуры 164,3 ± 44,9 мин, время флюороскопии 12,5 ± 5,7 мин.

У 2 (0,8 %) пациентов выявили гематому в области пункции бедренной вены, также у 2 (0,8 %) развился левосторонний пневмоторакс вследствие пункции подключичной вены. Осложнения возникли не из-за роботизированной магнитной навигации, их успешно разрешили до выписки пациентов из стационара. В течение года наблюдали 245 (96 %) больных. Не получили результатов контрольного холтеровского мониторирования 11 (4 %) из них, поэтому статус их ритма определяли на момент последнего контрольного наблюдения. Через 12 мес. общая эффективность роботизированной магнитной навигации при всех формах ФП без антиаритмической терапии среди 194 пациентов составляла 75,4 % (рис. 2А), эффективность при пароксизмальной, персистирующей, длительно персистирующей форм — 80, 69, 67 % соответственно (рис. 2В).

Заключение

Роботизированную магнитную навигацию применяют во многих передовых клиниках мира для интервенционного лечения ФП. Согласно данным литерату-

ры и собственному опыту, радиочастотная абляция ФП с использованием данной технологии сопоставима по эффективности со стандартным мануальным подходом, но значительно реже вызывает осложнения, связанные непосредственно с процедурой абляции, и сокращает время флюороскопии. Требуется изучить дистанционное использование роботизированной магнитной навигации при абляции между различными клиниками для улучшения качества лечения и обучения опытными центрами. Также необходимы проспективные многоцентровые рандомизированные исследования для дальнейшего поиска преимуществ роботизированной магнитной навигации по сравнению с мануальным подходом при лечении пациентов с различными формами ФП и сопутствующей патологией.

Список литературы / References

1. Chugh S.S., Havmoeller R., Narayanan K., Singh D., Rienstra M., Benjamin E.J., Gillum R.F., Kim Y.-H., McAnulty J.H. Jr, Zheng Zh.-J., Forouzanfar M.H., Naghavi M., Mensah G.A., Ezzati M., Murray C.J.L. Worldwide epidemiology of atrial fibrillation: a Global Burden of Disease 2010 Study. *Circulation*. 2014;129(8):837-847. PMID: 24345399; PMCID: PMC4151302. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005119>
2. Madhavan M., Hu T.Y., Gersh B.J., Roger V.L., Killian J., Weston S.A., Graff-Radford J., Asirvatham S.J., Chamberlain A.M. Efficacy of warfarin anticoagulation and incident dementia in a community-based cohort of atrial fibrillation. *Mayo Clin Proc*. 2018;93(2):145-154. PMID: 29329798; PMCID: PMC5814135. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2017.09.021>
3. Krijthe B.P., Kunst A., Benjamin E.J., Lip G.Y.H., Franco O.H., Hofman A., Witteman J.C.M., Stricker B.H., Heeringa J. 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. PMID: 23900699; PMCID: PMC3858024. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs280>
4. Patel N.J., Deshmukh A., Pant S., Singh V., Patel N., Arora Sh., Shah N., Chothani A., Savani G.T., Mehta K., Parikh V., Rathod A., Badheka A.O., Lafferty J., Kowalski M., Mehta J.L., Mitrani R.D., Viles-Gonzalez J.F., Paydak H. Contemporary trends of hospitalization for atrial fibrillation in the United States, 2000 through 2010: implications for healthcare planning. *Circulation*. 2014;129(23):2371-2379. PMID: 24842943. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.008201>
5. Hindricks G., Potpara T., Dagres N., Arbelo E., Bax J.J., Blomström-Lundqvist C., Boriani G., Castella M., Dan G.-A., Dilaveris P.E., Fauchier L., Filippatos G., Kalman J.M., La Meir M., Lane D.A., Lebeau J.-P., Lettino M., Lip G.Y.H., Pinto F.J., Thomas G.N., Valgimigli M., Van Gelder I.C., Van Putte B.P., Watkins C.L.; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2021;42(5):373-498. PMID: 32860505. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa612>

6. Piccini J.P., Lopes R.D., Kong M.H., Hasselblad V., Jackson K., Al-Khatib S.M. Pulmonary vein isolation for the maintenance of sinus rhythm in patients with atrial fibrillation: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2009;2(6):626-633. PMID: 20009077. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.109.856633>
7. Siontis K.C., Ioannidis J.P.A., Katritsis G.D., Noseworthy P.A., Packer D.L., Hummel J.D., Jais P., Krittayaphong R., Mont L., Morillo C.A., Nielsen J.C., Oral H., Pappone C., Santinelli V., Weerasooriya R., Wilber D.J., Gersh B.J., Josephson M.E., Katritsis D.G. Radiofrequency ablation versus antiarrhythmic drug therapy for atrial fibrillation: meta-analysis of quality of life, morbidity, and mortality. *JACC Clin Electrophysiol.* 2016;2(2):170-180. PMID: 29766867. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2015.10.003>
8. Faddis M.N., Chen J., Osborn J., Talcott M., Cain M.E., Lindsay B.D. Magnetic guidance system for cardiac electrophysiology: a prospective trial of safety and efficacy in humans. *J Am Coll Cardiol.* 2003;42(11):1952-1958. PMID: 14662258. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2003.07.023>
9. Romanov A., Filippenko A., Elesin D., Losik D., Grishkov A., Shabanov V. Remote magnetic navigation ablation via the right jugular vein approach in patient with interruption of the inferior vena cava and incessant left atrial flutter. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2021;44(2):385-388. PMID: 32969523. <https://doi.org/10.1111/pace.14078>
10. Пономаренко А.В., Елемесов Н.А., Перегудов И.С., Жижов Р.Э., Баранова В.В., Фишер Е.В., Шабанов В.В., Чернявский А.М., Романов А.Б. Клинический случай транссептальной пункции через окклюдер в межпредсердной перегородке у пациента с фибрилляцией предсердий для выполнения радиочастотной катетерной абляции с роботизированной магнитной навигацией. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2021;25(1):114-119. [Ponomarenko A.V., Yelemessov N.A., Peregudov I.S., Zhizhov R.E., Baranova V.V., Fisher E.V., Shabanov V.V., Chernyavskiy A.M., Romanov A.B. Transseptal puncture through the atrial septal occluder in patient with atrial fibrillation for guided radiofrequency ablation procedure using remote magnetic navigation: A clinical case. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2021;25(1):114-119. (In Russ.)] <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-1-114-119>
11. Weiss J.P., May H.T., Bair T.L., Crandall B.G., Cutler M.J., Day J.D., Osborn J.S., Mallender Ch., Bunch T.J. A comparison of remote magnetic irrigated tip ablation versus manual catheter irrigated tip catheter ablation with and without force sensing feedback. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2016;27 Suppl 1:S5-S10. PMID: 26969224. <https://doi.org/10.1111/jce.12901>
12. Белобородов В.В., Елемесов Н.А., Пономаренко А.В., Моржанаев Е.А., Филиппенко А.Г., Михеенко И.Л., Чернявский А.М., Романов А.Б. Роботизированная магнитная навигация при лечении сложных нарушений ритма сердца у пациентов после хирургической коррекции врожденных пороков сердца. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2021;25(1):32-39. [Beloborodov V.V., Elemesov N.A., Ponomarenko A.V., Morzhanaev E.A., Filippenko A.G., Mikheenko I.L., Chernyavskiy A.M., Romanov A.B. Remote magnetic navigation for heart rhythm disturbances treatment in patients after surgical correction of congenital heart disease. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2021;25(1):32-39. (In Russ.)] <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-1-32-39>
13. Pappone C., Vicedomini G., Manguso F., Gugliotta F., Mazzone P., Gulletta S., Sora N., Sala S., Marzi A., Augello G., Livolsi L., Santagostino A., Santinelli V. Robotic magnetic navigation for atrial fibrillation ablation. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47(7):1390-1400. PMID: 16580527. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.11.058>
14. Kim A.M., Turakhia M., Lu J., Badhwar N., Lee B.K., Lee R.J., Marcus G.M., Tseng Z.H., Scheinman M., Olgin J.E. Impact of remote magnetic catheter navigation on ablation fluoroscopy and procedure time. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2008;31(11):1399-1404. PMID: 18950296. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2008.01202.x>
15. Kataria V., Berte B., Vandekerckhove Y., Tavernier R., Duytschaever M. Remote magnetic versus manual navigation for radiofrequency ablation of paroxysmal atrial fibrillation: long-term, controlled data in a large cohort. *Biomed Res Int.* 2017;2017:6323729. PMID: 28386560; PMCID: PMC5366771. <https://doi.org/10.1155/2017/6323729>
16. Jin Q.I., Pehrson S., Jacobsen P.K., Chen X.U. Efficacy and safety of atrial fibrillation ablation using remote magnetic navigation: experience from 1,006 procedures. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2016;27 Suppl 1:S23-S28. PMID: 26969219. <https://doi.org/10.1111/jce.12929>
17. Ghadban R., Giffit K., Luebbing Z., Sodhi S., Cooper D., Enezate T. Radiofrequency atrial fibrillation ablation with irrigated tip catheter using remote magnetic navigation compared with conventional manual method. *J Interv Card Electrophysiol.* 2020 Sep 22. PMID: 32959178. <https://doi.org/10.1007/s10840-020-00879-8> [Online ahead of print]
18. Miyazaki Sh., Shah A.J., Khaët O., Derval N., Matsuo S., Wright M., Nault I., Forclaz A., Jadidi A.S., Knecht S., Rivard L., Liu X., Linton N., Sacher F., Hocini M., Jais P., Haïssaguerre M. Remote magnetic navigation with irrigated tip catheter for ablation of paroxysmal atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2010;3(6):585-589. PMID: 20937723. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.110.957803>
19. Lim P.Ch.Y., Toh J.J.H., Loh J.K.X.Y., Lee E.Ch.Y., Chong D.T.T., Tan B.Y., Ho K.L., Ching Ch.K., Teo W.S. Remote magnetic catheter navigation versus conventional ablation in atrial fibrillation ablation: Fluoroscopy reduction. *J Arrhythm.* 2017;33(3):167-171. PMID: 28607610; PMCID: PMC5459423. <https://doi.org/10.1016/j.joa.2016.08.007>
20. Koutalas E., Bertagnoli L., Sommer Ph., Richter S., Rolf S., Breithardt O., Bollmann A., Hindricks G., Arya A. Efficacy and safety of remote magnetic catheter navigation vs. manual steerable sheath-guided ablation for catheter ablation of atrial fibrillation: a case-control study. *Europace.* 2014;17(2):232-238. PMID: 25336662. <https://doi.org/10.1093/europace/euu224>
21. Adragão P.P., Cavaco D., Ferreira A.M., Costa F.M., Parreira L., Carmo P., Morgado F.B., Santos K.R., Santos P.G., Carvalho M.S., Durazzo A., Marques H., Gonçalves P.A., Raposo L., Mendes M. Safety and long-term outcomes of catheter ablation of atrial fibrillation using magnetic navigation versus manual conventional ablation: a propensity-score analysis. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2016;27 Suppl 1:S11-S16. PMID: 26969217. <https://doi.org/10.1111/jce.12900>
22. Ардашев В.Н., Ардашев А.В., Желяков Е.Г., Шаваров А.А., Рыбаченко М.С., Кошеева Л.А. Первый отечественный опыт радиочастотной катетерной абляции с помощью роботизированной системы магнитной навигации по поводу нарушений ритма сердца. *Кардиология.* 2007;47(9):56-61. [Ardashev V.N., Ardashev A.V., Zhelyakov E.G., Shavarov A.A., Rybatchenko M.S., Koshcheeva L.A. Activity of inflammatory-destructive changes in the process of formation of unstable atherosclerotic plaque. *Kardiologiya = Cardiology.* 2007;47(9):56-61. (In Russ.)]

Remote magnetic navigation for treatment of patients with atrial fibrillation

Vladimir V. Beloborodov, Vitaliy V. Shabanov, Nurlan A. Yelemessov, Alexey G. Filippenko, Igor L. Mikheenko, Elizaveta V. Fisher, Alexander B. Romanov

Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

Corresponding author. Vladimir V. Beloborodov, beloborodov.vladimir@gmail.com

Atrial fibrillation (AF) remains an important medical and social health problem occupying a leading position among all cardiac arrhythmias in clinical practice. AF increases overall mortality by 1.9 times and the risk of stroke by 5 times, leads to disability among the working-age population, and reduces the quality of life.

Pulmonary veins isolation is the main approach in the treatment of AF symptomatic patients who are resistant to antiarrhythmic therapy. However, the use of this technique is associated with the need for long-term use of fluoroscopy and monitoring of the contact force of the ablation catheter with the heart tissue for an effective and safe exposure on the arrhythmia substrate. In addition, the complication rate can reach up to 5% even when using non-fluoroscopic navigation systems.

Over the past decade, robotic magnetic navigation was established as a safe and effective technology in the treatment of patients with different cardiac arrhythmias. The advantages of this technology are the flexibility and mobility of the ablation catheter to reach difficult areas during ablation procedure, as well as high efficiency and safety, with a low fluoroscopy exposure time. This review analyses the current literature and documents the experience of using robotic magnetic navigation for the treatment of patients with different forms of AF. We conducted searches on Scopus, Web of Science databases and PubMed.

The reviewed studies demonstrated that the use of robotic magnetic navigation is a safe and highly effective method of treating patients with AF. It also helps to reduce the time of fluoroscopy during ablation procedure.

Keywords: atrial fibrillation; catheter ablation; heart rhythm disturbance; pulmonary vein isolation; remote magnetic navigation

Received 26 August 2021. Revised 21 September 2021. Accepted 22 September 2021.

Funding: This work was carried out within the framework of the state task of Ministry of Health of Russian Federation No. 121031300225-8.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Contribution of the authors

Conception and study design: V.V. Beloborodov, A.G. Filippenko, A.B. Romanov

Data collection and analysis: V.V. Beloborodov, N.A. Yelemessov, E.V. Fisher, A.G. Filippenko, V.V. Shabanov, A.B. Romanov

Statistical analysis: A.B. Romanov, I.L. Mikheenko

Drafting the article: V.V. Beloborodov, A.G. Filippenko, A.B. Romanov

Critical revision of the article: A.B. Romanov, I.L. Mikheenko, A.G. Filippenko, V.V. Shabanov

Final approval of the version to be published: V.V. Beloborodov, V.V. Shabanov, N.A. Yelemessov, A.G. Filippenko, I.L. Mikheenko, E.V. Fisher, A.B. Romanov

ORCID ID

V.V. Beloborodov, <https://orcid.org/0000-0003-1568-9472>

V.V. Shabanov, <https://orcid.org/0000-0001-9066-3227>

N.A. Yelemessov, <https://orcid.org/0000-0001-6316-7375>

A.G. Filippenko, <https://orcid.org/0000-0001-8068-7276>

I.L. Mikheenko, <https://orcid.org/0000-0002-3552-7158>

E.V. Fisher, <https://orcid.org/0000-0003-1518-0668>

A.B. Romanov, <https://orcid.org/0000-0002-6958-6690>

Copyright: © 2022 Beloborodov et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

How to cite: Beloborodov V.V., Shabanov V.V., Yelemessov N.A., Filippenko A.G., Mikheenko I.L., Fisher E.V., Romanov A.B. Remote magnetic navigation for treatment of patients with atrial fibrillation. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2022;26(1):24-31. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2022-1-24-31>