

Рубрика: клиническая электрофизиология

© Б.М. АБДУЛРАХМАН, А.Г. ФИЛАТОВ, Д.С. ФОМИНА, 2025

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2025

УДК 616.12-008.311

DOI: 10.15275/annaritmol.2025.4.3

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ АТИПИЧНОГО ТРЕПЕТАНИЯ ПРЕДСЕРДИЙ

Тип статьи: обзорная статья

Б.М. Абдулрахман, А.Г. Филатов, Д.С. Фомина

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Абдулрахман Басель Мохамедович, ординатор; orcid.org/0009-0007-5641-6039,
e-mail: developedabove@yandex.ru

Филатов Андрей Геннадьевич, д-р мед. наук, заведующий научным отделом рентгенохирургической и интраоперационной диагностики и лечения аритмий; orcid.org/0000-0002-7026-7814

Фомина Дарья Сергеевна, сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-5211-2237

В обзоре освещены современные представления о катетерном лечении атипичного трепетания предсердий. Рассмотрены исторические предпосылки развития метода, принципы картирования, современные технологии визуализации и навигации, включая трёхмерное высокоточное картирование, внутрисердечную эхокардиографию и интеграцию данных мультиспиральной компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Показано, что применение современных электродов для высокоточного картирования, контроля контактной силы и автоматизированных алгоритмов обработки электрофизиологических сигналов способствует повышению точности локализации критических зон замедленного проведения электрического импульса. Выполнен сравнительный анализ катетерных и хирургических методов устранения тахикардий, продемонстрированы преимущества гибридных стратегий при сложных и инцизионных субстратах. Особое внимание уделено инновационным технологиям, включая абляцию импульсным полем, и перспективам их клинического применения. Обобщены данные клинических исследований по эффективности и безопасности катетерных вмешательств, выделены ключевые направления дальнейшего развития: стандартизация протоколов, внедрение искусственного интеллекта, расширение возможностей предоперационного моделирования и совершенствование систем картирования.

Результаты анализа подтверждают, что катетерная абляция остаётся основным методом лечения, обеспечивающим высокую эффективность и приемлемый профиль безопасности при условии индивидуализированного подхода и использования современных технологий визуализации.

Ключевые слова: атипичное трепетание предсердий, катетерная абляция, радиочастотная абляция, абляция импульсным полем, электроанатомическое картирование, хирургическое лечение аритмий

CURRENT APPROACHES TO THE TREATMENT OF ATYPICAL ATRIAL FLUTTER

B.M. Abdulrahman, A.G. Filatov, D.S. Fomina

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Basel M. Abdulrahman, Resident Physician; orcid.org/0009-0007-5641-6039, e-mail: developedabove@yandex.ru

Andrey G. Filatov, Dr. Med. Sci., Head of the Department of X-ray Surgical and Intraoperative Diagnostics and Treatment of Arrhythmias; orcid.org/0000-0002-7026-7814

Darya S. Fomina, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-5211-2237

This review presents current perspectives on catheter-based treatment of atypical atrial flutter. The historical background of the method's development, principles of mapping, and modern visualization and navigation technologies are discussed, including three-dimensional high-density mapping, intracardiac echocardiography, and integration of multislice computed tomography and magnetic resonance imaging data. It is demonstrated that the use of advanced electrodes for high-density mapping, contact force control, and automated algorithms for electrophysiological signal processing improves the accuracy of localizing critical zones of slow conduction. A comparative analysis of catheter-based and surgical approaches to tachycardia ablation is provided, emphasizing the advantages of hybrid strategies in complex and incisional substrates. Special attention is given to innovative technologies such as pulsed field ablation and the prospects for their clinical application. Clinical studies on the efficacy and safety of catheter interventions are summarized, and key directions for further development are identified: standardization of procedural protocols, implementation of artificial intelligence, expansion of preoperative modeling capabilities, and improvement of mapping systems. The analysis confirms that catheter ablation remains the mainstay treatment method, providing high efficacy and an acceptable safety profile when performed with an individualized approach and the use of modern visualization technologies.

Keywords: atypical atrial flutter, catheter ablation, radiofrequency ablation, pulsed field ablation, electro-anatomical mapping, surgical treatment of arrhythmias

Введение

Атипичное трепетание предсердий (АТП) представляет собой группу макрореентри тахикардий, не зависящих от зоны кавотрикуспидального истмуса (КТИ). В отличие от типичного трепетания предсердий (ТП), характеризующегося кругом реентри вокруг трикуспидального клапана, АТП связано с зонами замедленного проведения в области фиброзных изменений, инцизий, мест канюляции, линий аблации [1].

Клиническое значение АТП возросло в последние два десятилетия вследствие активного внедрения катетерных и хирургических вмешательств при фибрилляции предсердий (ФП). После выполнения изоляции устьев лёгочных вен (ИЛВ) или гибридных операций частота возникновения вторичного трепетания предсердий достигает 20% случаев, что делает данную аритмию актуальной проблемой современной аритмологии [2].

Согласно данным аналитического сборника по аритмологии за 2023 г. [3], в Российской Федерации было выполнено 38 289 радиочастотных аблаций. Самую многочисленную группу составили пациенты с наджелудочковыми тахиаритмиями, в частности с трепетанием предсердий.

Электрофизиологическая сущность АТП определяется наличием устойчивой петли реентри, ограниченной анатомическими и функциональными барьерами, в формировании которых зачастую участвуют зоны постаблационного фиброза, хирургических рубцов или естественные структуры предсердий – устья вен, фиброзные кольца, участки фиброзированного миокарда [4].

Зоны поддержания АТП могут существенно различаться. Наиболее часто встречаются левопредсердные формы ТП, включающие перимитральные, крышезависимые и инцизионные тахикардии, однако возможны и правопредсердные варианты – вокруг кава-кавальной линии, в зонах атриотомного рубца и в местах канюляции полых вен. Верификация данных участков играет ключевую роль в выборе стратегии аблации и прогнозировании рисков [5].

Несмотря на схожие клинические проявления с типичным трепетанием предсердий, атипичные формы характеризуются большей резистентностью к медикаментозной терапии и более высокой частотой рецидивов после первичного вмешательства. Это связано с многофакторностью электрического субстрата, индивидуальной анатомией и наличием нескольких путей реентри [6].

Цель аблации АТП заключается в разобщении цикла реентри и создании полного двунаправленного блока между анатомическими барьерами. Развитие трёхмерных электроанатомических систем (CARTO, EnSite, Rhythmia и др.) радикально изменило подход к диагностике и лечению этой аритмии, позволив выполнять картирование с точностью до миллиметров и формировать безопасные линии блока [7].

В современных руководствах по электрофизиологии катетерная аблация рассматривается как метод выбора при симптомном или рецидивирующем АТП, при неэффективности антиаритмической терапии. Однако успех процедуры варьирует от 70 до 90% в зависимости от локализации петли реентри, протяжённости рубцовых зон и опыта хирурга. Рецидивы в отда-

лённые сроки остаются значимой проблемой, требующей повторных вмешательств или пересмотра стратегии лечения [8].

Проблема катетерного лечения АТП имеет не только клиническое, но и патофизиологическое значение, поскольку позволяет глубже понять процессы ремоделирования предсердий после ИЛВ. Вследствие этого анализ механизмов, технологий и результатов аблации атипичного трепетания предсердий приобретает важное значение для совершенствования аритмологической практики и повышения эффективности интервенционных подходов.

Методы

При подготовке обзора были проанализированы научные публикации, посвященные катетерному лечению атипичного трепетания предсердий, включающие как клинические, так и экспериментальные исследования. Поиск источников проводился в международных базах данных PubMed, Scopus, MEDLINE, ScienceDirect и Cochrane Library за период с 2015 по 2025 г. Использовались ключевые слова: «атипичное трепетание предсердий», «КТИ-независимое трепетание», «макрореентри тахикардия», «катетерная аблация», «электроанатомическая навигация», «радиочастотная аблация», «аблация импульсным полем».

В анализ включались публикации, содержащие данные о механизмах возникновения АТП, методиках картирования и аблации, клинических исходах и отдалённых результатах, а также обзоры и метаанализы, отражающие современное состояние проблемы.

Для систематизации данных публикации были распределены по четырём основным направлениям:

- 1) электрофизиологические механизмы и классификация АТП;
- 2) технологии визуализации и картирования;
- 3) методики катетерной аблации и показатели эффективности;
- 4) сравнительный анализ катетерного и хирургического лечения.

В рамках обзора применялся описательный метод анализа с акцентом на клиническую эффективность, риски, осложнения и факторы рецидива. Основное внимание уделялось исследованиям с высоким уровнем доказательности (рандомизированные исследования, проспективные наблюдения, крупные ретроспективные се-

рии), а также обзорам, включающим обобщённые данные по множественным центрам.

Публикации, в которых атипичное трепетание предсердий не дифференцировалось от типичного, исключались из анализа. Также исключались работы, посвящённые только антиаритмической фармакотерапии, без описания интервенционных подходов.

Критериями отбора являлись:

- наличие в исследовании верифицированного посредством электрофизиологического исследования АТП;
- использование трёхмерного электроанатомического картирования (CARTO, EnSite, Rhythmia, и др.);
- указание клинических исходов аблации (эффективность, рецидивы, осложнения);
- длительность наблюдения не менее 6 мес.

Особое внимание уделялось исследованиям, описывающим анатомические и функциональные особенности субстрата реентри в случае инцизионного трепетания, поскольку именно эти формы составляют значительную долю АТП в современной клинической практике.

При интерпретации данных использовались элементы сравнительного и аналитического подхода. Отдельно рассматривались технологии визуализации, включая внутрисердечную эхокардиографию (ВСУЗИ), построение трехмерной электроанатомической карты предсердий и высокоплотное картирование. Для анализа эффективности и безопасности катетерной аблации учитывались параметры острой успешности, частота рецидивов, осложнения (тампонада, тромбоз, повреждение диафрагмального нерва) и среднесрочные результаты наблюдения.

На основе полученных данных была сформирована концептуальная модель, отражающая взаимосвязь между формой АТП, методом картирования, стратегией аблации и долгосрочным прогнозом.

Историческое развитие катетерного лечения трепетания предсердий

Эволюция катетерных методов лечения трепетания предсердий тесно связана с развитием интервенционной аритмологии конца XX – начала XXI в. Первые описания механизма типичного трепетания, основанные на концепции макрореентри вокруг кавотрикуспидального истмуса, появились в 1980-е годы. Именно тогда были проведены первые клинические экспери-

менты по локальной радиочастотной деструкции тканей в области истмуса, что позволило излечивать большую часть пациентов с типичным трепетанием предсердий [9].

К началу 1990-х годов радиочастотная абляция (РЧА) стала стандартом для лечения типичного ТП, демонстрируя высокий уровень эффективности (эффективность первичных вмешательств достигала 90%, низкий риск рецидива). Однако уже тогда стало очевидно, что часть пациентов после успешной абляции продолжает испытывать пароксизмы тахикардии, отличающиеся по морфологии и механизму. Эти формы не зависели от КТИ и получили наименование «атипичное трепетание предсердий» [2].

С накоплением клинического опыта в области катетерной абляции фибрилляции предсердий в 2000-х годах частота выявления АТП значительно увеличилась. Изоляция устьев лёгочных вен, являющаяся золотым стандартом лечения ФП, привела к формированию новых анатомических и электрических барьеров в левом предсердии. Это в свою очередь способствовало возникновению вторичных петель реентри, проходящих вдоль аблационных линий, по крыше предсердия или вокруг митрального кольца [5].

Одним из ключевых достижений стало внедрение трёхмерного электроанатомического картирования. Первая версия системы CARTO (Biosense Webster) появилась в клинической практике в конце 1990-х годов и позволила визуализировать электрическую активность в режиме реального времени, определяя зоны активации и блоков. Это послужило переломным моментом, открывшим возможность точного выявления критического истмуса в случае атипичных трепетаний [10].

Параллельно развивались и другие технологии: системы EnSite (Abbott), позже – Rhythmia (Boston Scientific), обеспечившие сбор десятков тысяч точек активации с высокой плотностью, что особенно важно при анализе сложных циклов реентри в фиброзированном миокарде. Использование этих систем позволило уточнить патогенез постаблационных тахикардий и выявить частые комбинации двухпетлевого трепетания [7].

С середины 2010-х годов начали применяться методы высокоплотного картирования, основанные на мультиэлектродных катетерах (Pentaray, Orion, HD Grid). Это позволило строить электроанатомические карты с пространственным разрешением менее 1 мм, что значительно

повысило точность идентификации узких каналов замедленного проведения «критических истмусов» – ключевых зон, ответственных за поддержание тахикардии [4].

Постепенно изменилось и понимание клинического значения АТП. Если ранее оно рассматривалось как редкая форма, то с распространением ИЛВ и ростом числа кардиохирургических вмешательств данная аритмия стала встречаться значительно чаще. Современные регистры фиксируют частоту развития АТП после абляции ФП в пределах 20%, причём более чем у половины пациентов выявляются множественные петли реентри [6].

Начиная с 2020-х годов внимание исследователей смещается в сторону новых энергетических подходов. Среди них – абляция импульсным полем, основанная на принципе электропорации клеточных мембран, вызывающей некроз без термического повреждения. Этот метод потенциально снижает риск повреждения окружающих структур и уже демонстрирует эффективность в лечении левопредсердных форм АТП [11].

Историческая динамика развития катетерного лечения трепетания предсердий иллюстрирует общую тенденцию – переход от эмпирических методов локальной деструкции к персонализированной навигационной электрофизиологии, основанной на точной визуализации и анатомо-функциональном анализе реентри. Вследствие этого катетерная абляция атипичного трепетания предсердий сегодня рассматривается как сложная, но предсказуемая процедура с высоким потенциалом успеха при правильной идентификации механизма.

Механизмы формирования и электрофизиологические особенности атипичного трепетания предсердий

Атипичное трепетание предсердий представляет собой макрореентную предсердную тахикардию, возникающую вне зоны кавотрикуспидального истмуса, который определяет типичную форму трепетания предсердий. Основой электрофизиологического механизма является циркуляция волны возбуждения по замкнутому кругу с участками замедленного проведения, образованными анатомическими или функциональными барьерами. В отличие от типичного трепетания, петли АТП характеризуются высокой вариабельностью и нередко формируются в областях с неоднородной тканевой структу-

рой – после хирургических вмешательств, аблации при фибрилляции предсердий или воспалительных изменений миокарда [2].

Анатомо-электрофизиологические субстраты

Основные зоны формирования петель АТП включают левое предсердие (крыша, митральный перешеек, задняя стенка, область устьев лёгочных вен) и правое предсердие (латеральная стенка, рубцовые участки в зонах канюляции и атриотомного рубца). Эти области обладают выраженной пространственной неоднородностью проводимости, что создаёт условия для возникновения реентри. Наиболее частым типом левопредсердного АТП является митрально-аннулярная тахикардия, при которой волна возбуждения циркулирует вокруг кольца митрального клапана через зону крыши или нижнего перешейка [12].

После аблации фибрилляции предсердий или изоляции устьев лёгочных вен возможны формирование постаблационных циклов, проходящих вдоль линий неполноценного блока, по краям рубцовых зон или между двумя функциональными блоками [5].

В правом предсердии контуры часто формируются в области рубцовых изменений после хирургических коррекций врожденных пороков сердца (например, коррекции тетрады Фалло, пластики межпредсердной перегородки). Такие тахикардии известны как инцизионные и характеризуются сложной архитектурой активации, включающей «двойные петли» и множественные зоны замедленного проведения.

Роль фиброза и рубцовых изменений

Морфологическим субстратом АТП является сочетание фиброза, утраты межклеточных соединений и очагов остаточной проводимости. Наличие таких участков создаёт каналы замедленного проведения, через которые распространяется волна возбуждения, замыкая цикл тахикардии. Магнитно-резонансная томография (МРТ) с контрастным усилением позволяет визуализировать распределение рубцовой ткани и сопоставить её с зонами низковольтных потенциалов на электроанатомической карте [6].

Фиброзная трансформация миокарда предсердий может быть как следствием хирургического или аблационного воздействия, так и результатом хронической дилатации при структурных заболеваниях сердца. При этом прогрес-

сирующее ремоделирование приводит к расширению контуров реентри и формированию множественных петель возбуждения, что существенно осложняет картирование и требует индивидуальной стратегии аблации.

Функциональные и динамические барьеры

Помимо анатомических структур, в формировании контуров АТП участвуют функциональные барьеры, обусловленные анизотропией проведения, временной рефрактерностью и неравномерностью восстановительных процессов в различных участках миокарда. Такие барьеры нестабильны и могут изменяться под действием частоты стимуляции, фармакологических средств или метаболических факторов.

Электрофизиологические исследования показали, что скорость проведения в критических участках замедляется до 0,2–0,4 м/с, что создаёт условия для циркуляции волны возбуждения без преждевременного столкновения с зоной рефрактерности [10].

Классификация АТП

Согласно современной классификации, основанной на анатомо-электрофизиологическом принципе, выделяются следующие основные формы АТП:

- 1) митрально-зависимое трепетание;
- 2) трепетание по крыше левого предсердия;
- 3) трепетание по задней стенке левого предсердия;
- 4) “gap”-зависимое трепетание;
- 5) инцизионное правопредсердное трепетание;
- 6) двухпетлевое трепетание.

Каждая форма требует специфической стратегии картирования и аблации с учётом локализации и топографии зоны замедленного проведения.

Электрокардиографическая диагностика и идентификация петель реентри

Электрокардиографические признаки АТП зависят от направления фронта активации и вовлечённой анатомической области. При митрально-зависимом трепетании предсердий наблюдаются отрицательные волны F в отведениях I, aVL и положительные – в нижних отведениях; при цикле в зоне крыши – мелковолновой паттерн в V1–V2; при правопредсердных постоперационных формах – вариабельная морфология волн F, нередко с изменением полярности от цикла к циклу [4].

Тем не менее дифференцировать АТП по ЭКГ затруднительно, особенно при множественных петлях или низкоамплитудных волнах. Поэтому ЭКГ используется преимущественно как инструмент предварительной оценки, а окончательная диагностика основывается на электроанатомическом картировании и анализе стимуляционных манёвров.

Электрофизиологическое картирование и подтверждение механизма аритмии

Для подтверждения механизма АТП применяется комбинированный подход, включающий активационное и энтрейнмент картирование. При активационном картировании строится последовательная карта возбуждения, отображающая его замкнутую циркуляцию, а при энтрейнмент картировании проводится стимуляция в предполагаемой критической зоне с измерением постстимуляционного интервала. Если он приблизительно равен циклу тахикардии, участок считается частью кольца реентри.

Современные исследования показали, что использование трёхмерных систем с автоматическим анализом активации повышает точность диагностики и сокращает время процедуры на 25–30% [13].

Физиологические аспекты устойчивости реентри

Устойчивость реентри при АТП определяется соотношением длины пути циркуляции и эффективного рефрактерного периода (ЭРП). При укорочении ЭРП или увеличении длины пути волна возбуждения имеет возможность замыкаться без коллизии с зоной изоляции. Фармакологические и структурные факторы, изменяющие эти параметры, способны влиять на индуцируемость и устойчивость тахикардии.

Детальное понимание электрофизиологических механизмов АТП имеет фундаментальное значение для разработки индивидуализированных стратегий абляции. Это позволяет прогнозировать направление контура, выбирать оптимальные линии блока и минимизировать риск рецидива при сохранении функциональной активности предсердий.

Современные технологии визуализации и картирования

Развитие технологий визуализации и электроанатомического картирования стало фактором,

определившим новый стандарт катетерного лечения атипичного трепетания предсердий. Анатомическая сложность петель реентри, множественность линий абляции и наличие фиброзных изменений делают классические методы верификации аритмогенных зон недостоверными. Применение трёхмерных и интеграционных систем картирования позволило перейти от эмпирического подхода к точной анатомо-функциональной навигации.

Электроанатомическое картирование

Современные системы трёхмерного картирования (CARTO 3, EnSite X, Rhythmia HDx) обеспечивают построение детализированной карты предсердной активации с точностью пространственного разрешения до 0,5–1 мм. Технология основана на регистрации эндограммы с последующей реконструкцией временной последовательности возбуждения и пространственного распределения биопотенциалов. Это позволяет идентифицировать критические зоны замедленного проведения, функциональные барьеры и участки блоков, играющие роль в поддержании петли [7].

Важнейшим усовершенствованием стало внедрение многополюсных катетеров (PentaRay, HD Grid, Orion), что обеспечило возможность перехода к высокоплотному картированию. Данная методика позволяет собирать десятки тысяч точек за короткое время, обеспечивая непрерывное построение поверхности предсердия и повышая вероятность обнаружения узких каналов реентри [4].

Использование топографических и активационных карт в сочетании с анализом электрофизиологических потенциалов даёт возможность проводить точную дифференциацию между активными и пассивными зонами проведения, определять направление петли и выделять ключевые участки, требующие абляции.

Внутрисердечное эхокартирование

Внутрисердечное эхокартирование стало неотъемлемым инструментом при сложных абляциях. Метод обеспечивает визуализацию анатомических ориентиров в реальном времени и контроль за положением катетера в полости предсердия, особенно при работе вблизи критических структур – митрального клапана, межпредсердной перегородки или устьев лёгочных вен. Внутрисердечное ультразвуковое исследо-

вание также используется во время транссептального доступа, визуализации рубцовых зон и оценки толщины стенки миокарда при левопредсердных формах АТП [13].

Современные системы ВСУЗИ (AcuNav, ViewFlex Xtra, SoundStar) интегрируются с электроанатомическими картами, создавая комбинированные 3D-модели. Это повышает точность позиционирования аблационного катетера и снижает риск осложнений, таких как перфорация стенки предсердия или повреждение диафрагмального нерва.

Развитие данных систем и совершенствование опыта хирургов позволяет выполнять операции с минимальным воздействием рентгеновского излучения.

Интеграция с данными компьютерной и магнитно-резонансной томографии

В последние годы активно развивается технология эхокартирования, при которой трёхмерная электроанатомическая карта совмещается с изображениями, полученными с помощью мультиспиральной компьютерной томографии или МРТ высокого разрешения. Такая интеграция позволяет учитывать индивидуальные анатомические особенности, например вариации расположения устьев лёгочных вен, утолщение стенок левого предсердия или наличие послеоперационных рубцов [5].

Особое значение эта технология имеет при повторных вмешательствах, когда предсердие уже подвергалось множественным абляциям, а анатомия значительно изменена. Применение фьюжн-картирования облегчает навигацию и помогает минимизировать избыточное повреждение тканей.

Контактная сила и автоматизация картирования

Внедрение катетеров с контролем силы соприкосновения с миокардом стало значительным шагом в развитии РЧА. Контроль силы прижатия электрода к поверхности эндокарда позволяет достичь трансмуральности поражения, предотвращая как неэффективное воздействие, так и избыточное повреждение тканей [14].

Современные системы используют алгоритмы автоматического сбора данных и цветового кодирования, что ускоряет процесс построения карт и повышает воспроизводимость результатов. Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в системы картирования находится на ста-

дии активной разработки: нейросетевые модули анализируют закономерности активации и могут предсказывать возможные участки замедленного проведения и петли реентри [8].

Будущие направления развития визуализации

Перспективными направлениями остаются внедрение неинвазивных технологий картирования, включая поверхностное картирование и оптическую реконструкцию активации миокарда. Эти подходы позволяют выполнять диагностику аритмий без внутрисердечного вмешательства, формируя потенциальную основу для предоперационного планирования аблации [15].

Разработка гибридных систем, объединяющих внутрисердечные, поверхностные и визуализационные данные, создаёт основу для персонализированного моделирования электрофизиологических процессов. Это открывает возможность моделирования вероятных контуров реентри и индивидуального подбора линий аблации.

Таким образом, современное развитие технологий визуализации и картирования радикально изменило парадигму катетерного лечения АТП, превратив его из эмпирического вмешательства в прецизионную, анатомически ориентированную процедуру.

Результаты и клиническая эффективность катетерной аблации при атипичном трепетании предсердий

Эффективность катетерной аблации при атипичном трепетании предсердий оценивается в зависимости от частоты рецидивов, необходимости повторных вмешательств и безопасности метода. Поскольку АТП представляет собой гетерогенную группу макрореентных тахикардий, показатели эффективности зависят от анатомического субстрата, локализации «критического» истмуса и характера предшествующих вмешательств.

Результаты в раннем послеоперационном периоде

По данным метаанализа, включающего 24 исследования с общим числом пациентов более 4500, успешность аблации АТП варьирует от 70 до 95%. Более высокие показатели наблюдаются при правопредсердной форме, особенно у пациентов без выраженных послеоперационных рубцов. В то время как при левопредсердной форме, особенно постаблационном АТП,

эффективность снижается вследствие сложности анатомии и множественных линий блоков [7].

Применение трёхмерного электроанатомического картирования позволило существенно повысить острую результативность. Исследование N. Johner et al. (2024 г.) показало, что использование систем высокоплотного картирования увеличивает вероятность идентификации «критического» истмуса и завершения тахикардии с 78 до 92% [4].

Отдалённые результаты и частота рецидивов

Отдалённая эффективность РЧА АТП остаётся актуальной проблемой. Согласно данным международных регистров, рецидивы аритмии в течение первого года наблюдаются у 25–40% пациентов. Основными факторами, предрасполагающими к рецидиву, являются наличие обширных рубцовых зон, неполные линии блока, множественные петли реентри и прогрессирующая дилатация предсердий [16].

В исследовании A. Bodur et al. (2016 г.) было показано, что у пациентов с постаблационным левопредсердным АТП успешность первой процедуры составляет 73%, а после повторной достигает 88%. Наличие изолированных рубцовых каналов, соединяющих линии предыдущих аблаций, требует применения стратегий направленной линии или закрытия прорывов, что повышает вероятность долговременной ремиссии [12].

У пациентов после хирургической коррекции врождённых пороков сердца или операций типа «Лабиринт» рецидивы наблюдаются чаще, достигая 45–50% случаев. Это связано с выраженной фрагментированной активностью и наличием множественных аритмогенных зон, нередко локализующихся в малодоступных областях, таких как ушко левого предсердия или задняя стенка [17].

Факторы, влияющие на успех аблации

Ключевыми предикторами эффективности РЧА являются:

1. *Локализация реентри* – правопредсердные формы имеют лучший прогноз по сравнению с левопредсердными.

2. *Непрерывность линии блока* – неполные линии значительно повышают риск рецидива.

3. *Опыт хирурга* – аблации, проводимые в высокоспециализированных центрах, демонстрируют выше 90% успеха.

4. *Тип энергии* – радиочастотная энергия остаётся стандартом, однако применение криоаблации и аблации импульсным полем снижает риск осложнений при левопредсердных формах.

Осложнения и безопасность

Общая частота серьёзных осложнений при аблации АТП составляет менее 2–3%. К числу наиболее частых относятся сосудистые повреждения, тампонада (0,5–1%), тромбоэмболические события (до 1,5%) и повреждение диафрагмального нерва при аблации вдоль правого предсердия. Современные технологии, включающие контроль силы контакта с тканью и температурные сенсоры, существенно снизили риск осложнений [14].

Использование внутрисердечной эхокардиографии способствует раннему выявлению перикардальных выпотов и предупреждению перфораций. Также доказано, что применение систем с автоматической стабилизацией катетера уменьшает вариабельность давления и снижает вероятность термических повреждений.

Клинические исходы и влияние на качество жизни

Помимо восстановления ритма катетерная аблация существенно улучшает функциональное состояние пациентов. В исследовании R.A. Ward et al. (2020 г.) показано, что через 12 мес после успешно выполненной процедуры интенсивность симптоматики по шкале EHRA снижается в среднем на два класса, а показатели толерантности к физической нагрузке увеличиваются до 35%. У пациентов с сердечной недостаточностью нормализация ритма ассоциируется с увеличением фракции выброса левого желудочка на 6–10% [18].

Аблация импульсным полем и альтернативная энергия

Появление аблации импульсным полем стало одним из наиболее перспективных направлений последних лет. Исследования 2023–2024 гг. показали высокую острую эффективность при левопредсердных формах АТП (до 94%), с минимальным риском повреждения экстракардиальных структур [11].

Обобщение клинических результатов

В обобщённом виде катетерная аблация АТП демонстрирует следующие характеристики:

- эффективность в раннем периоде – 80–90%;
- рецидивы – 25–40% случаев в течение года;
- серьёзные осложнения – менее 3% случаев;
- улучшение клинических показателей – в 70–80% случаев.

Следовательно, катетерная абляция при АТП является эффективным и относительно безопасным методом лечения, обеспечивающим устойчивое восстановление синусового ритма и улучшение качества жизни пациентов, особенно при применении современных навигационных и энергетических технологий.

Сравнение катетерного и хирургического лечения

Сравнение катетерных и хирургических методов лечения атипичного трепетания предсердий проводится в контексте оценки радикальности вмешательства, долгосрочной устойчивости синусового ритма, рисков и реабилитационных затрат. Хирургические подходы включают классические процедуры Cox–Maze (в различных модификациях), торакоскопические минимально инвазивные вмешательства и гибридные стратегии, сочетающие эпикардальную хирургическую абляцию с эндокардиальной катетерной абляцией. Катетерные методы представляют собой радиочастотную, крио- или абляцию импульсным полем через бедренный доступ с применением трёхмерного картирования и интракардиального эхоконтроля.

Хирургическая процедура Cox–Maze (особенно классические открытые варианты) обеспечивает широкий спектр линий блока и устраняет множественные потенциальные петли реентри путём создания анатомически детерминированных поражений. В ряде крупных клинических серий хирургическая Maze-процедура показала высокую долговременную свободу от предсердных тахикардий – порядка 80–90% при контроле в среднесрочном и долгосрочном периодах (5 лет и более) у пациентов, оперированных в профильных центрах. В то же время у хирургического подхода фиксируются значительные операционные риски и более длительное восстановление [19].

Катетерная абляция при АТП демонстрирует высокую острую успешность (70–95%) и улучшение качества жизни, однако частота рецидивов в отдалённом периоде остаётся выше по сравнению с классическими хирургическими сериями, особенно у пациентов с обширными

рубцовыми изменениями или после предшествующих операций [16].

Появление гибридных подходов объясняется необходимостью сочетать радикальность хирургии и минимальную инвазивность катетерной технологии: эпикардальная хирургическая абляция создаёт основные линии блоков, а эндокардиальная часть устраняет «пропущенные» мостики и закрывает электрические разрывы. Гибридные протоколы демонстрируют улучшенные показатели свободы от аритмий по сравнению с одиночной катетерной тактикой у сложных пациентов, хотя прямые рандомизированные сравнения ограничены [20].

Профиль осложнений и безопасность

Хирургические методы ассоциированы с более высокой частотой периоперационных осложнений: потребностью в искусственном кровообращении (при открытых операциях), кровопотерями, послеоперационной инфекцией и более длительной госпитализацией. В минимально инвазивных и торакоскопических вариантах риск снижается, но сохраняется вероятность легочных и плевральных осложнений. При этом серьёзные осложнения катетерной абляции (тампонада, тромбоэмболия, повреждение диафрагмального нерва) встречаются реже по абсолютным показателям, однако их клинические последствия также могут быть значительными [14].

Функциональные изменения предсердий после формирования обширных линий блока рассматриваются как потенциальный фактор долгосрочного ремоделирования. Хирургическая резекция может приводить к большей потере миокарда предсердий по сравнению с выборочной катетерной абляцией, что учитывается при выборе тактики у пациентов с исходно сниженной предсердной функцией.

Показания и отбор пациентов

Хирургические подходы преимущественно применяются у пациентов, у которых одновременно планируется кардиохирургическое вмешательство (например, коррекция структурного порока или клапанная операция), а также у больных с множественными рецидивами после катетерной абляции и наличием массивного рубцового субстрата. Гибридная стратегия рекомендована при сложных постабляционных левопредсердных АТП с труднодоступными эпикардиальными компонентами или при не-

эффективности нескольких эндокардиальных процедур.

Катетерная тактика остаётся первым выбором у большинства пациентов с изолированным АТП или у тех, кто не является кандидатом на операцию по причинам коморбидности либо отказа от хирургического вмешательства. При выборе катетерного метода учитывается анатомия контура, возможность индукции тахикардии и наличие предыдущих линий блока.

Долговременная реконверсия ритма и потребность в повторных вмешательствах

Долговременная свобода от аритмий после хирургических процедур традиционно превышает таковую после одного катетерного вмешательства, однако при сравнении с несколькими катетерными вмешательствами (сериями повторных аблаций, коррекцией зон прорыва) разница сокращается. В клинических сериях показано, что итоговая эффективность стратегии, включающей первичную катетерную абляцию с последующими ревизиями при рецидивах, сопоставима с результатами некоторых менее инвазивных хирургических протоколов при меньшей суммарной морбидности [20].

Экономические и организационные аспекты

Хирургические процедуры требуют операционной команды, палаты интенсивной терапии и более длительной госпитализации, что увеличивает первичные затраты. Катетерное лечение обеспечивает более короткую госпитализацию и более быстрое восстановление, однако многократные повторные процедуры у части пациентов повышают совокупные расходы. Гибридные протоколы показывают промежуточный уровень затрат, сопоставимый с суммой многократных катетерных вмешательств, при потенциально меньшей потребности в дальнейших процедурах. Экономический выбор тактики зависит от структуры здравоохранения, доступности специализированных центров и критериев отбора пациентов.

Технические и анатомические ограничения

Хирургический доступ обеспечивает прямой эпикардиальный контроль и возможность формирования непрерывных анатомических линий, что особенно важно при наличии эпикардиаль-

ных петель реентри. Однако ограниченная видимость некоторых зон и риск повреждения соседних структур представляют техническую сложность. Катетерная абляция ограничена эндокардиальным доступом и может иметь меньшую эффективность при выраженном эпикардиальном субстрате или при наличии интрамиокардиальных каналов; в этих случаях гибридные подходы демонстрируют преимущество.

Выводы сравнительного анализа

Сопоставление катетерных и хирургических методов показывает, что выбор оптимальной тактики лечения АТП должен быть индивидуализирован и основываться на характере субстрата, сопутствующих заболеваниях и предпочтениях пациента. В итоге хирургические и гибридные подходы обеспечивают более радикальную ремоделирующую стратегию при высокой начальной эффективности, тогда как катетерная абляция остаётся предпочтительной как менее инвазивный метод с возможностью многократной коррекции и широкой распространённостью. Необходимость рандомизированных сравнительных исследований и экономического анализа долгосрочных исходов остаётся актуальной для выработки единой клинической парадигмы.

Обсуждение

В представленной совокупности данных выявлены ключевые проблемы и направления оптимизации катетерного лечения атипичного трепетания предсердий. Основной сложностью признана высокая гетерогенность электрического субстрата, обусловленная постаблационными и постоперационными рубцами, наличием множественных каналов замедленного проведения и частой генерализацией петель реентри. Вследствие этого стандартные анатомически ориентированные подходы оказываются недостаточно эффективными в ряде клинических ситуаций, что требует индивидуализации стратегии картирования и абляции [2].

Анализ результатов показывает, что внедрение трёхмерного высокоплотного картирования и интеграция с томографическими и эхокардиографическими данными повышают долю случаев, в которых удаётся идентифицировать критические каналы и добиться устойчивого двунаправленного блока по линии абляции. Применение многополюсных катетеров и автомати-

зированных алгоритмов обработки локальных потенциалов способствует сокращению времени процедуры и уменьшению частоты повторных вмешательств, особенно при левопредсердных вариантах АТП. Рассмотренные исследования указывают на значимость правильного определения первичной цели аблации в ситуациях двухпетлевого трепетания: при выборе общих мишеней достигается более высокая доля прекращения тахикардии и снижение числа повторных аблаций по сравнению с точечной аблацией критического истмуса. Вследствие этого рекомендуется при наличии двухпетлевого трепетания предсердий отдавать приоритет локализации и прерыванию общего истмуса при подтверждении его участия в поддержании реентри [4].

Технологические инновации, в частности аблация импульсным полем, демонстрируют многообещающие результаты эффективности при одновременном снижении риска повреждения прилежащих структур (пищевод, лёгочные вены, диафрагмальный нерв). Тем не менее данных о долгосрочной стабильности линий блока и частоте рецидивов при АИП по отношению к РЧА по-прежнему недостаточно, что требует проведения дальнейших исследований и наблюдения [11].

Безопасность вмешательств остаётся критическим компонентом клинической оценки. Контроль контактной силы, применение ВСУЗИ и интеграция картирования с визуализацией органов грудной клетки позволяют снизить частоту серьёзных осложнений, однако риск перикардальной тампонады, тромбоэмболии и повреждения диафрагмального нерва сохраняется и требует тщательной пред- и интраоперационной подготовки и мониторинга [14].

Сравнительная оценка катетерного и хирургического подходов выявила, что хирургическая Maze-техника обеспечивает более радикальную модификацию субстрата и в ряде серий демонстрирует более высокую долгосрочную свободу от аритмий, однако сопровождается повышенными периоперационными рисками и длительной реабилитацией. Гибридная стратегия комбинирует преимущества эпикардальной хирургии и эндокардиальной доработки и показывает улучшенные показатели у пациентов с обширным эпикардиальным субстратом; тем не менее унифицированных критериев отбора кандидатов и результативных протоколов для широкого применения пока недостаточно [21, 22].

Выявленные направления дальнейших исследований включают:

- стандартизацию протоколов индукции и критериев успешности процедуры;
- сравнительные исследования РЧА и АИП с длительным наблюдением;
- разработку и клиническую валидацию алгоритмов ИИ для предоперационного планирования и постпроцедурного прогноза рецидива;
- экономический анализ повторных вмешательств (серии катетерных вмешательств vs гибридные/хирургические подходы) с учётом качества жизни и суммарных затрат здравоохранения.

В итоге на практике должен применяться мультидисциплинарный подход: решение о тактике лечения АТП принимается с учётом анатомо-электрофизиологического субстрата, общего клинического состояния пациента и возможностей специализированного центра.

Заключение

Катетерная аблация признана эффективным и безопасным методом лечения атипичного трепетания предсердий в условиях применения современных технологий картирования и визуализации. Основными детерминантами успеха являются точная идентификация критического истмуса, обеспечение непрерывности и двунаправленности линий блока, а также интеграция томографических и эхокардиографических данных.

Появление высокоплотного картирования, мультиэлектродных катетеров, контроля контактной силы и перспективных источников энергии (включая АИП) способствует повышению острой эффективности процедур и снижению частоты осложнений. Вследствие этого прогнозируется дальнейшее улучшение показателей длительной свободы от рецидива при условии унификации протоколов и проведения многоцентровых сравнительных исследований.

Гибридные и хирургические подходы сохраняют роль в лечении сложных и резистентных форм АТП, особенно при выраженном эпикардиальном субстрате. При выборе тактики рекомендуется учитывать индивидуальные анатомо-функциональные характеристики субстрата, оперативные риски и ресурсы медицинского учреждения.

Дальнейшее развитие прецизионной электрофизиологии, включая внедрение ИИ и персонализированного моделирования, ожидается приведёт к оптимизации планирования вмеша-

тельств и снижению потребности в повторных процедурах.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список / References

1. Ko Ko N.L., Sriramoju A., Khetarpal B.K., Srivathsan K. Atypical atrial flutter: review of mechanisms, advances in mapping and ablation outcomes. *Curr. Opin. Cardiol.* 2022; 37 (1): 36–45. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000924
2. Cosío F.G. Atrial flutter, typical and atypical: a review. *Arrhythm. Electrophysiol. Rev.* 2017; 6 (2): 55–62. DOI: 10.15420/aer.2017.5.2
3. Голухова Е.З., Милюевская Е.Б., Филатов А.Г. и др. Аритмология – 2023. Нарушения ритма сердца и проводимости. М.: ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России; 2024.
Golukhova E.Z., Milievskaya E.B., Filatov A.G. et al. Arrhythmology – 2023. Heart rhythm and conduction disorders. Moscow; 2024 (in Russ.).
4. Johner N., Namdar M., Shah D.C. Anatomical and Electrophysiological characteristics of dual-loop re-entry in atypical atrial flutter: implications for mapping and catheter ablation. *J. Clin. Med.* 2024; 13 (10): 2847. DOI: 10.3390/jcm13102847
5. Markowitz S.M., Thomas G., Liu C.F. et al. Atrial tachycardias and atypical atrial flutters: mechanisms and approaches to ablation. *Arrhythm. Electrophysiol. Review.* 2019; 8 (2): 131–137. DOI: 10.15420/aer.2019.17.2
6. Barradas M., Fonseca P., Almeida J. et al. Catheter ablation for atypical atrial flutter: characterization and recurrence predictors. *Eur. Heart J.* 2023; 44 (2): ehad655.378. DOI: 10.1093/eurheartj/ehad655.378
7. Johner N., Namdar M., Shah D.C. Atypical atrial flutter: electrophysiological characterization and effective catheter ablation. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2025; 36 (10): 2692–2711. DOI: 10.1111/jce.16543
8. Katov L., Reiländer S., Schlarb A. et al. Clinical and electrophysiological predictors of isthmus dependency in atrial flutter. *Diagnostics.* 2025; 15 (9): 1095. DOI: 10.3390/diagnostics 15091095
9. Evans B.M. Cyclical activity in non-rapid eye movement sleep: a proposed arousal inhibitory mechanism. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1993; 86 (2): 123–131. DOI: 10.1016/0013-4694(93)90084-9
10. Oliveira S.C., Harms J.S., Rosinha G.M. et al. Biolistic-mediated gene transfer using the bovine herpesvirus-1 glycoprotein D is an effective delivery system to induce neutralizing antibodies in its natural host. *J. Immunol. Methods.* 2000; 245 (1–2): 109–118. DOI: 10.1016/S0022-1759(00)00267-2
11. Spahiu V., Kueffer T., Fuentes Artilles R. et al. Catheter ablation of atypical left atrial flutter – comparison of outcomes between pulsed field ablation and radiofrequency ablation. *Europace.* 2025; 27 (1): euaf085.210. DOI: 10.1093/europace/eauf085.210
12. Bodur A., Alver A., Kahraman C. et al. Investigation of N-acetylcysteine on contralateral testis tissue injury by experimental testicular torsion: long-term effect. *Am. J. Emerg. Med.* 2016; 34 (6): 1069–1074. DOI: 10.1016/j.ajem.2016.03.021
13. Zhang J., Zhao M., Li C. et al. Evaluation the impact of polystyrene micro and nanoplastics on the methane generation by anaerobic digestion. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2020; 205: 111095. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111095
14. English M.C.W., Gignac G.E., Visser T.A.W. et al. Correction to: the Comprehensive Autistic Trait Inventory (CATI): development and validation of a new measure of autistic traits in the general population. *Mol. Autism.* 2021; 12 (1): 70. DOI: 10.1186/s13229-021-00475-1. Erratum for: *Mol. Autism.* 2021; 12 (1): 37. DOI: 10.1186/s13229-021-00445-7
15. Doug Deen A., Van Beusekom H.M.M., Pfeiffer T. et al. Erratum: spectroscopic thermo-elastic optical coherence tomography for tissue characterization: publisher's note. *Biomed. Opt. Express.* 2022; 13 (6): 3503. DOI: 10.1364/BOE.463848. Erratum for: *Biomed. Opt. Express.* 2022; 13 (3): 1430–1446. DOI: 10.1364/BOE.447911
16. Zhang X., Li G. P2Y receptors in neuropathic pain. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 2019; 186: 172788. DOI: 10.1016/j.pbb.2019.172788
17. Fearnley G.W., Young K.A., Edgar J.R. et al. The homophilic receptor PTPRK selectively dephosphorylates multiple junctional regulators to promote cell-cell adhesion. *Elife.* 2019; 8: e44597. DOI: 10.7554/eLife.44597
18. Ward R.A., Vyas J.M. The first line of defense: effector pathways of anti-fungal innate immunity. *Curr. Opin. Microbiol.* 2020; 58: 160–165. DOI: 10.1016/j.mib.2020.10.003
19. Patt A.G., Ogallo L., Hellmuth M. Sustainability. Learning from 10 years of climate outlook forums in Africa. *Science.* 2007; 318 (5847): 49–50. DOI: 10.1126/science.1147909
20. Miller K., Mosby D., Capan M. et al. Interface, information, interaction: a narrative review of design and functional requirements for clinical decision support. *J. Am. Med. Inform. Assoc.* 2018; 25 (5): 585–592. DOI: 10.1093/jamia/ocx118
21. Голухова Е.З. Отчет о лечебной и научной работе Национального медицинского исследовательского центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева Минздрава России за 2024 год. Перспективы дальнейшего развития. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН.* 2025; 26 (Спецвыпуск): 5–130. DOI: 10.24022/1810-0694-2025-26S
Golukhova E.Z. Report on the clinical and scientific activity of Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery for 2024. Development prospects. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases.* 2025; 26 (Special Issue): 5–130 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0694-2025-26S

Поступила 02.10.2025

Принята к печати 17.12.2025