

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДСЕРДИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ДЛИТЕЛЬНО ПЕРСИСТИРУЮЩЕЙ ФОРМОЙ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ И КЛАПАННОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

А.А. Куликов<sup>1</sup>, Л.А. Бокерия<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ; Россия, 121359 Москва, ул. Маршала Тимошенко, 15;

<sup>2</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России; Россия, 121552 Москва, Рублевское шоссе, 135

**Контакты:** Алексей Алексеевич Куликов [zeart@mail.ru](mailto:zeart@mail.ru)

**Цель исследования** — оценка электрофизиологических параметров предсердного миокарда, особенностей предсердно-желудочкового проведения и выявление потенциальных факторов, влияющих на рецидив фибрилляции предсердий (ФП), у пациентов с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП перед операцией «Лабиринт ППВ» одновременно с коррекцией клапанной патологии.

**Материалы и методы.** В исследование включены 100 взрослых пациентов (48 мужчин, 52 женщины) с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП и различной клапанной патологией. Средний возраст больных — 59 лет. Продолжительность ФП в среднем составила 4 года. Всем пациентам подбирались антиаритмическая терапия, однако она оказалась неэффективной. У 15 % пациентов предпринимались попытки восстановления синусового ритма посредством электрической кардиоверсии, но контролировать синусовый ритм длительное время не удавалось. У всех пациентов выявлена органическая патология митрального клапана. Также у 80 % пациентов выявлена относительная недостаточность трикуспидального клапана. Функциональный класс хронической сердечной недостаточности по NYHA — III. Размер левого предсердия — 5 см, средняя фракция выброса левого желудочка составляла 61 %. Всем пациентам была выполнена электрическая кардиоверсия. После успешного восстановления синусового ритма сразу же проводили эндокардиальное электрофизиологическое исследование (ЭФИ) сердца. Затем выполняли коррекцию клапанных патологий и операцию «Лабиринт ППВ».

**Результаты.** Изучение рефрактерности различных отделов предсердий показало, что эффективный рефрактерный период (ЭРП) атриовентрикулярного узла оказался минимальным по сравнению с другими отделами предсердий. Наибольшая продолжительность ЭРП обнаружена в верхнем отделе правого предсердия. Таким образом, у пациентов с длительным анамнезом ФП наблюдается гетерогенность продолжительности ЭРП предсердного миокарда. У 17 % больных выявлена уязвимость предсердий. Зона уязвимости предсердий всегда примыкала к их ЭРП. Его продолжительность у больных с уязвимостью предсердий оказалась значительно выше.

**Заключение.** Длительное существование порока митрального клапана и персистирование ФП приводят к анатомическому и электрофизиологическому ремоделированию предсердий, что проявляется увеличением объема левого предсердия, а также удлинением времени внутрисердечного проведения и возникновением неоднородности рефрактерных периодов. ЭФИ позволяет оценить функции предсердно-желудочковой проводящей системы сердца и электрофизиологические параметры предсердий: выявить нарушение проведения по миокарду предсердий, дисперсию его рефрактерности и зону уязвимости предсердий, могущие служить предикторами рецидива ФП.

**Ключевые слова:** фибрилляция предсердий, электрофизиология, электрофизиологическое исследование, операция «Лабиринт», операция «Лабиринт ППВ», клапанные пороки, пороки митрального клапана, эффективный рефрактерный период, функциональный рефрактерный период, уязвимость предсердий, внутрисердечное проведение

DOI: 10.17650/1818-8338-2017-11-2-40-41

## EXAMINATION OF ELECTROPHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE ATRIUMS IN PATIENTS WITH LONG-TERM PERSISTENT FORM OF ATRIAL FIBRILLATION AND VALVULAR HEART DISEASE

A.A. Kulikov<sup>1</sup>, L.A. Bokeriya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Central Clinical Hospital of the Administration of the President of the Russian Federation; 15 Marshal Timoshenko St., Moscow 121359, Russia;

<sup>2</sup>A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery, Ministry of Health of Russia; 135 Rublevskoe Highway, Moscow 121552, Russia

*The study objective is to examine electrophysiological parameters of atrial myocardium, characteristics of atrioventricular conduction, and potential factors affecting recurrent atrial fibrillation (AF) in patients with persistent and long-term persistent forms of AF prior to the Labyrinth IIIB surgery with single-step correction of valvular heart disease.*

*Materials and methods.* The study included 100 adults (48 men, 52 women) with persistent and long-term persistent forms of AF and different valvular heart diseases. Mean patient age was 59 years. Mean AF duration was 4 years. All patients were prescribed antiarrhythmic therapy but it proved ineffective. In 15 % of patients, restoration of the sinus rhythm was attempted through electrical cardioversion but long-term control of the sinus rhythm wasn't achieved. All patients were diagnosed with organic pathology of the mitral valve. Also, in 80 % of patients, relative insufficiency of the tricuspid valve was detected. Chronic heart failure functional class per NYHA was III. Size of the left atrium was 5 cm, mean left ventricular ejection fraction was 61 %. All patients underwent electrical cardioversion. After successful restoration of the sinus rhythm, endocardial electrophysiology study (EES) of the heart was performed. Then, correction of valvular pathologies and the Labyrinth IIIB surgery were performed.

*Results.* Examination of refractoriness of different parts of the atriums has shown that effective refractory period (ERP) of the atrioventricular node was minimal compared to other parts of the atriums. Maximal ERP duration was observed in the upper part of the right atrium. Therefore, in patients with long history of AF, heterogeneity of atrial myocardium ERP duration is observed. In 17 % of patients, atrial vulnerability was detected. The area of atrial vulnerability was always associated with ERP. Its duration in patients with atrial vulnerability was significantly higher.

*Conclusion.* Long-term mitral valve incompetence and persistent AF lead to anatomical and electrophysiological remodeling of the atriums, which manifests through increased volume of the left atrium, as well as increased duration of intra-atrial conduction and heterogeneity of refractory periods. EES allows to evaluate these functions of the atrioventricular conduction system and atrial electrophysiological parameters: detect aberrations in conduction through atrial myocardium, dispersion of its refractoriness, and the area of atrial vulnerability. These factors can serve as predictors of AF recurrence.

**Key words:** atrial fibrillation, electrophysiology, electrophysiological study, Labyrinth surgery, Labyrinth III surgery, valvular insufficiency, mitral valve incompetence, effective refractory period, functional refractory period, atrial vulnerability, intra-atrial conduction

## Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) выявляется приблизительно у 30 % пациентов, нуждающихся в хирургической коррекции порока митрального клапана [1].

Хирургическое лечение клапанной патологии может сопровождаться сочетанной процедурой хирургической коррекции нарушения ритма сердца в случаях: 1) если больные тяжело переносят течение ФП или 2) аритмия протекает бессимптомно, но коррекция ритма может быть выполнена с минимальным риском осложнений [2].

Хирургическое лечение ФП одновременно с коррекцией клапанной патологии эффективно не только в восстановлении синусового ритма, но также доказанно снижает риск инсульта [3, 4].

Помимо купирования симптоматики лечение ФП преследует 2 основные цели: оптимизация объема сердечного выброса в результате контроля синусового ритма сердца или частоты сердечных сокращений и уменьшение риска мозговых и системных тромбоэмболических осложнений с минимальным увеличением риска интра- и экстракраниальных кровотечений. Но достижение этих 2 задач может быть менее прямолинейным, чем может показаться на первый взгляд. К сожалению, несколько исследований показали, что даже после успешного восстановления синусового ритма сохраняется повышенный риск инсульта и системных тромбоэмболических осложнений [5, 6]. Таким образом, в настоящее время рекомендуется назначать медикаментозную терапию для сокращения риска инсульта на основе его оценки обычно

с помощью шкал CHADS<sub>2</sub> или CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc независимо от достижения контроля синусового ритма.

Выявлению преимуществ тактик контроля ритма или частоты сердечных сокращений были посвящены несколько крупных клинических исследований. Результаты показывают, что превосходство одной стратегии над другой является минимальным и неустойчивым [5–7]. Контроля ритма становится сложнее достигнуть с увеличением возраста и размера левого предсердия [8, 9]. Кроме того, продолжительность ФП прямо пропорциональна частоте неудачных попыток электрической кардиоверсии, что заставляет предполагать, что ФП сама создает субстрат для дальнейшего персистирования, вероятно, посредством изменения с течением времени структурных и электрофизиологических свойств миокарда [10].

Тактике контроля частоты ритма обычно отдают предпочтение в случаях бессимптомного хронического течения ФП у пациентов старше 65 лет; это должно частично упростить их общую медикаментозную терапию с учетом того, что антиаритмические препараты имеют широкое лекарственное взаимодействие, и данная группа пациентов обычно уже нуждается в ряде лекарственных средств по поводу сопутствующих патологий.

Эталонным хирургическим лечением ФП является операция «Лабиринт» — серия оперативных методик, последовательно разработанная J.L. Cox и соавт. в конце 1980-х — 1990-х годах [11, 12]. Основная идея процедуры — в нанесении хирургических разрезов таким образом, чтобы прервать в миокардиальном субстрате

все потенциальные пути возникновения ре-энтри и волн возбуждения ФП, создавая при этом «лабиринт» нормально функционирующего предсердного миокарда, через который импульсы от синоатриального узла могут беспрепятственно проходить к атриоventрикулярному (АВ) узлу. Первоначально процедура была эффективной в избавлении от ФП более чем в 94 % случаев за период наблюдения в 12 мес, но была ассоциирована с выраженной хронотропной некомпетентностью и высокой частотой имплантаций постоянных электрокардиостимуляторов [13]. Для решения этих проблем был разработан ряд последовательных модификаций, достигший своей кульминации в процедуре «Лабиринт III» [14].

Основная критика операции «Лабиринт III», препятствующая ее широкому распространению, была связана со сложностью и трудностью технической реализации. Также частым осложнением являются перемежающиеся тахи- и брадиаритмии, наиболее выраженные при физической нагрузке и других видах стресса. Тем не менее эта симптоматика может смягчаться со временем в процессе реиннервации автономной нервной системы [15]. Кроме того, принимая во внимание большой объем хирургических разрезов в предсердиях, восстановление синхронности их сокращений не всегда приводит к восстановлению функциональной сократимости предсердий и может не оказать положительного эффекта у пациентов с желудочковой диастолической дисфункцией [16]. По-видимому, эти проблемы являются типичными для всех хирургических процедур по методике «cut-and-sew». Еще одним затруднением, возникающим при операции с искусственным кровообращением, является невозможность точно выявить пути патологического возбуждения у конкретного пациента, что приводит к необходимости эмпирического нанесения довольно обширного объема повреждений, чтобы гарантировать исключение всего потенциального субстрата аритмии.

Появление новых методик, основанных на энергетическом воздействии, привело к модификации оригинальной «cut-and-sew»-техники и позволило дальнейшее развитие процедуры «Лабиринт III» [17, 18]. В нашем исследовании использовалась модификация «Лабиринт IIIВ» — комбинация эпикардiallyного биполярного радиочастотного воздействия и эндокардиальной криоабляции. Криоабляция в целом наносит меньше повреждений фиброзному скелету сердца и, таким образом, используется около клапанных колец и фиброзных треугольников. Криоабляция выполняется в условиях искусственного кровообращения, поскольку высокая теплопроводность циркулирующей крови может привести к поглощению энергии, затрудняя или даже делая невозможной адекватную заморозку эндокардиальной ткани. В нашем исследовании была использована модификация

операции «Лабиринт IIIВ» по методике, внедренной Л.А. Бокерией [19]. Использование альтернативных источников энергии позволило часть воздействий выполнить на бьющемся сердце без применения искусственного кровообращения.

Инвазивное электрофизиологическое исследование рутинно используется для оценки электрофизиологических свойств миокарда. Однако в отечественной литературе мы не встретили работ, в которых бы сообщалось об использовании этого метода у значительного количества пациентов с пороками митрального и трикуспидального клапанов и длительно персистирующей ФП перед проведением операции «Лабиринт IIIВ».

Актуальность настоящего исследования предопределена возможностью изучить параметры предсердного миокарда, особенности предсердно-желудочкового проведения и выявить факторы, предрасполагающие к рецидиву ФП, при внутрисердечном электрофизиологическом исследовании у вышеназванной группы пациентов после восстановления синусового ритма с помощью электроимпульсной терапии перед протезированием митрального клапана и проведением операции «Лабиринт IIIВ».

**Цель работы** — оценка электрофизиологических параметров предсердного миокарда и особенностей предсердно-желудочкового проведения и выявление потенциальных факторов, влияющих на рецидив ФП, у пациентов с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП, перед операцией «Лабиринт IIIВ» одновременно с коррекцией клапанной патологии.

#### Материалы и методы

В исследование включены 100 взрослых пациентов (48 мужчин) с персистирующей и длительно персистирующей формами ФП и клапанной патологией. Все пациенты подписали информированное согласие. Средний возраст больных — 59 лет с разбросом от 21 до 77 лет. Продолжительность ФП — от 1 года до 17 лет, в среднем 4 года. Преваляровала тахисистолическая форма ФП (62 %), нормосистолическая форма встречалась в 31 % случаев и брадисистолическая форма наблюдалась у 7 % больных.

Всем пациентам подбиралась антиаритмическая терапия в условиях кардиологических стационаров, однако она оказалась неэффективной. В среднем у каждого пациента последовательно оценивались по 3 антиаритмических препарата. Использовались кордарон, соталол, новокаинамид, сердечные гликозиды и бета-блокаторы. У 7 % были выявлены выраженные побочные эффекты проводимой антиаритмической терапии. У 15 % пациентов предпринимались попытки восстановления синусового ритма посредством электрической кардиоверсии, однако контролировать синусовый ритм длительное время не удавалось.

У всех пациентов выявлена органическая патология митрального клапана со средней продолжительностью существования порока в  $22 \pm 13$  лет. Стеноз митрального клапана выявлен у 22 %, недостаточность – у 18 % и сочетанный порок – у 60 % пациентов. По этиологии у 85 % порок был ревматического генеза, у 10 % – врожденный порок сердца и у 5 % – следствие перенесенного инфекционного эндокардита. Также у 80 % пациентов была выявлена относительная недостаточность трикуспидального клапана III–IV степени.

Функциональный класс хронической сердечной недостаточности по классификации Нью-Йоркской ассоциации кардиологов (NYHA)  $2,7 \pm 0,75$ . Размер левого предсердия –  $5,1 \pm 1,5$  см, средняя фракция выброса левого желудочка составляла  $61,0 \pm 8,6$  %, а кардиоторакальный индекс –  $58,6 \pm 4,7$  %. У 12 % пациентов в анамнезе были тромбоэмболические осложнения; 9 % из 100 пациентов ранее перенесли аортокоронарное шунтирование, 16 % больных страдали артериальной гипертензией и 5 % – сахарным диабетом.

Всем пациентам была выполнена электрическая кардиоверсия по стандартной методике [20] в условиях рентгеноперационной, где после успешного восстановления синусового ритма сразу же проводили эндокардиальное электрофизиологическое исследование сердца (ЭФИ). На 1–2-е сутки после ЭФИ осуществляли коррекцию клапанной патологии и операцию «Лабиринт IIIВ».

Перед проведением ЭФИ все антиаритмические препараты отменяли за 5 периодов их полувыведения, за исключением кордарона, прием которого прекращали как минимум за 2 нед перед операцией.

Эндокардиальное ЭФИ выполняли по стандартной методике с использованием 4 электродов-катетеров [21].

Рефрактерные периоды предсердий изучали из 2 точек: верхний отдел правого предсердия и коронарный синус.

Через 5–10 мин после установления зондов регистрировали собственный ритм. Затем проводили стимуляцию верхнего отдела правого предсердия с частотой, на 5–10 имп/мин превышающей частоту собственного ритма. Через 1 мин стимуляцию прекращали и регистрировали постстимуляционную активность синусового узла. Затем возобновляли стимуляцию с частотой, на 10 имп/мин превышающей предыдущую, и всю процедуру повторяли. Таким образом возрастающую по частоте стимуляцию предсердий доводили до 150–160 имп/мин. Если при этом не возникал пароксизм тахикардии или не развивалась предсердно-желудочковая блокада II степени, частоту стимуляции продолжали увеличивать, уменьшая продолжительность стимуляции до нескольких секунд, до достижения предсердно-желудочковой блокады.

Вслед за этим проводили стимуляцию предсердий одиночными экстрастимулами на фоне постоянного навязанного ритма. После каждого 8-го навязанного импульса наносили экстрастимул, интервал сцепления которого уменьшали с каждым разом на 10 мс до достижения рефрактерного периода предсердий.

В ходе исследования определяли значения следующих электрофизиологических показателей:

- спонтанный сердечный цикл (P–P);
- продолжительность зубца P;
- интервал P–Q;
- ширина комплекса QRS;
- интервал Q–T;
- интервал A–H;
- интервал H–V;
- время внутрисердечного проведения [A (HRA) – A (His)];
- время межпредсердного проведения [A (HRA) – A (CSd)];
- исследованные электрофизиологические показатели;
- время проведения по АВ-узлу в антероградном направлении (AH) [A (His) – H (His)];
- время проведения по системе Гиса–Пуркинье [H (His) – V (RVA)];
- время ретроградного проведения по желудочково-предсердной проводящей системе [V (RVA) – A (His)];
- функциональный рефрактерный период предсердий (HRA) по электрограмме верхнего отдела правого предсердия (ЭГВП);
- функциональный рефрактерный период предсердий (HRA) по электрограмме пучка Гиса (ЭГПГ);
- относительный рефрактерный период предсердий (ОРП);
- эффективный рефрактерный период предсердий (верхний отдел ПП (HRA));
- эффективный рефрактерный период предсердий (коронарный синус (CS));
- эффективный рефрактерный период АВ-узла для антероградного проведения;
- относительный рефрактерный период АВ-узла для антероградного проведения;
- «точка Венкебаха» АВ-узла для антероградного проведения.

У всех пациентов была проведена коррекция митрального порока: 44 % больных было выполнено протезирование митрального клапана различными типами механических протезов и 56 % – пластика митрального клапана с аннулопластикой; 80 % пациентов была выполнена пластика трикуспидального клапана.

В качестве хирургического вмешательства, проводимого в целях коррекции ФП, всем больным была проведена модификация операции «Лабиринт IIIВ» по методике, внедренной Л.А. Бокерией [19].

Статистическую обработку данных осуществляли непараметрическими методами. При сравнении непрерывных показателей применяли тест Манна–Уитни, а дихотомических показателей – двусторонний тест Фишера. Во всех случаях сравнительного анализа различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты

С помощью электроимпульсной терапии синусовый ритм удалось восстановить у всех пациентов.

Изучение рефрактерностей различных отделов предсердий показало, что эффективный рефрактерный период (ЭРП) АВ-узла оказался минимальным по сравнению с другими отделами предсердий и составил в среднем  $225,6 \pm 25,2$  мс. Наибольшая продолжительность ЭРП обнаружена в верхнем отделе правого предсердия –  $258 \pm 33,6$  мс, что статистически значимо выше, чем в АВ-узле ( $p < 0,01$ ). В области коронарного синуса (КС) ЭРП имел промежуточное значение по отношению к 2 указанным точкам, в среднем  $231,5 \pm 37,1$  мс. Это статистически значимо ниже, чем ЭРП верхнего отдела правого предсердия ( $p < 0,01$ ). Статистически значимых различий величины ЭРП АВ-узла и КС не получено (рис. 1).

Если принять за нулевую величину ЭРП АВ-узла, то для верхнего отдела правого предсердия величина ЭРП составила бы  $+28 \pm 22$  мс, а для КС –  $+6 \pm 4$  мс (рис. 2). Вновь статистически значимых различий длительности ЭРП в КС и АВ-узле не получено.

Таким образом, миокард предсердий является неоднородным по продолжительности ЭРП, и эта неоднородность наиболее выражена в области правого предсердия.

Распределение величин ОРП показало обратную картину: наибольший ОРП у АВ-узла –  $380,9 \pm 130,4$  мс, затем – ОРП верхнего отдела правого предсердия –  $360,3 \pm 24,0$  мс и наименьшее значение – в КС –  $323,0 \pm 25,6$  мс. Таким образом, АВ-узел

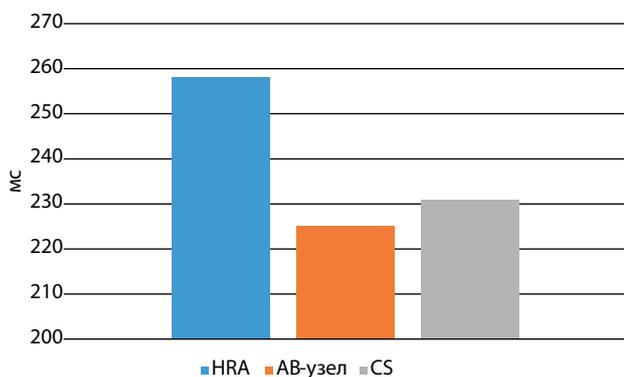


Рис. 1. Продолжительность эффективных рефрактерных периодов различных участков предсердий. Здесь и на рис. 2, 3, 6: HRA – верхний отдел правого предсердия; CS – коронарный синус; АВ-узел – атриоventрикулярный узел

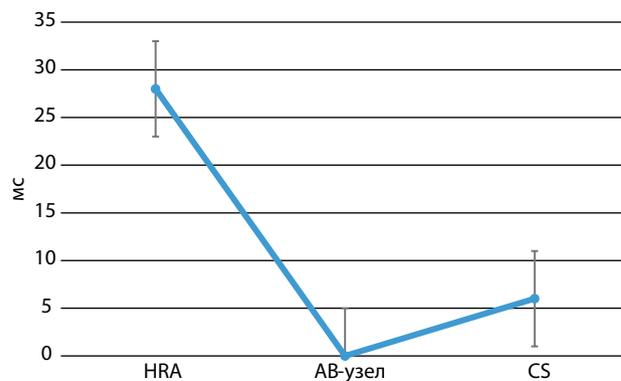


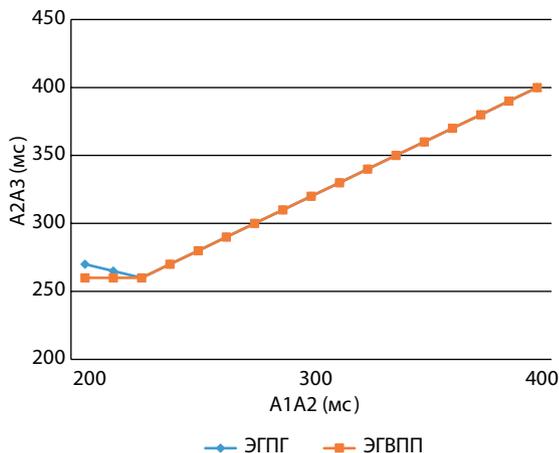
Рис. 2. Продолжительность эффективных рефрактерных периодов различных участков предсердий, эффективный рефрактерный период АВ-узла принят за нулевую величину



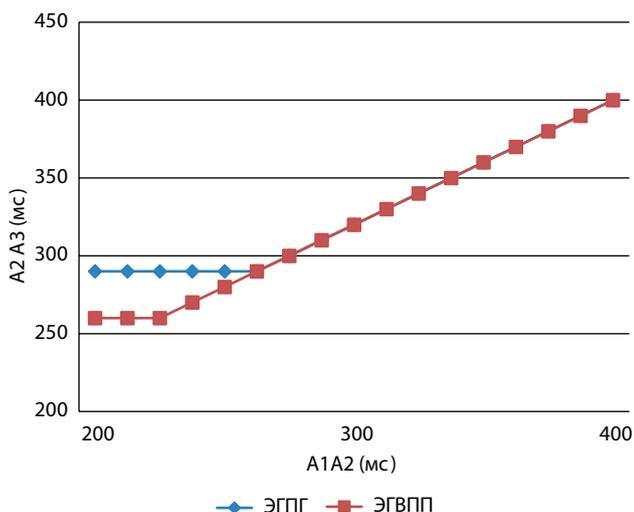
Рис. 3. Продолжительность относительных рефрактерных периодов различных участков предсердий

по сравнению с другими участками обладает не только самым коротким ЭРП, но и наиболее продолжительным ОРП (рис. 3).

На экстрасимуляции предсердий при навязанном ритме у 74 % больных кривая зависимости величины интервала А2А3 от продолжительности интервала А1А2 (величины постстимуляционного интервала от интервала сцепления экстрасимула) имела обычный характер: после достижения зоны плато величина А2А3 не менялась и дальнейшего удлинения времени внутрипредсердного проведения (ВВП) не происходило вплоть до ЭРП предсердий. У 10 % больных отмечено удлинение ВВП после А2 в зоне плато (рис. 4). У остальных 16 % больных также отмечено удлинение ВВП после А2, но оно возникало еще до того момента, когда значения интервала А2А3, измеренные по ЭГВП, достигали зоны плато (рис. 5), и, таким образом, продолжительность функционального рефрактерного периода (ФРП) предсердий, измеренная по ЭГПГ, оказалась больше таковой, измеренной по ЭГВП. С учетом этих особенностей определение ФРП предсердий проводилось отдельно при измерении его по ЭГВП и по ЭГПГ. Результаты представлены в табл. 1.



**Рис. 4.** Зависимость интервала A2A3 от величины интервала сцепления экстрасимула. Здесь и на рис. 5: ЭГПГ – электрограмма пучка Гиса; ЭГВПП – электрограмма верхнего отдела правого предсердия



**Рис. 5.** Зависимость интервала A2A3 от величины интервала сцепления экстрасимула

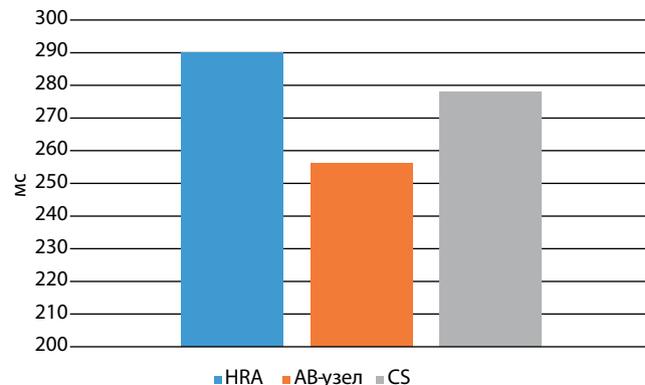
Величина ФРП предсердий оказалась практически одинаковой при стимуляции верхнего отдела правого предсердия и КС ( $290,0 \pm 45,4$  и  $278 \pm 24,2$  мс соответственно). Однако при стимуляции АВ-узла она была значительно короче –  $256 \pm 33,7$  мс (рис. 6).

**Таблица 1.** Исследование рефрактерности предсердий\*

ФРП предсердий по ЭГВПП (мс)	ФРП предсердий по ЭГПГ (мс)
$290,0 \pm 45,4$	$313,2 \pm 47,3$

**Примечание.** ФРП – функциональный рефрактерный период; ЭГВПП – электрограмма верхнего отдела правого предсердия; ЭГПГ – электрограмма пучка Гиса.

\* Данные представлены в виде  $m \pm Sd$ .



**Рис. 6.** Продолжительность функциональных рефрактерных периодов различных участков предсердий

Таким образом, несмотря на наибольшую продолжительность ОРП и задержку проведения преждевременных импульсов, при стимуляции АВ-узла имеются условия для проведения 2 последовательных импульсов с наиболее коротким интервалом хотя бы в одном из направлений распространения возбуждения.

У 17 % больных выявлена уязвимость предсердий (индуцируемость пароксизмов ФП при проведении ЭФИ). Она могла проявляться несколькими повторными ответами или развитием приступов ФП. Характерно, что у всех больных первые несколько осцилляций возникающей аритмии всегда были регулярными и одинаковыми по форме (трепетание предсердий) и лишь через некоторое время появлялись хаотические полиморфные осцилляции – ФП.

Все 17 % больных с уязвимостью предсердий были из числа тех 26 %, у которых при критических значениях интервала A1A2 развивалась задержка проведения импульса по предсердиям в ответ на A2 и появление повторных предсердных ответов уязвимости совпадало с этим удлинением ВВПП.

Зона уязвимости предсердий всегда примыкала к их ЭРП. Его продолжительность у больных с уязвимостью предсердий оказалась значительно выше, чем у остальных больных (табл. 2).

Продолжительность интервала P–Q в среднем составляла  $220,1 \pm 36,5$  мс, среднее ВВПП –  $84,7 \pm 27,3$  мс, время проведения по АВ-узлу в АН и время проведения по системе Гиса–Пуркинью (HV) –  $88,2 \pm 34,8$  и  $48,3 \pm 15,5$  мс соответственно.

Результаты оценки функциональной способности АВ-узла представлены в табл. 3.

У 95 % пациентов в ранние сроки после коррекций клапанных патологий с одномоментным выполнением операции «Лабиринт ППВ» ФП не наблюдалось.

### Обсуждение

В нашем исследовании проводилась комплексная оценка функции предсердно-желудочковой проводящей системы сердца (АВ-узла и системы Гиса–Пуркинью) и электрофизиологических параметров пред-

Таблица 2. Исследование рефрактерности предсердий у больных с феноменом уязвимости предсердий

Пациенты	ЭРП предсердий (мс)	ОРП предсердий (мс)	ОРП/ЭРП
С феноменом уязвимости предсердий	293,2 ± 40,2	423,1 ± 32,3	1,44 ± 1,6
Без феномена уязвимости предсердий	250,0 ± 45,4	330,3 ± 24,7	1,32 ± 1,3

Здесь и в табл. 3: ЭРП – эффективный рефрактерный период; ОРП – относительный рефрактерный период.

Таблица 3. Исследование функции атриовентрикулярного узла

Показатель	Значения	Норма
«Точка Венкебаха» атриовентрикулярного узла (мс)	365,0 ± 86,5	350–460
ЭРП атриовентрикулярного узла (мс)	325,6 ± 95,2	250–400
ОРП атриовентрикулярного узла (мс)	380,9 ± 130,4	260–410

сердий у пациентов с персистирующей формой ФП, нуждающихся в хирургической коррекции порока митрального и трикуспидального клапанов одновременно с операцией «Лабиринт ППВ».

Оценка функции АВ-узла базировалась на измерениях АН-интервала (время проведения по АВ-узлу), антероградной «точки Венкебаха» и рефрактерности АВ-узла. По результатам нашего исследования средний интервал АН был равен 88 мс, антероградная «точка Венкебаха» – 365 мс и ЭРП АВ-узла – 325 мс. У всех пациентов была документирована нормальная функция АВ-узла перед проведением операции «Лабиринт ППВ» с одномоментной коррекцией клапанных пороков. После оперативного лечения у 1 пациента была выявлена полная поперечная АВ-блокада. Можно предположить, что ее развитие носило ятрогенный характер вследствие повреждения области межпредсердной перегородки – АВ-узла. Пациенту был имплантирован постоянный электрокардиостимулятор. За этим исключением, операция «Лабиринт ППВ» не привела к патологическим изменениям функции АВ-узла ни у одного пациента, что хорошо согласуется с данными одних исследований [22, 23] и противоречит другим [24, 25], в которых по результатам анализа сочетанных операций «Лабиринт ППВ» демонстрируется, что дополнительные хирургические процедуры, такие как коррекция клапанной патологии, являются предиктором послеоперационных нарушений АВ-проводимости.

У всех пациентов выявлено удлинение интервала P–Q (средний интервал 220 мс). Приняв во внимание то, что среднее ВВПП составило 84 мс (норма 24–50 мс), среднее время проведения по АВ-узлу в АН – 88 мс (норма 60–125 мс) и время проведения по системе

Гиса–Пуркинье – 48 мс (норма 35–55 мс), можно сделать вывод, что удлинение интервала P–Q было следствием замедления проведения импульса по предсердиям.

В исследовании А. Albage и соавт. [26], в котором перед проведением операции «Лабиринт ППВ» 27 пациентам выполняли исследование проводящей системы сердца, у 15 % пациентов было выявлено нарушение проведения по правому предсердию.

В нашем исследовании изучение рефрактерностей различных отделов предсердий показало, что ЭРП АВ-узла является минимальным по сравнению с другими отделами предсердий (в среднем 225 мс), наибольшая продолжительность ЭРП обнаружена в верхнем отделе правого предсердия (в среднем 258 мс). Таким образом, миокард предсердий у пациентов с длительно персистирующей ФП является неоднородным по продолжительности ЭРП.

При проведении экстрастимуляции предсердий на навязанном ритме у 26 % больных отмечено удлинение ВВПП после А2 в зоне плато (см. рис. 4, 5). Этот феномен, по-видимому, также отражает неоднородность электрофизиологических характеристик миокарда предсердий.

У 17 % больных выявлена уязвимость предсердий. Все они были из числа тех вышеуказанных 26 %, у которых при критических значениях интервала А1А2 развивалась задержка проведения импульса по предсердиям в ответ на А2 и появление повторных предсердных ответов уязвимости совпадало с этим удлинением ВВПП. Зона уязвимости предсердий всегда примыкала к их ЭРП. Его продолжительность у больных с уязвимостью предсердий оказалась значительно выше, чем у остальных больных (293,2 ± 40,2 и 250,0 ± 45,4 мс соответственно).

На основе экспериментальных данных основные факторы индукции пароксизма ФП были сформулированы J.P. Voineau и соавт. [27]:

- наличие структурной дезорганизации миокарда предсердий;
- наличие неоднородности миокарда предсердий по продолжительности ЭРП;
- нанесение преждевременного импульса в строго определенную зону, характеризующуюся кратчайшим ЭРП.

В нашем исследовании органическое (1-й фактор) и электрофизиологическое (неоднородность электрофизиологических характеристик миокарда предсердий – 2-й фактор) ремоделирование предсердий было выявлено у всех пациентов.

По 3-му фактору нами получены противоположные результаты: длительность ЭРП у пациентов с уязвимостью предсердий была значимо выше.

Таким образом, у подавляющего большинства больных с ФП выявлены патологические изменения зубца P, удлинение ВВП и ЭРП предсердий. Уязвимость предсердий и, тем более, развитие пароксизмов ФП являются относительно редкими феноменами при экстрастимуляции верхнего отдела правого предсердия. Характерной особенностью больных, у которых выявлена уязвимость предсердий, является

удлинение ЭРП предсердий, удлинение ОРП предсердий и отношения ОРП/ЭРП предсердий. Уязвимость возникает при дополнительном удлинении ВВП. Зона уязвимости, как правило, расширяется по мере учащения ритма предсердий.

### Заключение

Данные настоящего исследования позволяют предположить, что наиболее вероятным механизмом уязвимости предсердий является циркуляция деполяризирующего фронта возбуждения – ре-энтри. Очевидно, длительное существование порока митрального клапана и многолетнее персистирование ФП приводят к анатомическому и электрофизиологическому ремоделированию предсердий, что проявляется существенным увеличением объема левого предсердия, а также удлинением времени внутрисердечного проведения и возникновением неоднородности рефрактерных периодов предсердного миокарда. ЭФИ дает возможность оценить функции предсердно-желудочковой проводящей системы сердца (АВ-узла и системы Гиса–Пуркинью) и электрофизиологические параметры предсердий: выявить нарушение проведения по миокарду предсердий, дисперсию его рефрактерности и зону уязвимости предсердий. Полученные данные ЭФИ могут служить предикторами рецидива ФП.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Gammie J.S., Haddad M., Milford-Beland S. et al. Atrial fibrillation correction surgery: lessons from the Society of Thoracic Surgeons National Cardiac Database. *Ann Thorac Surg* 2008;85(3):909–14. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2007.10.097. PMID: 18291169.
- Calkins H., Kuck K.H., Cappato R. et al. 2012 HRS/EHRA/ECAS expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation: recommendations for patient selection, procedural techniques, patient management and follow-up, definitions, endpoints, and research trial design: a report of the Heart Rhythm Society (HRS) Task Force on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation. Developed in partnership with the European Heart Rhythm Association (EHRA), a registered branch of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Cardiac Arrhythmia Society (ECAS); and in collaboration with the American College of Cardiology (ACC), American Heart Association (AHA), the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), and the Society of Thoracic Surgeons (STS). Endorsed by the governing bodies of the American College of Cardiology Foundation, the American Heart Association, the European Cardiac Arrhythmia Society, the European Heart Rhythm Association, the Society of Thoracic Surgeons, the Asia Pacific Heart Rhythm Society, and the Heart Rhythm Society. *Heart Rhythm* 2012;9(4):632–696.e21. DOI: 10.1016/j.hrthm.2011.12.016. PMID: 22386883.
- Bando K., Kobayashi J., Hirata M. et al. Early and late stroke after mitral valve replacement with a mechanical prosthesis: risk factor analysis of a 24-year experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;126(2):358–64. DOI: 10.1016/S0022-5223(03)00550-6. PMID: 12928631.
- Saint L.L., Bailey M.S., Prasad S. et al. Cox-Maze IV results for patients with lone atrial fibrillation versus concomitant mitral disease. *Ann Thorac Surg* 2012;93(3):789–94. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.12. PMID: 22305055.
- Van Gelder I.C., Hagens V.E., Bosker H.A. et al. A comparison of rate control and rhythm control in patients with recurrent persistent atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2002;347(23):1834–40. DOI: 10.1056/NEJMoa021375. PMID: 12466507.
- Van Gelder I.C., Hagens V.E., Bosker H.A. et al. A comparison of rate control and rhythm control in patients with atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2002;347(23):1825–33. DOI: 10.1056/NEJMoa021328. PMID: 12466506.
- Hohnloser S.H., Kuck K.H., Lillenthal J. Rhythm or rate control in atrial fibrillation—pharmacological intervention in atrial fibrillation (piaf): A randomised trial. *Lancet* 2000;356(9244):1789–94. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)03230-X. PMID: 11117910.
- Ad N. The quest to identify predictors for success and failure after the cox-maze procedure for the treatment of atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;139(1):117–8. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.07.054. PMID: 20106362.
- Damiano R.J., Jr, Schwartz F.H., Bailey M.S. et al. The Cox maze IV procedure: predictors of late recurrence. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;141(1):113–21. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2010.08.067. PMID: 21168019.

10. Wijffels M.C., Kirchhof C.J., Dorland R., Allessie M.A. Atrial fibrillation begets atrial fibrillation. A study in awake chronically instrumented goats. *Circulation* 1995;92(7):1954–68. DOI: 10.1161/01.CIR.92.7.1954. PMID: 7671380.
11. Cox J.L., Canavan T.E., Schuessler R.B. et al. The surgical treatment of atrial fibrillation. II. Intraoperative electrophysiologic mapping and description of the electrophysiologic basis of atrial flutter and atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;101(3):406–26. PMID: 1999934.
12. Cox J.L., Schuessler R.B., Boineau J.P. The surgical treatment of atrial fibrillation. I. Summary of the current concepts of the mechanisms of atrial flutter and atrial fibrillation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;101(3):402–5. PMID: 1999933.
13. Cox J.L., Schuessler R.B., Lappas D.G., Boineau J.P. An 8 1/2-year clinical experience with surgery for atrial fibrillation. *Ann Surg* 1996;224(3):267–73. PMID: 8813255.
14. Cox J.L., Jaquiss R.D., Schuessler R.B., Boineau J.P. Modification of the maze procedure for atrial flutter and atrial fibrillation. II. Surgical technique of the maze iii procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;110(2):485–95. DOI: 10.1016/S0022-5223(95)70245-8. PMID: 7637366.
15. Pasic M., Musci M., Siniawski H. et al. Transient sinus node dysfunction after the coxmaze iii procedure in patients with organic heart disease and chronic fixed atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 1998;32(4):1040-47. DOI: 10.1016/S0735-1097(98)00358-1. PMID: 9768730.
16. Sandoval N., Velasco V.M., Orjuela H. et al. Concomitant mitral valve or atrial septal defect surgery and the modified cox-maze procedure. *Am J Cardiol* 1996;77(8):591–6. DOI: 10.1016/S0002-9149(97)89312-5. PMID: 8610608.
17. Gaynor S.L., Diodato M.D., Prasad S.M. et al. A prospective, single-center clinical trial of a modified cox maze procedure with bipolar radiofrequency ablation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004;128(4):535–42. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2004.02.044. PMID: 15457154.
18. Damiano R.J., Jr, Bailey M. The cox-maze IV procedure for lone atrial fibrillation. *Multimed Man Cardiothorac Surg* 2007;2007(723):mmcts.2007.002758. DOI: 10.1510/mmcts.2007.002758. PMID: 24414450.
19. Bockeria L.A., Bockeria O.L., Biniashvili M.B. et al. Maze IIIB Procedure: Our Approach And Results In 420 Patients. Conference: The 24<sup>th</sup> Annual Meeting of Asian Society for Cardiovascular and Thoracic Surgery (ASCVTS) in conjunction with 9<sup>th</sup> AATS/ ASCVTS Postgraduate Course and 4<sup>th</sup> Asian Single Port VATS Symposium, At Taipei, Taiwan. Conference Paper April, 2016.
20. Sean C.B., Jeffrey N.R., Francisco T. et al. Synchronized Electrical Cardioversion. Medscape: www.medscape.com.
21. Josephson M.E. Josephson's Clinical Cardiac Electrophysiology. Fifth Edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
22. Kristensen L. Atrial fibrillation in patients with sick sinus syndrome. Clinical and electrocardiographic predictors of atrial fibrillation after pacemaker implantation. *Dan Med Bull* 2004;51(1):141. PMID: 24657544.
23. Gillis A.M., Russo A.M., Ellenbogen K.A. HRS/ACCF expert consensus statement on pacemaker device and mode selection. Developed in partnership between the Heart Rhythm Society (HRS) and the American College of Cardiology Foundation (ACCF) and in collaboration with the Society of Thoracic Surgeons. *Heart Rhythm* 2012;9(8):1344–65. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.06.011. PMID: 22858114.
24. Cox J., Schuessler R., Boineau J. The development of the Maze procedure for the treatment of atrial fibrillation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2000;12(1):2–14. DOI: 10.1016/S1043-0679(00)70010-4. PMID: 10746916.
25. Cox J.L., Schuessler R.B., D'Agostino H.J. Jr et al. The surgical treatment of atrial fibrillation. III. Development of a definitive surgical procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;101(4):569–83. PMID: 2008095.
26. Albåge A., Johansson B., Kennebäck G. et al. Long-term follow-up of cardiac rhythm in 320 patients after the Cox-Maze III procedure for atrial fibrillation. *Ann Thorac Surg* 2016;101(4):1443–9. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2015.09.066.
27. Boineau J.P., Schuessler R.B. Reflections on the establishment of the electrophysiologic basis for cardiac arrhythmia surgery. In: Cox J.L. (ed.) *Cardiac arrhythmia surgery: state of art reviews*. Philadelphia: Hanley and Belfus, 1990. Pp. 1–17.