

© М. С. СУХАНОВ, 2010

УДК 616.125-008.318:615.841

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИБОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОПЕРАЦИИ «СОХ-MAZE III» В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

М. С. Суханов*

Пермская краевая клиническая больница № 2; Институт сердца, филиал Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (дир. – академик РАМН Л. А. Бокерия) РАМН, Пермь

Хирургическое лечение фибрилляции предсердий (ФП) основано на создании участков повреждений в предсердиях, на которых в последующем развивается рубцовая ткань с низкой электрической проводимостью. Участки пораженных тканей прерывают механизм патологического ритма макрорентри, отвечающего за возникновение ФП. Хирургическая абляция, или операция «Сох-Maze III», успешно устраняет ФП. Линии повреждений стенки предсердий не только прерывают пути проведения патологического ритма по механизму рентири, но также направляют импульс от синусного узла к атриовентрикулярному по истинным проводящим путям [8, 9].

В последние несколько лет стали применять новые источники энергии для создания рубцовой ткани шрама, такие как радиочастотная (РЧ), микроволновая (МВ), лазерная и ультразвуковая (УЗ) энергии, а также криотермию. Это упростило данную процедуру и сделало ее общедоступной. Новые источники энергии используют с целью проведения линии рубцового повреждения таким образом, чтобы она была трансмуральной и полной, но чтобы повреждение окружающих тканей при этом было минимальным.

Некоторые исследователи указывали на то, что хорошие результаты могут быть достигнуты и без трансмуральных полных линий абляции [2]. И все же большинство авторов согласились бы с утверждением, что завершенность и трансмуральность линий повреждения желательны для высокой эффективности абляции. Кроме того, хирургия ФП должна быть безопасной и не слишком дорогостоящей, поскольку во многих странах финансирование этой области недостаточное [6, 10, 12, 28].

В данной работе мы обсуждаем методики и устройства (аппараты), применяемые сегодня при выполнении абляции у больных с ФП.

Различные источники энергии, используемые для процедуры абляции у больных с ФП, вызывают

рубцевание стенки предсердия либо путем нагревания ткани (РЧ, МВ, лазер, УЗ), либо путем замораживания (криоабляция). Необходимо точно знать возможности аппарата, прежде чем использовать его для полного трансмурального повреждения. Должна быть абсолютная уверенность в том, что окружающие органы и структура сердца не получают никаких повреждений. Скорость работы аппарата должна быть высокой, а стоимость — низкой.

ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Радиочастота. Экспериментальные данные показывают, что нагревание ткани до температуры 70 °С приблизительно в течение 1 мин создает поражение глубиной 3–6 мм. Обычно этого достаточно для образования трансмуральной линии абляции. Ирригация и параметры контроля абляции — мощность, температура или импеданс (сопротивление) могут повлиять на трансмуральность и завершение линии абляции. В хирургической практике используется несколько разных радиочастотных катетерных систем [29, 35]. Зонды можно применять либо эндокардиально, либо эпикардиально [12, 35], и в последнем случае есть возможность абляции при ФП без искусственного кровообращения или абляции при ФП на бьющемся сердце [11]. Когда используются монополярные электроды, энергия рассеивается от одного элемента и может повредить прилегающие структуры (например пищевод). Некоторые авторы описывают коллатеральное повреждение как результат применения однополярного РЧ-устройства [10, 27]. Биполярный РЧ-зажим таких недостатков не имеет, а трансмуральное поражение бывает абсолютно точным и контролируемым [12, 15, 34]. В ранних исследованиях [4] нами было отмечено, что атипичное трепетание предсердий является поздним осложнением процедуры устранения аритмии. Позже мы обратили внимание на то,

* Адрес для переписки: e-mail: heartperm@mail.ru

что причиной трепетания было не столько использование криоаблятора, сколько применение монополярного электрода. Это можно объяснить только тем, что монополярная абляция менее эффективна [31]. Биполярная система контролирует импеданс ткани, и абляция идет, пока не будет создано плато в импедансе. Биполярная РЧ-абляция создает трансмуральное поражение ткани глубиной менее 4–5 мм [16], поэтому биполярная РЧ-абляция невозможна вокруг клапанных колец. Создание линии поражения обычно занимает около 30 мин [26, 29, 31, 35], а на процедуру «Сох-Maze III» уходит 1 ч и более [5, 17].

Криотермия. Криоабляция – самый старый и хорошо оснащенный метод в хирургическом лечении аритмии, и он является элементом процедуры «Сох-Maze III», при которой создается поражение на кольце клапана [7, 8, 23]. Криоабляция окисью азота охлаждает ткани до $-60 \dots -80^\circ\text{C}$. Опыт применения этого метода насчитывает уже несколько десятилетий. Аргоновые зонды не так давно вошли в клиническую практику [19]. Они охлаждают ткани до -160°C . Криоабляция аргоном выполняется быстрее, но опыт использования таких процедур пока небольшой. Абляция ткани предсердия длительностью 2 мин при -60°C создает трансмуральное поражение [12]. Хотя при таянии кажется, что архитектура ткани сохранена, клетки в пределах замороженной ткани становятся необратимо пораженными и затем заменяются фиброзной тканью [3, 18]. Недавно появился биполярный криоазажим.

Микроволны. МВ-зонды создают электромагнитные волны, которые индуцируют осцилляцию молекул воды в тканях, при этом электромагнитная энергия превращается в тепловую. Абляция с использованием МВ-энергии благоприятнее, чем униполярная РЧ-абляция, поскольку объем и глубина нагретой ткани гораздо больше и возможность трансмуральных линий повреждения повышается. Однако недавнее гистологическое исследование показало, что в большинстве образцов линии повреждения не были трансмуральными, а степень нарушения миокарда сильно различалась [2]. В ходе выполнения абляции по соответствующим правилам МВ-энергия не обжигала эндокардиальную поверхность, что случается при РЧ-абляции, поэтому после ее использования снижен вредный эффект, например образование тромбов и пр. [30].

Ультразвук. Ультразвуковая энергия, воздействуя на ткань, вызывает коагуляционный некроз, тем самым в предсердном миокарде создаются линейные повреждения. В обычном клиническом аппарате Эпикор («St. Jude Medical Inc.») датчики активируются при частоте 3,8–6,4 МГц и мощ-

ности 15–130 Вт. Преимущество ультразвука в большей глубине проникновения, УЗ-воздействие бесконтактно, ультразвук можно направить на разную глубину, он остается безопасным на любом расстоянии [18, 25]. Недавно были опубликованы обнадеживающие результаты [24]. Тем не менее, для внедрения в клинику использования этого нового вида энергии необходимо иметь данные длительных исследований [18].

Лазер. Лазер продуцирует точно сфокусированный луч энергии определенной длительности и интенсивности. По мере прохождения через среду лазерная энергия поглощается, и результатом этого является нагревание или разрушение [18]. Доклиническая лабораторная работа М. Williams и соавт. продемонстрировала, что лазерная энергия создает трансмуральные линии поражения у животных при эндокардиальном доступе [34]. Первая клиническая работа была многообещающей, хотя количество пациентов пока небольшое. Методика лазерной абляции до сих пор считается экспериментальной.

ПРИМЕНЯЕМЫЕ АППАРАТЫ

Растет внимание к аппаратам абляции – эпикардиальной, минимально инвазивной, на бьющемся сердце и торакоскопической. В этой области есть новинки, и каждый аппарат имеет свои преимущества и недостатки. Микроволновую абляцию выделяют сегодня как эпикардиальную в минимально инвазивной сердечной хирургии [21]. Торакоскопическую абляцию можно проводить, используя катетер-петлю вокруг пульмонарных вен. РЧ-катетеры тоже стали недавно применять для торакоскопической абляции. Различные РЧ-зажимные устройства нашли применение в изоляции пульмонарных вен, при этом инвазивность минимальна.

Эпикардиальное применение источников униполярной энергии (криотермической, РЧ и МВ) для абляции на бьющемся сердце имеет некоторые препятствия. В основном они относятся к тепловому повреждающему эффекту эндокардиального прохождения крови. Недавно появились модификации (криосистемы на основе аргона и гелия), что, надеемся, повысит эффективность этих источников энергии при применении их на бьющемся сердце [34].

Существуют три типа аппаратов абляции.

1. «Ручка». Используется РЧ или лазерная энергия или криотермия. Наличие трансмурального и коллатерального поражения этими зондами остается неопределенным.

2. Зажим. Используется биполярная РЧ-, криоабляция как для эпикардиального, так и для эндокардиального применения. Исследования

подтверждают трансмуральное поражение и отсутствие коллатерального поражения.

3. Петля. Чаще всего применяется эпикардially. Это аппараты, в которых используются МВ-, РЧ-энергия, ультразвук высокой частоты, и лазерные аппараты. Доступ возможен даже через малую торакалотию.

Обычно при процедуре аблации используются такие аппараты: МВ («Guidant») — для минимально инвазивной хирургии; РЧ («Estech») — по методике сакции охлажденным зондом; лазерные зонды («Edwards») и высокочастотные ультразвуковые зонды («St. Jude»). Зажимные или петлевые устройства более подходят для пациентов, которые подвергаются коронарному шунтированию или замене клапана аорты.

ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение результатов аблации различными аппаратами у больных с ФП, описанных в публикациях за последние 5 лет, показывает, что 75–90% пациентов имеют устойчивый синусовый ритм в течение года после процедуры. Понятно, что успех зависит не только от аппарата и методики, но также и от предоперационных данных пациента (тип и длительность ФП, размер левого предсердия и т. д.), от последующей оценки и от лечения аритмии. Однако такие превосходные результаты применения процедуры аблации для лечения больных с ФП при использовании разных источников энергии дают возможность предположить, что методика классической операции «лабиринт» — «cut-and-sew» может выйти из употребления [20, 32].

Концептуально факторы риска для неудачной аблации зависят и от состояния пациента, и от хода процедуры, и от используемого метода и прибора. Рецидивирующая или длительная суправентрикулярная аритмия — вот самые обычные исходы неудачной аблации. Необходимо выделить группу пациентов, для которых хирургическое лечение аритмии будет наиболее приемлемым и даст наилучшие результаты. В клинике Кливленда, где комбинировали радиочастотную аблацию и криоаблацию (процедуру прошли 513 пациентов), неудачными считались результаты, когда ФП возникала в любое время после 6 послеоперационных месяцев [13]. В этом исследовании через 12 мес после операции ФП не возникла у 72% пациентов, тогда как в исследовании, которое проводили мы, доля таких пациентов составляла 84%. В клинике Кливленда было показано, что у пациентов старшего возраста появление постоперационной ФП чаще всего наблюдалось на ранней стадии постоперационного периода. Было также описано рубцевание левого предсердия как субстрат для медленного возникновения внутрипредсердного ме-

ханизма риентри, что дает предрасположенность к последующей предсердной аритмии [14]. Сердечная недостаточность может привести к диффузным фиброзным изменениям в предсердиях, что вторично по отношению к панмиокардиальному эффекту ремоделирования предсердий. Более того, медиаторы воспаления и вазоактивные пептиды также могут внести свой вклад в структурное ремоделирование предсердий. Воспаление может напрямую вызвать атриальный фиброз через оксидативный стресс [22]. А. Verma и соавт. [33] описали клиническое подтверждение таких наблюдений. Обследовав 700 пациентов, они обнаружили, что существовавшее прежде рубцевание левого предсердия является мощным индикатором при многовариантном анализе неудачной процедуры после транскатетерной аблации пульмонарных вен. Ими было отмечено, что возраст, рубцевание левого предсердия и постоянная форма ФП являются предопределяющими факторами поздней повторной ФП. Кроме повторной ФП рубцевание левого предсердия было связано с большим размером левого предсердия, более низкой ФВ и более высокими уровнями как С-реактивного протеина, так и натрийуретического пептида. Возможно, тот же патогенный процесс вносит свою лепту и в неудачу процедуры «Сох-Maze III». В данном исследовании многовариантный анализ показал, что ФП или трепетание предсердий при последующих наблюдениях имели отношение только к хирургии митрального клапана в прошлом ($p=0,02$).

Из опубликованных работ видно, что достижения антиаритмической хирургии для случаев пароксизмальной ФП пока находятся на экспериментальной стадии. В проведенном исследовании только у 17% пациентов была пароксизмальная ФП. Однако длительная постоянная ФП (более 10 лет) имела тенденцию соответствия статистике, касающейся возникновения повторной ФП после процедуры аблации ($p=0,07$).

В заключение надо сказать, что факторы, зависящие от состояния пациента (проведенная в прошлом операция на митральном клапане, длительность хронической ФП), могут способствовать неудаче процедуры «Сох-Maze III» в среднесрочном периоде наблюдений. Выбор аппарата для хирургической аблации зависит от стратегии и планирования уровня повреждения тканей, а также от предпочтений хирурга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия, Л. А. Мета-анализ результатов хирургического лечения фибрилляции предсердий с помощью операции «лабиринт-III» / Л. А. Бокерия, О. Л. Бокерия и др. // Тезисы докладов XIII Ежегодной сессии НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН. — Москва, 2009 — С. 56.

2. *Accord, R. E.* Post-mortem histologic evaluation of microwave lesions after epicardial pulmonary vein isolation for atrial fibrillation / R. E. Accord, R. J. van Suylen, T. J. van Brakel, J. G. Maessen // *Ann. Thorac. Surg.* — 2005. — Vol. 80. — P. 881–887.
3. *Ad, N.* The effect of the maze procedure on the secretion of arginine-vasopressin and aldosterone / N. Ad, Y. Y. Tian, J. Verbalis et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2003. — Vol. 126. — P. 1095–1100.
4. *Bugge, E.* Comparison of bipolar and unipolar radiofrequency ablation in an *in vivo* experimental model / E. Bugge, I. A. Nicholson, S. P. Thomas // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* — 2005. — Vol. 28. — P. 76–80.
5. *Cox, J. L.* Current status of the Maze procedure for the treatment of atrial fibrillation / J. L. Cox, N. Ad, T. Palazzo et al. // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2000. — Vol. 12. — P. 15–19.
6. *Cox, J. L.* Intraoperative options for treating atrial fibrillation associated with mitral valve disease / J. L. Cox // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2003. — Vol. 125. — P. S24–S247.
7. *Cox, J. L.* The importance of cryoablation of the coronary sinus during the Maze procedure / J. L. Cox, N. Ad // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2000. — Vol. 12. — P. 20–24.
8. *Cox, J. L.* The surgical treatment of atrial fibrillation. III. Development of a definite surgical procedure / J. L. Cox, R. B. Schuessler, H. J. D'Agostino Jr et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 1991. — Vol. 101. — P. 569–583.
9. *Cox, J. L.* The surgical treatment of atrial fibrillation. IV. Surgical technique / J. L. Cox // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 1991. — Vol. 101. — P. 584–592.
10. *Doll, N.* Esophageal perforation during left atrial radiofrequency ablation: is the risk too high? / N. Doll, M. A. Borger, A. Fabricius et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2003. — Vol. 125. — P. 836–842.
11. *Gaita, F.* Atrial mapping and radiofrequency catheter ablation in patients with idiopathic atrial fibrillation. Electrophysiological findings and ablation results / F. Gaita, R. Ricciardi, L. Calo et al. // *Circulation.* — 1998. — Vol. 97. — P. 2136–2145.
12. *Gillinov, A. M.* Atrial fibrillation: current surgical options and their assessment / A. M. Gillinov, E. H. Blackstone, P. M. McCarthy // *Ann. Thorac. Surg.* — 2002. — Vol. 74. — P. 2210–2217.
13. *Gillinov, A. M.* Surgical ablation of atrial fibrillation with bipolar radiofrequency as the primary modality / A. M. Gillinov, P. M. McCarthy, E. H. Blackstone et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2005. — Vol. 129. — P. 1322–1329.
14. *Goette, A.* Determinants and consequences of atrial fibrosis in patients undergoing open heart surgery / A. Goette, G. Juene-mann, B. Peters et al. // *Cardiovasc. Res.* — 2002. — Vol. 54. — P. 390–396.
15. *Golovchiner, G.* Atrial flutter after surgical radiofrequency ablation of the left atrium for atrial fibrillation / G. Golovchiner, A. Mazur, A. Kogan et al. // *Ann. Thorac. Surg.* — 2005. — Vol. 79. — P. 108–112.
16. *Guden, M.* Intraoperative saline-irrigated radiofrequency modified Maze procedure for atrial fibrillation / M. Guden, B. Akpinar, I. Sanisoglu et al. // *Ann. Thorac. Surg.* — 2002. — Vol. 74. — P. S1301–S1306.
17. *Handa, N.* Outcome of valve repair and the Cox maze procedure for mitral regurgitation and associated atrial fibrillation / N. Handa, H. V. Schaff, J. J. Morris et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 1999. — Vol. 118. — P. 628–635.
18. *He, D. S.* Cryothermal catheter ablation: mechanism of tissue injury and clinical results / D. S. He, J. E. Zimmer, K. Hynynen et al. // *Prog. Cardiovasc. Dis.* — 1999. — Vol. 41. — P. 481–498.
19. *Keane, D.* New catheter ablation techniques for the treatment of cardiac arrhythmias / D. Keane // *Card. Electrophysiol. Rev.* — 2002. — Vol. 6. — P. 341–348.
20. *Khargi, K.* Surgical treatment of atrial fibrillation: a systematic review / K. Khargi, B. A. Hutten, B. Lemke, T. Deneke // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* — 2005. — Vol. 27. — P. 258–265.
21. *Knaut, M.* Curative treatment of chronic atrial fibrillation in patients with simultaneous cardiosurgical diseases with intra-operative microwave ablation / M. Knaut, M. Tugtekin, S. G. Spitzer et al. // *J. Amer. Coll. Cardiol.* — 2001. — Vol. 37. — P. 109A (Suppl. 2A).
22. *Koratzopoulos, P.* Atrial fibrillation and electrical remodeling: the potential role of inflammation and oxidative stress / P. Koratzopoulos, T. Kolettis, K. Siogas, J. Goudevenos // *Med. Sci. Monit.* — 2003. — Vol. 9. — P. RA225–RA229.
23. *Mack, C. A.* Surgical treatment of atrial fibrillation using argon-based cryoablation during concomitant cardiac procedures / C. A. Mack, F. Milla, W. Ko et al. // *Circulation.* — 2005. — Vol. 112. — P. 11–16 (Suppl. 9).
24. *Ninet, J.* Surgical ablation of atrial fibrillation with off-pump, epicardial, high-intensity focused ultrasound: results of a multicenter trial / J. Ninet, X. Roques, R. Seitelberger et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2005. — Vol. 130. — P. 803–809.
25. *Ohkubo, T.* Experimental study of catheter ablation using ultrasound energy in canine and porcine hearts / T. Ohkubo, K. Okishige, Y. Goseki et al. // *Jpn Heart J.* — 1998. — Vol. 39. — P. 399–409.
26. *Raanani, E.* The efficacy of the Cox/maze procedure combined with mitral valve surgery: a matched control study / E. Raanani, A. Albage, T. E. David et al. // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* — 2001. — Vol. 19. — P. 438–442.
27. *Sanchez-Quintana, D.* Anatomic relations between the esophagus and left atrium and relevance for ablation of atrial fibrillation / D. Sanchez-Quintana, J. A. Cabrera, V. Climent et al. // *Circulation.* — 2005. — Vol. 112. — P. 1400–1405.
28. *Schaff, H. V.* Cox-Maze procedure for atrial fibrillation: Mayo Clinic experience / H. V. Schaff, J. A. Dearani, R. C. Daly et al. // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2000. — Vol. 1. — P. 30–37.
29. *Sie, H. T.* Radiofrequency modified maze in patients with atrial fibrillation undergoing concomitant cardiac surgery / H. T. Sie, W. P. Beukema, A. R. Misier et al. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2001. — Vol. 122. — P. 249–256.
30. *Spitzer, S. G.* Treatment of atrial fibrillation in open heart surgery — the potential role of microwave energy / S. G. Spitzer, P. Richter, M. Knaut, S. Schuler // *Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 1999. — Vol. 47. — P. 374–378 (Suppl. 3).
31. *Sternik, L.* Mid-term results of «Hybrid Maze»: combination of bipolar radiofrequency and cryoablation for surgical treatment of atrial fibrillation / L. Sternik, P. Ghosh, D. Luria et al. // *J. Heart Valve Dis.* — 2006. — Vol. 15. — P. 664–670.
32. *Topkara, V. K.* Radiofrequency and microwave energy sources in surgical ablation of atrial fibrillation: a comparative analysis / V. K. Topkara, M. R. Williams, F. Barili et al. // *Heart Surg. Forum.* — 2006. — Vol. 9. — P. E614–E617.
33. *Verma, A.* Pre-existent left atrial scarring in patients undergoing pulmonary vein antrum ablation / A. Verma, Q. M. Wazni, N. F. Marrouche et al. // *J. Amer. Coll. Cardiol.* — 2005. — Vol. 45. — P. 285–292.
34. *Williams, M. R.* Alternative energy sources for surgical atrial ablation / M. R. Williams, M. Garrido, M. C. Oz, M. Argenziano // *J. Card. Surg.* — 2004. — Vol. 19. — P. 201–206.
35. *Williams, M. R.* Surgical treatment of atrial fibrillation using radiofrequency energy / M. R. Williams, J. R. Stewart, S. F. Bolling et al. // *Ann. Thorac. Surg.* — 2001. — Vol. 71. — P. 1939–1944.