

РОЛЬ ВНУТРИСЕРДЕЧНОЙ ЭХОКАРДИОГРАФИИ В СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Васюков С.С., Кузьменков Д.В.

В обзоре рассматриваются вопросы применения внутрисердечной эхокардиографии в современной электрофизиологической лаборатории, а именно: требования к аппаратуре, требования к изображению, возможность использования при катетерном лечении различных нарушений сердечного ритма.

Отдельные разделы посвящены возможностям выявления интраоперационных осложнений катетерных операций с помощью внутрисердечной эхокардиографии и дальнейшему развитию данной методики в аритмологии.

Ключевые слова: внутрисердечная эхокардиография, фибрилляция предсердий, радиочастотная катетерная абляция, тромбоемболические осложнения, коронарный синус, левое предсердие, легочные вены.

Контактный автор: Васюков С.С., ss-card@mail.ru

Для цитирования: Васюков С.С., Кузьменков Д.В. Роль внутрисердечной эхокардиографии в современной электрофизиологической лаборатории. REJR. 2016; 6 (2):91-96. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-2-91-96.

Статья получена: 05.05.2016

Статья принята: 18.05.2016

THE ROLE OF INTRACARDIAC ECHOCARDIOGRAPHY IN MODERN ELECTROPHYSIOLOGICAL LABORATORY

Vasjukov S.S., Kuz'menkov D.V.

There is a review on intracardiac echocardiography application in modern electrophysiological laboratory, especially, equipment and imaging demands, possibility of usage during catheter treatment of arrhythmias.

Separate paragraphs dedicated to the possibilities of revealing intraoperative complications of the catheter treatment with the help of intracardiac echocardiography as well as to the future development of this method in arrhythmology.

Keywords: intracardiac echocardiography, atrial fibrillation, radiofrequency catheter ablation, thromboembolic complications, coronary sinus, left atrium, pulmonary veins.

Corresponding author: Vasjukov S.S., ss-card@mail.ru

For citation: Vasjukov S.S., Kuz'menkov D.V. The role of intracardiac echocardiography in modern electrophysiological laboratory. REJR. 2016; 6 (2):91-96. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-2-91-96.

Received: 05.05.2016

Accepted: 18.05.2016

ГБОУ ВПО «Первый
московский
государственный
медицинский
университет им. И.М.
Сеченова»
г. Москва, Россия

I.M. Sechenov First
Moscow State Medical
University.
Moscow, Russia.

Бурный рост количества и расширение спектра радиочастотных катетерных абляций (РЧА) у пациентов с различными нарушениями ритма сердца в последнее десятилетие стимулировали активный поиск и развитие новых методов визуализации сердца. К одному из таких методов, который используется в клинической практике электрофизиолога, относится внутрисердечная (ВС) эхокардиография (ВС ЭхоКГ). Активное внедрение этой методики в работу электрофизиологической лаборатории обусловлено, с одной стороны, стремлением более точно визуализировать анатомические ориентиры сердца во время катетерных процедур, с другой стороны, стремлением максимально снизить лучевую нагрузку на персонал электрофизиологической лаборатории.

Методика исследования.

При описании исторических аспектов методики необходимо отметить, что самый ранний этап развития ультразвуковых методов приходится на середину прошлого столетия, уже в 1956 году исследовался потенциал отображения сердечных структур устройствами, основанными на катетеризации [1]. Самые первые исследователи использовали монокристаллические ультразвуковые датчики, некоторые из которых вращались, чтобы получить изображение сердца [2, 3]. В середине 1960-х R.C.Eggleton и соавт. был разработан механический вращающийся 4-элементный ультразвуковой датчик, а в 1969 году N.Vom и соавт. в Роттердаме разработал фазированный датчик с 32 элементами [4, 5, 6]. Эта разработка предшествовала развитию методов лечения при помо-

щи катетерных технологий. Развитию этого направления способствовали сложности выделения сосудистой и внутрисердечной анатомии крупных анатомических структур во время одноплановой, а затем и двухмерной ангиографии. Целью методики было точное измерение просвета сосудов. Некоторые из ранних исследований внутрисердечного отображения с фазовой технологией и цветным доплером были предприняты с миниатюризированными трансэзофагальными исследованиями на экспериментальных животных [5, 7].

Высокочастотные вращающиеся катетерные датчики с рабочим диапазоном от 20 до 30 МГц были разработаны и внедрены в клиническую практику для внутрикоронарных исследований, которые принесли новые открытия в области атеросклероза, сосудистого ответа на стентирование и коронарную пластику [8]. Однако датчики с такой частотой не подходили для отображения внутрисердечных структур и в дальнейшем появились версии таких вращающихся одноэлементных устройств с более низкой частотой (от 10 до 12,5 МГц). N.G.Pandian и соавт. предложил использовать их для внутрисердечных исследований в 1990 года [9] (рис. 1). Данный метод применялся, прежде всего, для контроля проведения катетерного закрытия дефекта межпредсердной перегородки [10, 13].

Необходимость применения ВС ЭхоКГ в электрофизиологической лаборатории возникла с развитием электрофизиологии сердца и появлением более сложных методик радиочастотной катетерной абляции нарушений ритма сердца (радиочастотная катетерная изоляция устьев легочных вен у пациентов с фибрилляцией предсердий, РЧА ишемических желудочковых тахикардий).

Требования к эхокардиографическому отображению.

Любой режим ЭхоКГ, использующийся для контроля за интервенционными процедурами должен обладать определенными идеальными характеристиками свойствами. Эти свойства включают в себя удобное для хирурга и пациента использование и простой механизм. Инструменты отображения должны обеспечивать возможность полного цветного отображения и отображения эффекта Доплера при исследовании кровотока. Для внутрисосудистого использования требуются интродьюсеры малого диаметра, чтобы сделать возможным его применение для маленьких детей. Хирург должен полностью контролировать отображение, а инструменты отображения должны обеспечивать нужную глубину проникновения (от 8 до 10 см), чтобы сделать возможным обзор легочных вен через правое предсердие, а также верхушку левого желудочка (ЛЖ) [11, 12]. Желательно, что



Рис. 1. Фотография.

Современный датчик для внутрисердечной ЭХО-КГ.



Рис. 2. Внутрисердечной ЭХО-КГ.

Транссептальная пункция.

бы ВС ЭхоКГ изображения были сравнимы или превосходили изображения, полученные при помощи чреспищеводной (ЧП) ЭхоКГ, но в настоящее время это реализовано только в прилегающей к датчику ВС ЭхоКГ зоне [4, 14].

Транссептальная пункция.

В настоящее время ВС ЭхоКГ прочно рекомендовала себя в качестве метода первой линии для интраоперационного контроля пункции межпредсердной перегородки, поскольку позволяет четко визуализировать овальную ямку. Транссептальная пункция в других областях межпредсердной перегородки не является безопасной и продвижение катетера от правого к левому предсердию может привести к осложнениям. Вход трансептальной иглой в аорту и перикардальное пространство создают чрезвычайно высокий риск гемоперикарда. Крайне необходимым является использование ЭхоКГ изображения, измерение давления и контрастирование структур перед продвижением направляющих интродьюсеров в левое предсердие (рис. 2).

Чреспищеводная ЭхоКГ (ЧП ЭхоКГ) также позволяет визуализировать межпредсердную перегородку и безопасно выполнить трансептальную пункцию, однако значительный дискомфорт у пациента при длительном нахождении датчика в пищеводе, а также необходимость присутствия специалиста по эхокардиографии в операционной, делают ВС ЭхоКГ более предпочтительной методикой при проведении трансептальной пункции [20].

Применение ВС ЭхоКГ в лечении фибрилляции предсердий.

Предсердия в норме являются тонкостен-

ными структурами (толщина стенок не превышает 4 мм); однако стенка предсердия может быть тоньше, а вблизи предсердно-желудочковой борозды может достигать 2,0 мм. Существует предположительная анатомическая гетерогенность толщины стенки предсердий на уровне передней, верхней, задней и латеральной частей левого предсердия [21, 22]. Имеется сложное анатомическое отношение между задней стенкой левого предсердия, перикардом, поперечным и косым синусами и смежными структурами, такими как аорта и пищевод [23, 24]. Во время процедур РЧА в левом предсердии, любая из этих структур может быть повреждена. Легочные вены расположены сзади и имеют мышечные муфты, которые их окружают. Фазируемое ВС ЭхоКГ изображение очень полезно при локализации устьев легочных вен и для визуализации антральной радиочастотной изоляции легочной вены на безопасном расстоянии от устьев легочных вен [25]. ВС ЭхоКГ эффективно использовалась во время антральной изоляции легочных вен при фибрилляции предсердий для титрования подачи энергии под контролем за формированием микропузырьков [26]. Более того, в этом случае ВС ЭхоКГ изображение показало свое превосходство над электрофизиологическими показателями, такими как контроль электрического сопротивления, для идентификации участков, которые безопасны для абляции [27]. Определение толщины стенок при помощи ВС ЭхоКГ также важно для контроля и оценки воздействий во время РЧА [28].

Одной из наиболее ценных ролей ВС ЭхоКГ в электрофизиологической лаборатории является контроль за перикардальным выпотом и предотвращением любой нестабильности гемодинамики во время катетерной абляции [24]. Пищевод представляет возможное затруднение при абляции миокарда левого предсердия по причине его близкого расположения к задней стенке. Образование предсердно-пищеводной фистулы является одним из самых грозных осложнений абляции в левом предсердии [30]. ВС ЭхоКГ эффективно используется для идентификации положения пищевода во время этой процедуры [31, 32]. Расположение коронарных артерий также может быть определено при использовании ВС ЭхоКГ во время процедур РЧА [33]. Использование ВС ЭхоКГ при РЧА позволяет тщательно контролировать образование тромбов на катетерах и интродьюсерах (рис. 3.) и проводить эффективную профилактику тромбоэмболических осложнений [42].

Исследование, в ходе которого сравнивались результаты проведения процедуры изоляции легочных вен с применением циркулярных картирующих катетеров, как с использованием метода ВС ЭхоКГ, так и без него, показало, что

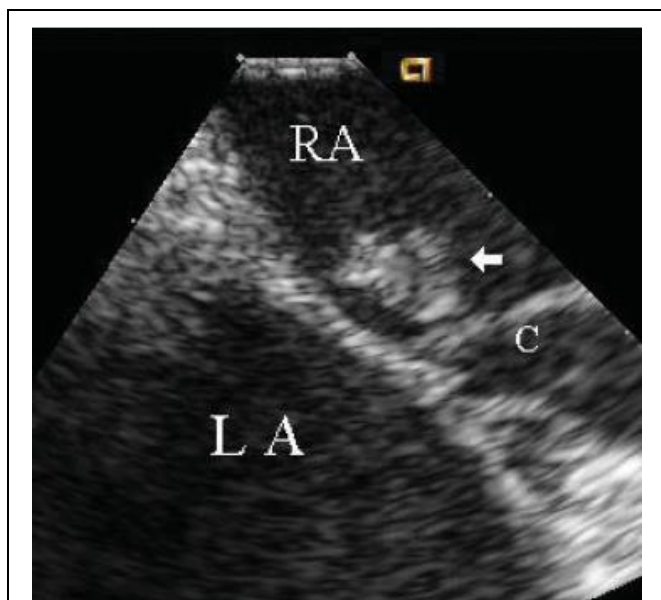


Рис. 3. Внутрисердечная ЭХО-КГ.

Выявление тромбоза интродьюсера, расположенного в правом предсердии (стрелка).

контрастирование легочных вен под флюороскопическим контролем не позволило точно определить истинное устье легочной вены в сравнении с ВС ЭхоКГ. Еще одним преимуществом ВС ЭхоКГ является возможность контролировать контакт между электродом и эндокардом в течение всей процедуры РЧА [44, 45]. Стенозы легочных вен также оцениваются при ВС ЭхоКГ с помощью доплеровских измерений. С помощью доплеровского метода возможно провести оценку параметров распространения пульсовой волны в устье каждой подвергающейся процедуре вены, до и после циркулярной абляции [43].

Чрезкожная внутриперикардальная эхокардиография.

Недостатками ВС ЭхоКГ являются ограниченная видимость некоторых структур из-за близкого расположения ВС ЭхоКГ катетера к этим эндокардиальным структурам, сравнительной нестабильностью олученных изображений [22]. В последнее время внутриперикардальная (ВП) ЭхоКГ проводилась пациентам во время эпикардиальной катетерной абляции. ВП ЭхоКГ изображения обеспечивают виды сердца из перикардиального синуса, что является безопасным и эффективным методом отображения нужных сердечных структур во время электрофизиологических процедур, которые включают перикардиальный доступ. Этот подход обеспечивает изображение в режиме реального времени с высоким разрешением тех структур, ко-

торые обычно нелегко увидеть с помощью традиционной ВС ЭхоКГ, а также обеспечивает улучшенную, по сравнению с традиционной ВС ЭхоКГ, стабильность изображения. ВП ЭхоКГ менее ограничена артефактами ближней зоны по сравнению с ВС ЭхоКГ, поскольку катетер помещается снаружи сердца. Также обеспечивается стабильность изображения, поскольку катетер держится на месте своего размещения в поперечном или косом синусе [34, 35].

Дальнейшее развитие ВС ЭхоКГ.

При растущей сложности электрофизиологических процедур и все более широком использовании компьютерной томографии для картирования и объединения изображений потребуются дополнительные усилия по совершенствованию ВС ЭхоКГ, чтобы максимально снизить лучевую нагрузку на пациентов, которым требуются множественные процедуры РЧА для лечения нарушений ритма сердца или сочетание процедур РЧА и имплантации различных устройств для лечения бради-, тахикардий и сердечной недостаточности (электрокардиостимулятор, кардиовертер-дефибриллятор, устройство для сердечной ресинхронизирующей терапии). М. Ziyad и соавт. в 2009 году был разработан ультразвуковой катетер миниатюрного размера с обращенным назад ультразвуковым окном, который имеет канал вдоль своей оси для радиочастотного катетера, чтобы объединить отображение и терапию в одном устройстве (рис. 3) [41].

Заключение.

В заключение хочется еще раз подчеркнуть наиболее важные положительные стороны применения ВС ЭхоКГ в электрофизиологической лаборатории. К таким сторонам относятся значительное повышение эффективности и безопасности всего спектра процедур, выполняемых хирургами-аритмологами, а также значительное снижение лучевой нагрузки, как на медицинский персонал электрофизиологической лаборатории, так и на пациента. В настоящее время в рентгенодиагностическом отделении ангиографии УКБ №1 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова активно внедряются самые передовые методы диагностики и лечения различных нарушений ритма сердца, в том числе и ВС ЭхоКГ.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования/конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

References:

1. Cieszynski T. Intracardiac method for the investigation of structure of the heart with the aid of ultrasonics. *Arch Immun Ther Exp.* 1960; 8: 551-557.
2. Kimoto S, Omoto R, Tsunemoto M. Ultrasonic tomography of the liver and detection of heart atrial septal defect with the aid of ultrasonic intravenous probes. *Ultrasonics.* 1964; 2: 82.
3. Kossoff G. Diagnostic application of ultrasound in cardiology. *Aust Radiol.* 1966; 10: 101-106.
4. Eggleton RC, Townsend C, Kossoff G. Computerized ultrasonic visualization of dynamic ventricular configuration. *Program and Abstracts of the Eighth ICMBE.* 1969; 111: 10-3.
5. Bom N, Lancee C.T, Van Egmond F.C. An ultrasonic intracardiac scanner. *Ultrasonics.* 1972; 10: 72-76.
6. Bom N, Hoff H, Lancee C.T et al. Early and recent intraluminal ultrasound devices. *Int J Cardiac Imaging.* 1989; 4: 79-88.
7. Ludomirsky A, Ricou F, Weintraub R, Sahn D.J. Applications of intravascular scanning in congenital heart disease. *Intravascular Ultrasound Imaging.* New York, Churchill Livingstone Publisher, 1992. P. 247-252.
8. Pandian N.G., Kreis A., Brockway B. et al. Ultrasound angiography: real-time, two-dimensional, intraluminal ultrasound imaging of blood vessels. *Am J Cardiol.* 1988; 62: 493-494.
9. Pandian N.G., Kreis A., Weintraub A. et al. Real-time intravascular ultrasound imaging in humans. *Am J Cardiol.* 1990; 65: 1392-1396.
10. Valdes-Cruz L.M., Sideris E., Sahn D.J. et al. Transvascular intracardiac applications of a miniaturized phased-array ultrasonic endoscope: initial experience with intracardiac imaging in piglets. *Circulation.* 1991; 83: 1023-1027.
11. Seward J.B., Packer D.L., Chan R.C. et al. Ultrasound cardiology: embarking on a new journey. *Mayo Clin Proc.* 1996; 71: 629-635.
12. Seward JB, Khandheria BK, McGregor CG et al. Transvascular and intracardiac two-dimensional echocardiography. *Echocardiography.* 1990; 7: 457-464.
13. Hellenbrand W.E., Fahey J.T., McGowan F.X. et al. Transesophageal echocardiographic guidance of transcatheter closure of atrial septal defect. *Am J Cardiol.* 1990; 66: 207-213.
14. Hijazi Z.M., Wang Z., Cao Q.L. et al. Transcatheter closure of atrial septal defects and patent foramen ovale under intracardiac echocardiographic guidance: feasibility and comparison with transesophageal echocardiography. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2001; 52: 194-199.
15. Koenig P.R., Abdulla R.I., Cao Q.L., Hijazi Z.M. Use of intracardiac echocardiography to guide catheter closure of atrial communications. *Echocardiography.* 2003; 20: 781-787.
16. Cao Q.L., Zabal C., Koenig P. et al. Initial clinical experience with intracardiac echocardiography in guiding transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects: feasibility and comparison with transesophageal echocardiography. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2005; 66: 258-267.
17. Anderson R.H., Webb S., Brown N.A. Clinical anatomy of the atrial septum with reference to its developmental components. *Clin Anat.* 1999; 12: 362-374.
18. Marcus G.M., Ren X., Tseng Z.H. et al. Repeat transseptal catheterization after ablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2007; 18: 55-59.
19. Daoud E.G., Kalbfleisch S.J., Hummel J.D. Intracardiac echocardiography to guide transseptal left heart catheterization for radiofrequency catheter ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 1999; 10: 358-363.
20. Bidart C., Vaseghi M., Cesario D.A. et al. Radiofrequency current delivery via transseptal needle to facilitate septal puncture. *Heart Rhythm.* 2007; 4: 1573-1576.
21. Ho S.Y., Sanchez-Quintana D., Cabrera J.A., Anderson R.H. Anatomy of the left atrium: implications for radiofrequency ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 1999; 10: 1525-1533.
22. Becker A.E. Left atrial isthmus: anatomic aspects relevant for linear catheter ablation procedures in humans. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2004; 15: 809-812.
23. D'Avila A., Scanavacca M., Sosa E. et al. Pericardial anatomy for the interventional electrophysiologist. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2003; 14: 422-430.
24. Cury R.C., Abbara S., Schmidt S. et al. Relationship of the esophagus and aorta to the left atrium and pulmonary veins: implications for catheter ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2005; 2: 1317-1323.
25. Verma A., Marrouche N.F., Natale A. Pulmonary vein antrum isolation: intracardiac echocardiography-guided technique. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2004; 15: 1335-1340.
26. Marrouche N.F., Martin D.O., Wazni O. et al. Phased-array intracardiac echocardiography monitoring during pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation: impact on outcome and complications. *Circulation.* 2003; 107: 2710-2716.
27. Vaseghi M., Cesario D.A., Valderrabano M. et al. Impedance monitoring during catheter ablation of atrial fibrillation. *Heart Rhythm.* 2005; 2: 914-920.
28. Ren J.F., Callans D.J., Schwartzman D. et al. Changes in local wall thickness correlate with pathologic lesion size following radiofrequency catheter ablation: an intracardiac echocardiographic imaging study. *Echocardiography.* 2001; 18: 503-507.
29. Bunch T.J., Asirvatham S.J., Friedman P.A. et al. Outcomes after cardiac perforation during radiofrequency ablation of the atrium. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2005; 16: 1172-1179.
30. Pappone C., Oral H., Santinelli V. et al. Atrio-esophageal fistula as a complication of percutaneous transcatheter ablation of atrial fibrillation. *Circulation.* 2004; 109: 2724-2726.
31. Cummings J.E., Schweikert R.A., Saliba W.I. et al. Assessment of temperature, proximity, and course of the esophagus during radiofrequency ablation within the left atrium. *Circulation.* 2005; 112: 459-464.
32. Ren J.F., Marchlinski F.E., Callans D.J. Real-time intracardiac echocardiographic imaging of the posterior left atrial wall contiguous to anterior wall of the esophagus. *J Am Coll Cardiol.* 2006; 48: 594-595.
33. Vaseghi M., Cesario D.A., Mahajan A. et al. Catheter ablation of right ventricular outflow tract tachycardia: value of defining coronary anatomy. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2006; 17: 632-637.
34. Horowitz B.N., Vaseghi M., Mahajan A. et al. Percutaneous intra-pericardial echocardiography during catheter ablation: a feasibility study. *Heart Rhythm.* 2006; 3: 1275-1282.
35. Tude Rodrigues A.C., d'Avila A., Houghtaling C. et al. Intra-pericardial echocardiography: a novel catheter-based approach to cardiac imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004; 17: 269-274.
36. West J.J., Norton P.T., Kramer C.M. et al. Characterization of the mitral isthmus for atrial fibrillation ablation using intracar-

diac ultrasound from within the coronary sinus. *Heart Rhythm*. 2008; 5: 19-27.

37. Cesario D.A., Valderrabano M., Cai J.J. et al. Electrophysiological characterization of cardiac veins in humans. *J Interv Card Electrophysiol*. 2004; 10: 241-247.

38. Celigoj A., Cesarion D., Mahajan A. et al. Intra-coronary sinus echocardiography: a new approach to guide cardiac interventional procedures. *J Am Coll Cardiol*. 2007; 49: 133A-134A.

39. Okumura Y., Henz B.D., Johnson S.B. et al. Multimodality image mapping system methods, quantitative validation, and clinical feasibility of a novel three-dimensional ultrasound for image-guided mapping and intervention. *Circ Arrhythmia Electrophysiol*. 2008; 1: 110-119.

40. Seward J.B. Fantastic voyage through the cardiovascular system. *Eur J Echocardiogr*. 2004; 5: 8-11.

41. Hijazi Z.M., Shivkumar K., Sahn D.J. Intracardiac echocardiography during Interventional and Electrophysiological Cardiac Catheterization. *Circulation*, 2009; 3: 587- 596.

42. Ren J.F., Marchinski F.E., Callans D.J. Left atrial thrombus associated with ablation for atrial fi brillation: identifiycation with intracardiac echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1861-7.

43. Saad E.B., Marrouche N.F., Saad C.P. et al. Pulmonary vein stenosis after catheter ablation of atrial fibrillation: emergence of a new clinical syndrome. *Ann Inter Med* 2003; 138: 634-8

44. Chu E., Fitzpatrick A.P., Chin M.C., et al. Radiofrequency catheter ablation gauided by intracardiac echocardiography. *Circulation*, 1994; 89: 1301-5.