

Рубрика: электрокардиостимуляция

© Г.А. АВАНЕСЯН, А.Г. ФИЛАТОВ, А.С. САТЮКОВА, О.И. ОБРЕЗКОВ,
М.А. БАЖИН, Я.Б. ЯХЬЯЕВ, 2023

© АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2023

УДК 616.12-089.843

DOI: 10.15275/annaritmol.2023.4.3

ВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯЦИЯ

Тип статьи: обзорная статья

Г.А. Аванесян¹, А.Г. Филатов¹, А.С. Сатюкова¹, О.И. Обрезков², М.А. Бажин¹, Я.Б. Яхьяев¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

² Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», пл. Акад. Курчатова, 1, Москва, 123182, Российская Федерация

Аванесян Грайр Араратович, аспирант; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

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

Сатюкова Анна Сергеевна, заведующая лабораторией контроля качества; orcid.org/0000-0001-5948-1193

Обрезков Олег Иосифович, начальник лаборатории технологий нанесения покрытий;

orcid.org/0009-0000-8463-725X

Бажин Михаил Александрович, ведущий инженер; orcid.org/0009-0008-2157-6478

Яхьяев Яхья Бийболатович, врач – сердечно-сосудистый хирург; orcid.org/0000-0002-0871-4468

Необходимость временной кардиостимуляции (ВКС) возникает в случаях, когда пациенту требуется навязывание сердечного ритма с помощью наружных или инвазивных систем кардиостимуляции. Эта процедура может быть необходима при различных нарушениях ритма сердца, проявляющихся гемодинамически значимой брадикардией, как врожденной, так и приобретенной.

Одной из основных проблем временной кардиостимуляции является скорость, с которой удается осуществить доступ к сердцу и последующее навязывание ритма. В некоторых случаях, например, при острых нарушениях сердечного ритма, задержка в установлении системы стимуляции может иметь серьезные последствия для пациента. Поэтому важно, чтобы медицинский персонал был обучен и готов к проведению процедуры ВКС в экстренных ситуациях.

Другой проблемой, связанной с временной кардиостимуляцией, является риск возможных осложнений и инфекций, особенно при использовании эндокардиальной системы. Это требует строгого соблюдения асептических правил и наблюдения за пациентом после процедуры.

Также следует отметить, что временная кардиостимуляция может быть лишь решением проблемы сердечного ритма на небольшой промежуток времени, и в дальнейшем пациенту может потребоваться постоянная кардиостимуляция или другие методы лечения.

В целом, проблема временной кардиостимуляции требует комплексного подхода со стороны медицинского персонала, обеспечения высокого уровня медицинской компетентности и тщательного контроля за пациентом как во время процедуры, так и после нее.

Ключевые слова: временная кардиостимуляция, стимуляция правого желудочка, электрокардиостимулятор

TEMPORARY CARDIAC PACING

G.A. Avanesyan¹, A.G. Filatov¹, A.S. Satyukova¹, O.I. Obrezkov², M.A. Bazhin¹, Ya.B. Yakhyaev¹

¹ Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

² National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, 123182, Russian Federation

Grayr A. Avanesyan, Postgraduate; orcid.org/0000-0001-5367-8382, e-mail: grair707@mail.ru

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

Anna S. Satyukova, Head of the Quality Control Laboratory; orcid.org/0000-0001-5948-1193
Oleg I. Obrezkov, Head of Laboratory of Coating Technology; orcid.org/0009-0000-8463-725X
Mikhail A. Bazhin, Leading Engineer; orcid.org/0009-0008-2157-6478
Yakhya B. Yakhyaev, Cardiovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-0871-4468

The need for temporary cardiac pacing (TCP) arises in cases where a patient requires temporary cardiac rhythm control using external or invasive cardiac pacing systems. This procedure may be necessary for various cardiac arrhythmias manifested by hemodynamically significant bradycardia, both congenital and acquired. One of the main problems with temporary cardiac pacing is the speed with which it is possible to access the heart and subsequently impose a rhythm. In some cases, such as acute cardiac arrhythmias, a delay in establishing the pacing system can have serious consequences for the patient. Therefore, it is important that medical personnel are trained and ready to perform the TCP procedure in emergency situations.

Another concern with temporary pacing is the risk of possible complications and infections, especially when using an endocardial pacemaker system. This requires strict adherence to aseptic rules and monitoring of the patient after the procedure.

It should also be noted that temporary pacing may only be a temporary solution to a heart rhythm problem, and the patient may later require permanent pacing or other treatments.

In general, the problem of temporary cardiac pacing requires an integrated approach on the part of medical personnel, ensuring a high level of medical competence and careful monitoring of the patient both during and after the procedure.

Keywords: temporary cardiac pacing, right ventricular pacing, pacemaker

Введение

На сегодняшний день временная электрокардиостимуляция активно используется как в кардиохирургической, так и в реанимационной практике. Данная методика позволяет не только обеспечить адекватную частоту сердечных сокращений (ЧСС) у пациентов с выраженной брадикардией и асистолией, но и предупредить развитие нарушений ритма сердца у пациентов после кардиохирургических вмешательств [1].

Временная электрокардиостимуляция позволила спасти огромное количество жизней. Благодаря имплантированному трансвенозно в сердце электроду появлялась возможность осуществления стабилизации гемодинамики пациента путем навязывания адекватного ритма [2].

Целью данного обзора является освещение исторических событий, способствующих развитию временной электрокардиостимуляции, а также сообщение о возможных видах и методиках осуществления временной стимуляции сердца и режимах программирования кардиостимулятора.

История развития временной кардиостимуляции

В 1774 г. было опубликовано первое в мире сообщение Гуманного общества Нью-Йорка о выполнении успешной реанимации трехлетнего ребенка посредством трансторакального применения электрического тока. В данном до-

кументе, по-видимому, содержались первые рекомендации о применении электрического тока с целью осуществления реанимационных мероприятий у пациентов с остановкой сердечной деятельности [3, 4].

Однако, из-за отсутствия более совершенных источников электрического тока и необходимых знаний по патофизиологии сердца, данный способ осуществления его временной накожной электрической стимуляции в то время широкого применения не получил [5, 6].

На протяжении XIX и начала XX в. попытки использования электрического тока в качестве стимула с целью навязывания ритма были крайне редкими и применялись в чрезвычайных ситуациях [7, 8].

В 1889 г. в опубликованной J. McWilliam работе было описано экспериментальное исследование по применению временной электрической стимуляции сердца. Исследователь акцентировал внимание на том, что во время некоторых внезапно возникающих форм аритмии имеется возможность их купирования «искусственным» путем. Также в исследовании было предложено применять различные способы стимуляции сердца у пациентов с возникшей асистолией посредством пункции с последующим механическим раздражением миокарда тонкой иглой с использованием гальванического (постоянного) или фарадического (переменного) тока. В своем эксперименте ученый продемонстрировал влияние электростимуляции на миокард, приводящей к сокращению остановившегося сердца. Он также отметил, что

выполнение регулярной серии таких разрядов, например с частотой 60 или 70 импульсов в минуту, приводит к возникновению регулярного сокращения сердца с той же частотой. Данный эксперимент был проведен на животных, у которых была осуществлена остановка сердечной деятельности путем раздражения блуждающего нерва на шее, после чего ученый выполнял серию электрических разрядов верхушки сердца с использованием вышеописанной методики. Графически осуществлялась регистрация сердечной деятельности с параллельным измерением системного давления. Следует отметить, что автор регистрировал снижение артериального давления по сравнению с первоначальными значениями даже при выполнении длительной кардиостимуляции. Исследователь предположил, что данное снижение происходит из-за возникновения нарушения предсердно-желудочковой десинхронизации, так как «при такой стимуляции, из-за отсутствия последовательного сокращения, предсердия не способны осуществлять гемодинамический вклад путем передачи крови в систолу желудочков» [9].

Все это способствовало формированию одного из важных выводов данной работы: «Чтобы такое возбуждение было эффективным, следует посылать электростимулы через все сердце так, чтобы предсердия могли вносить своевременный вклад в систолу желудочков. Для выполнения данной методики у человека один электрод нужно приложить в области верхушечного толчка, а другой – в области IV грудного позвонка, так, чтобы индуцирующие токи могли пересекать орган» [10].

Результаты одного из наиболее важных исследований были опубликованы в 1905 г. французским ученым N. Floresco, который осуществил стимуляцию остановившегося сердца собаки индукционным током через электрод, введенный через внутреннюю яремную вену. Это было первое в мире описание опыта трансвенной стимуляции правого предсердия и правого желудочка у животных [11].

В 1929 г. австралийские ученые M.C. Lidwell и M. Booth создали прибор для осуществления временной стимуляции сердца. Была описана следующая методика проведения временной кардиостимуляции: использовались два электрода, один из которых был смочен соевым раствором и приложен к коже в проекции правого предсердия, а другой, в виде иглы, помещался в соответствующую камеру сердца. Помимо

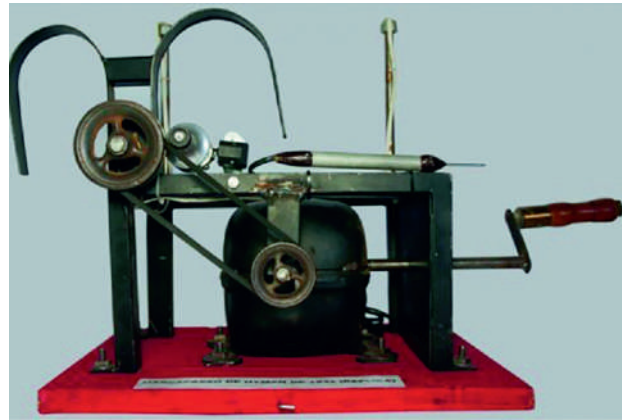


Рис. 1. Первая в истории модель искусственного водителя ритма сердца, созданная братьями А. и Ч. Нуман [14]

этого, с использованием переключателя была возможность изменения полярности стимуляции. Частота импульсов стимулятора регулировалась в диапазоне от 80 до 120 в минуту, напряжение – от 1,5 до 12 В [12].

H. Mond и G. Sloman осветили, по имеющимся данным, первый в мире клинический опыт применения временной кардиостимуляции. У новорожденного ребенка после неэффективного осуществления всех возможных на тот период реанимационных мероприятий было принято решение об использовании временной кардиостимуляции. Изначально игла стимулятора была проведена в предсердие, однако подача электроимпульсов различной энергии не дала эффекта. Затем иглу переместили в желудочек, и сердце ответило на каждый импульс. Выполнение стимуляции осуществлялось на протяжении 10 мин, после чего регистрировалось восстановление самостоятельной сердечной деятельности [13].

В 1931–1932 гг. в США братья А. и Ч. Нуман создали специальное электрическое устройство для стимуляции сердца, которое называли «artificial pacemaker» – искусственный водитель ритма. Этот прибор представлял собой генератор электрического тока, приводимый в действие вручную путем раскручивания магнитной ручки (рис. 1) [14].

История развития кардиостимуляции

Увеличение интереса к кардиостимуляции было связано с кардиохирургией, которая имела большие тенденции роста и развития. В 1957 г. в Университете Миннесоты U. Lillehei было выполнено более 300 операций на «открытом»

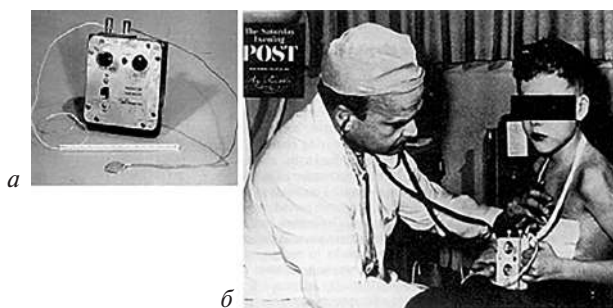


Рис. 2. Профессор U. Lillehei и ребенок с первым наружным кардиостимулятором на транзисторах (а, б)

сердце у пациентов детского и юношеского возраста с врожденными дефектами перегородок. Разработанная U. Lillehei «проволока для миокарда» позволила осуществлять стимуляцию сердца и создавать послеоперационный ритм. В результате возникшего 3-часового сбоя электроснабжения в Миннеаполисе 31 октября 1957 г. произошел трагический случай смерти ребенка, которому была выполнена операция по ушиванию межжелудочковой перегородки и подшиванию «проволоки» для кардиостимуляции [15] (рис. 2).

На следующий день U. Lillehei попросил E. Bakken, инженера по больничному оборудованию, создать устройство с питанием от батарей, чтобы предотвратить будущие трагедии. E. Bakken модифицировал схему для электронного метронома, который он видел в апрельском выпуске Popular Electronics 1956 г.; в данной схеме использовался транзистор, который был изобретен в 1946 г. Он модифицировал двухтранзисторную цепь так, чтобы электрические импульсы шли в темпе сердца, а не подавались в хаотичном и динамичном порядке. Устройство было чрезвычайно успешным [15, 16].

В 1960 г. R. Elmqvist и A. Senning в Стокгольме установили первый полностью имплантируемый кардиостимулятор пациенту, у которого была диагностирована полная блокада сердца и частые синкопальные атаки Морганьи – Адамса – Стокса. Чтобы избежать критики журналистов, имплантацию проводили ночью. Данная операция длилась порядка 8 ч. После этого пациенту было выполнено более 20 смен кардиостимулятора [15, 16].

История развития кардиостимуляции в России

А.Н. Бакулев является одним из основоположников развития электрокардиостимуляции в СССР. В представленных научных отчетах

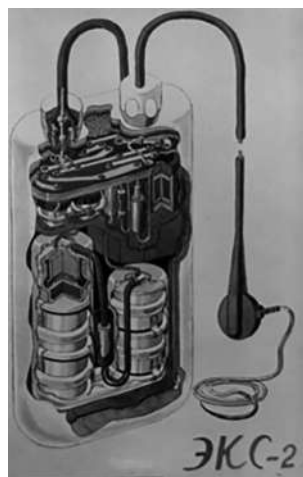


Рис. 3. Первая отечественная система «Москит» (ЭКС-2)

группы академика А.Н. Бакулева были упоминания о приоритетности работы в данном направлении [17].

В 1960 г. в СССР по просьбе А.Н. Бакулева ведущий конструктор бюро точного машиностроения А.Э. Нудельман начал первые разработки в данном направлении¹ [17].

Весной 1961 г. Ю. Бредикис в Каунасе первым в СССР провел временную миокардиальную стимуляцию с использованием наружного ЭКС, который весил 110 г. В декабре того же года А.Н. Бакулев имплантировал первый созданный в СССР стимулятор «Москит» (ЭКС-2), который был разработан А.Э. Нудельманом² [17] (рис. 3).

Показания и режимы кардиостимуляции

Современные электрокардиостимуляторы могут быть как постоянными (имплантированные ЭКС), так и временными (для осуществления наружной кардиостимуляции).

Под термином «постоянная кардиостимуляция» понимают длительное, как правило, пожизненное управление сердечной деятельностью с помощью имплантированного под кожу кардиостимулятора [18, 19]. Термином «временная кардиостимуляция» обозначают осуществление стимуляции целевой камеры сердца на протяжении ограниченного периода времени при развитии или риске терминального состояния в результате острой бради- и тахикардии.

¹ Пекарский В.В. Управление ритмом сердца с помощью электрической стимуляции парными, тройными и кардиосинхронизированными импульсами: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Томск; 1971.

² Там же.

В ответ на обнаруженный внутрисердечный импульс кардиостимулятор может подавлять или осуществлять стимуляцию целевой камеры сердца после заданной задержки при отсутствии собственного сердечного импульса. Эта функция регулируется запрограммированным режимом стимуляции. Режим стимуляции описывается 4- или 5-буквенным номенклатурным кодом, который был разработан Североамериканским обществом по стимуляции и электрофизиологии (NASPE) и Британской группой по стимуляции и электрофизиологии (BPEG). Он также известен как общий код NBG-NASPE/BPEG (рис. 4) [20].

Первая позиция определяет камеру, которая будет стимулирована (А – предсердие, V – желудочек, D – предсердия и желудочек). Вторая позиция указывает на камеру сердца, с которой происходит детекция сигнала. Третье положение обозначает реакцию устройства на обнаруженные события (I – отсутствие стимуляции, T – стимуляция или D для обеих функций). Четвертое положение указывает на наличие или отсутствие частотной адаптации (возможность повышения частоты стимуляции в ответ на увеличение физической нагрузки), а пятое положение (ныне не применяется) дает понять, используется ли многокамерная стимуляция в предсердии (A), желудочке (V) или в обоих структурах (D) [20, 21].

Что касается реакции устройства (позиция 3 в коде), запрет указывает на то, что обнаруженное событие запрещает кардиостимуляцию и инициирует новый временной цикл. Если временной цикл (продолжительность которого определяется запрограммированной частотой стимуляции) истечет до того, как будет обнаружено другое событие, то произойдет стимуляция. И наоборот, наличие собственных сокращений,

превышающих нижний порог частоты стимуляции, приведет к ингибированию стимуляции от кардиостимулятора. Это чаще всего используется с однокамерной стимуляцией, такой как VVI или VVIR (также называемая стимуляция по требованию). Отметим, что если внутренняя частота падает ниже запрограммированной, то происходит стимуляция целевой камеры сердца [22].

При триггерной кардиостимуляции обнаруженное событие может запускать кардиостимуляцию в той же камере или обычно после запрограммированной задержки в другой камере. Только триггерный режим используется редко. В двойном режиме (например, DDDR) используются как запуск, так и запрет [23].

В режиме DDD происходит считывание импульсов как в предсердиях, так и в желудочках. При отсутствии проведения импульса с предсердий (используется заданный интервал атрио-вентрикулярной задержки) происходит стимуляция желудочков.

Режим AAI предназначен для изолированной стимуляции правого предсердия. Основным показанием для данного режима стимуляции является дисфункция синусного узла с сохраненной предсердно-желудочковой проводимостью. Он позволяет избежать стимуляции желудочков и, при использовании однокамерного кардиостимулятора, устраняет необходимость в имплантации электрода сквозь трикуспидальный клапан [24].

В режиме VVI происходит стимуляция только желудочков. Данный режим используется у пациентов с постоянной формой фибрилляции предсердий, нечастыми паузами или брадикардией. Возможность отслеживания предсердных аритмий устранена.

Асинхронные режимы VOO/DOO запрограммированы так, чтобы избежать распознава-

I	II	III	IV	V
Камера/ стимуляция	Камера/ восприятие	Ответ/ восприятие	Модуляция частоты	Многокамерная модуляция
O	O	O	O	O
A	A	T	R	A
V	V	I		V
D = обе камеры (A + V)	D = обе камеры (A + V)	D = обе функции (T + I)		D = обе камеры (A + V)

Рис. 4. Единый международный код программирования электрокардиостимуляции (номенклатура NBG-NASPE/BPEG), 2001 г.

O – нет функции; A – предсердие; V – желудочек; T – триггер; I – подавление; R – модуляция частоты.

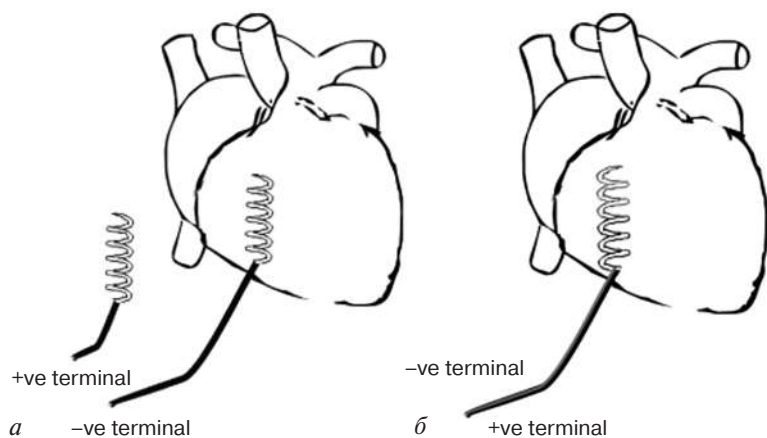


Рис. 5. Виды используемых электродов для выполнения эпикардиальной стимуляции:

a – два униполярных электрода создают биполярность с целью обеспечения стимуляции большого участка миокарда. Стимуляция происходит от отрицательно заряженного к положительно заряженному полюсу; *б* – биполярный электрод, дистальная часть которого используется как «-», а проксимальная – как «+»

ve terminal – ventricular electrode terminal, наконечник желудочкового электрода

ния электрической активности. Чаще всего данные режимы используются при коагуляции во время оперативных вмешательств или других электромагнитных помехах. Эти режимы предотвращают восприятие внешней электрической активности, которая может быть «ошибочно интерпретирована» как естественные сердечные события, препятствующие кардиостимуляции. В современной клинической практике эти режимы используются только временно, чтобы предотвратить чрезмерную чувствительность [25].

Виды временной кардиостимуляции

В настоящее время существуют следующие виды стимуляции: эпикардиальная, эндокардиальная, чреспищеводная, накожная и трансторакальная [26]. Однако наиболее часто в практической деятельности используются следующие два вида временной кардиостимуляции: эпикардиальная и эндокардиальная.

Эпикардиальная стимуляция

В большинстве случаев аритмии, возникающие после перенесенной операции на «открытом» сердце, могут привести к значительному повышению риска летального исхода. В частности, все пациенты подвержены повышенному риску развития нарушений ритма сердца в раннем послеоперационном периоде, что может усложнить выздоровление. Данный риск обуславливается продолжительностью хирургического вмешательства, длительностью выполнения кардиopleгии и искусственного кровообращения, метаболическими и электролитными нарушениями и другими факторами. Электроды для временной кардиостимуляции интраопера-

ционно, как обычно, вшиваются в миокард с целью обеспечения стабильной гемодинамики, а также в диагностических и профилактических целях (рис. 5) [27].

Следует отметить, что данный способ кардиостимуляции ограничен во времени из-за нарастания фиброза в области подшитого электрода. Происходит постепенное (обычно в течение 14 дней) нарастание порога стимуляции и снижение чувствительности восприятия собственных сокращений сердца. Помимо этого, невозможно до конца удалить данную систему, так как дистальная часть электродов зачастую остается фиксирована к миокарду [27, 28].

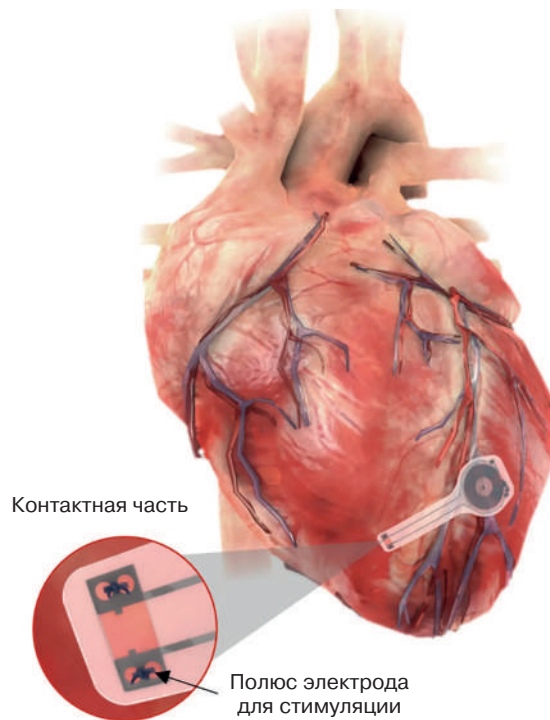


Рис. 6. Биоразлагаемый электрод для системы временной кардиостимуляции [27, 28]

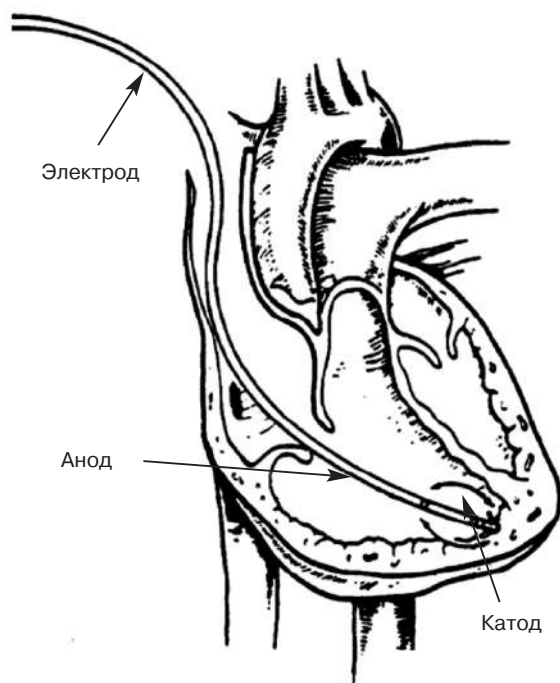


Рис. 7. Схематическое изображение позиционирования электрода для временной эндокардиальной стимуляции

Технический прогресс не стоит на месте. Ведется разработка биоразлагаемых временных электродов для эпикардиальной стимуляции сердца (рис. 6) [29, 30].

Эндокардиальная стимуляция

Данный вид стимуляции осуществляется с помощью электродов, введенных в правые камеры сердца через венозную систему. По общепринятой методике Сельдингера осуществляется пункция яремной, подключичной или бедренной вены с последующим доступом к сердцу, после чего проводится эндокардиальный электрод для временной стимуляции и позиционируется в верхушку правого желудочка (рис. 7) [31].

Основным преимуществом данной методики является возможность применения в различных условиях: в палатах интенсивной терапии, реанимационного отделения скорой медицинской помощи, стационара общего профиля, операционной, перевязочной и т. д. [32, 33].

Заключение

Крайне важно, чтобы данную методику могли использовать повсеместно, так как поддержание адекватной гемодинамики (предсердно-желудочковой стимуляции) играет важную роль в стабилизации пациентов и последующем эф-

фективном лечении. Современное понимание кардиостимуляции дает возможность разрабатывать электроды, позволяющие снизить риски осложнений, связанные с имплантацией и позиционированием самих электродов, а также осуществлением стимуляции у пациентов после кардиохирургических вмешательств.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список/References

1. Verma N., Knight B.P. Update in cardiac pacing. *Arrhythm. Electrophysiol. Rev.* 2019; 8 (3): 228–33. DOI: 10.15420/aer.2019.15.3
2. Carrión-Camacho M.R., Marín-León I., Molina-Doñoro J.M., González-López J.R. Safety of permanent pacemaker implantation: A prospective study. *J. Clin. Med.* 2019; 8 (1): 35. DOI: 10.3390/jcm8010035
3. Бабский Е.Б., Ульянинский Л.С. Электрическая стимуляция сердца. М.: Медицина; 1961. Babsky E.B., Ulyaninsky L.S. Electrical stimulation of the heart. Moscow; 1961 (in Russ.).
4. Бокерия Л.А. Тахикардии: диагностика и хирургическое лечение. Л.: Медицина; 1989. Bockeria L.A. Tachyarrhythmias: diagnosis and surgical treatment. Leningrad; 1989 (in Russ.).
5. Бредикис Ю.Ю. Электрическая стимуляция сердца при тахикардиях и тахи-систолиях. М.: Медицина; 1976. Bredikis Yu.Yu. Electrical stimulation of the heart during tachycardia and tachysystoles. Moscow; 1976 (in Russ.).
6. Бредикис Ю.Ю., Думчюс А.С. Эндокардиальная электро-стимуляция сердца. Вильнюс: Москлас; 1979. Bredikis Yu.Yu., Dumchyus A.S. Endocardial electrical stimulation of the heart. Vilnius; 1979 (in Russ.).
7. Бредикис Ю.Ю. У истоков электрокардиостимуляции в стране. *Вестник аритмологии.* 1993; 1: 7–14. Bredikis Yu.Yu. At the origins of electrocardiostimulation in the country. *Bulletin of Arrhythmology.* 1993; 1: 7–14 (in Russ.).
8. Григоров С.С., Вотчал Ф.Б., Костылева О.В. Электрокардиограмма при искусственном водителе ритма сердца. М.: Медицина; 1990. Grigorov S.S., Votchal F.B., Kostyleva O.V. Electrocardiogram with artificial cardiac pacemaker. Moscow; 1990 (in Russ.).
9. McWilliam J. Electrical stimulation of the heart in man. *Br. Med. J.* 1889; 4: 348–50.
10. Bartecchi C.E. Temporary cardiac pacing. Precept Press. Postgraduate Med; 1987.
11. Floresco N. Rappel a la vie par l'excitation directe du coeur. *J. Physiol. Path. General.* 1905; 7: 785–6.
12. Furman S., Jeffrey K., Szarka R. The mysterious fate of human's pacemaker. *PACE.* 2001; 24 (6): 1126–337.
13. Mond H.G., Sloman G. Letter: Cardiac pacemaking survey – Australia, 1975. *Med. J. Aust.* 1976; 1 (16): 592.
14. Schramel R.J., Hyman A.L. The application of electronic pacemakers to the treatment of acute and chronic heart block. *J. State Med. Soc.* 1969; 121 (4): 122–32.
15. Aquilina O. A brief history of cardiac pacing. *Images Paediatr. Cardiol.* 2006; 8 (2): 17.
16. Furman S., Robinson G. The use of an intracardiac pacemaker in the correction of total heart block. *Surg. Forum.* 1958; 9 (1): 245.
17. Ревишвили А.Ш. Слово об учителе. *Вестник аритмологии.* 2009; 57: 5–23.

- Revishvili A.S. Address about the teacher. *Bulletin of Arrhythmology*. 2009; 57: 5–23 (in Russ.).
18. Lagergren H. How it happened: my recollection of early pacing. *Pace*. 1978; 1 (1): 140–3.
 19. Schwedel J.B., Furman S., Escher D.J.W. Use of an intracardiac pacemaker in the treatment of Stokes–Adams seizures. *Prog. Cardiovasc Dis*. 1960; 3 (2): 170–7.
 20. Thalen H.J.Th. History of cardiac pacing. In: Thalen H., Meere C.C. (eds). *Fundamentals of cardiac pacing*. The Hague: Martinus Nijhoff Publishers; 1979: 14–8.
 21. Zoll P.M. Resuscitation of the heart in ventricular standstill by external electric stimulation. *N. Eng. J. Med*. 1952; 247 (8): 768–71.
 22. Thalen H.J. The European Working Group on Cardiac Pacing. *G. Ital. Cardiol*. 1978; 8 (Suppl. 1): 207–8. PMID: 754953.
 23. Thalen H.J. The choice of the pacemaker-electrode combination. *G. Ital. Cardiol*. 1978; 8 (Suppl. 1): 81–6. PMID: 754987.
 24. Nelson G.D. A brief history of cardiac pacing. *Tex. Heart Inst. J*. 1993; 20 (1): 12–8. PMID: 8508058; PMCID: PMC325046.
 25. Mulpuru S.K., Madhavan M., McLeod C.J., Cha Y.M., Friedman P.A. Cardiac pacemakers: function, troubleshooting, and management: Part 1 of a 2–Part Series. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2017; 69 (2): 189–210. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.10.061
 26. Parkash R., Sapp J., Gardner M., Gray C., Abdelwahab A., Cox J. Use of administrative data to monitor cardiac implantable electronic device complications. *Can. J. Cardiol*. 2019; 35 (1): 100–3. DOI: 10.1016/j.cjca.2018.10.018
 27. Proclemer A., Zecchin M., D'Onofrio A., Boriani G., Facchin D., Rebellato L. et al. Registro Italiano Pacemaker e Defibrillatori – Bollettino Periodico 2016. Associazione Italiana di Aritmologia e Cardiolazione [The Pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator registry of the Italian Association of Arrhythmology and Cardiac Pacing – Annual report 2016. *G. Ital. Cardiol*. 2018; 19 (2): 119–31. DOI: 10.1714/2868.28944
 28. El-Chami M.F., Merchant F.M., Leon A.R. Leadless Pacemakers. *Am. J. Cardiol*. 2017; 119 (1): 145–8. DOI: 10.1016/j.amjcard.2016.10.012
 29. Hayes D.L., Asirvatham S.J., Friedman P.A. (Eds.) *Cardiac pacing, defibrillation and resynchronization: a clinical approach*. John Wiley & Sons; 2021.
 30. Lee J.Z., Mulpuru S.K., Shen W.K. Leadless pacemaker: Performance and complications. *Trends Cardiovasc. Med*. 2018; 28 (2): 130–41. DOI: 10.1016/j.tcm.2017.08.001
 31. Kumar V., Sethi P., Yee J., Pham R., Pham S. Leadless pacemakers: A review. *South Dakota Med*. 2019; 72 (2): 60–2.
 32. Boink G.J., Christoffels V.M., Robinson R.B., Tan H.L. The past, present, and future of pacemaker therapies. *Trends Cardiovasc. Med*. 2015; 25 (8): 661–73. DOI: 10.1016/j.tcm.2015.02.005
 33. Ploux S., Strik M., Varma N., Eschaliel R., Bordachar P. Remote monitoring of pacemakers. *Arch. Cardiovasc. Dis*. 2021; 114 (8–9): 588–97. DOI: 10.1016/j.acvd.2021.06.007

Поступила 12.10.2023

Принята к печати 17.11.2023