

ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРЫ

Супрунов В.В.¹, Захарченко А.А.¹ 1.

Кубанский государственный университет «КубГУ», e-mail: ya.suprunov2012@yandex.ru

Электрокардиостимулятор — медицинский прибор, предназначенный для воздействия на ритм сердца. Основной задачей кардиостимулятора является поддержание или навязывание частоты сердечных сокращений пациенту, у которого или сердце бьётся недостаточно часто, или имеется электрофизиологическое разобщение между предсердиями и желудочками. Также имеются специальные наружные кардиостимуляторы для проведения нагрузочных функциональных проб.

Наружная кардиостимуляция может быть использована для первичной стабилизации больного, но она не исключает имплантацию постоянного кардиостимулятора. Методика заключается в размещении двух пластин стимулятора на поверхности грудной клетки. Один из них обычно располагается на верхней части грудины, второй — слева сзади практически на уровне последних ребер. При прохождении электрического разряда между двумя пластинами он вызывает сокращение всех мышц, расположенных на его пути, в том числе сердца и мышц грудной стенки.

Ключевые слова: электрокардиостимулятор, ритм сердца, управляемые кардиостимуляторы, неуправляемые кардиостимуляторы, имплантируемые стимуляторы.

AN ELECTROCARDIOSTIMULATOR

Suprunov V.V.¹ Zakharchenko A.A.¹

Kuban State University "Kubgu", e-mail: ya.suprunov2012@yandex.ru

An electrocardiostimulator is a medical device designed to affect the rhythm of the heart. The main task of a pacemaker is to maintain or impose a heart rate on a patient whose heart either does not beat often enough, or there is an electrophysiological disconnection between the atria and ventricles. There are also special external pacemakers for carrying out load functional tests. External pacing can be used for primary stabilization of the patient, but it does not exclude the implantation of a permanent pacemaker. The technique consists in placing two plates of the stimulator on the surface of the chest. One of them is usually located on the upper part of the sternum, the second is on the left back almost at the level of the last ribs. When an electric discharge passes between two plates, it causes a contraction of all the muscles located in its path, including the heart and chest wall muscles.

Keywords: pacemaker, heart rhythm, controlled pacemakers, uncontrolled pacemakers, implantable stimulators.

Электрокардиостимуляторы (ЭКС) можно подразделить на три группы: электрокардиостимуляторы с собственным источником энергии; электрокардиостимуляторы с высокочастотной передачей энергии; электрокардиостимуляторы с индуктивной передачей импульсов стимуляции.

Электрокардиостимулятор с собственным источником энергии представляют собой миниатюрный генератор импульсов, смонтированный в общем корпусе с источником питания, который имплантируется под кожу пациента.

Электрокардиостимуляторы с высокочастотной передачей энергии характеризуются тем, что имплантируется только приемник, который возбуждается внешним генератором. При их использовании можно обеспечить высокую надежность, исключить операцию замены источника питания, но требуется носить внешнее устройство и опасаться влияния высокочастотных помех. Пока их применение ограничено.

В электрокардиостимуляторах с индуктивной передачей импульсов импульсы передаются за счет индуктивной связи между внешним устройством и имплантируемой в тело катушкой индуктивности. Применяются редко при простых направляемых системах обеспечения электростимуляции.

ЭКС бывают *неуправляемые* (асинхронные) и *управляемые*.

Для управления чаще всего используются проявления желудочковой активности сердца.

Известны реализации разных электрокардиостимуляторов, например:

асинхронные ЭКС с постоянной частотой следования импульсов;

R-запрещающие ЭКС (деманд ЭКС);

R-синхронизированные ЭКС (стендбай ЭКС);

P-синхронизированные ЭКС;

бифокальный ЭКС (с предсердно-желудочковой последовательностью импульсов);

орторитмический ЭКС.

В *асинхронных* ЭКС имеется автономный генератор стимулирующих импульсов. Каждый импульс вызывает деполяризацию мышечных волокон желудочков и их сокращение. Возбуждение предсердий и желудочков происходит асинхронно.

В *R-запрещающих* ЭКС происходит слежение за длительностью интервала между соседними R-зубцами электрокардиограммы. Если промежуток времени (T_2) между соседними зубцами (RR) (рис. 1,а) превысит заданное значение, то в ЭКС генерируется стимулирующий импульс U_c (рис. 1,б). Если же раньше произойдет спонтанная деполяризация T_1 (рис. 1,а), то ЭКС заперт и импульс не генерируется. В таком ЭКС гарантируется, что частота возбуждения желудочков не меньше заданного значения f , где $f = 1/T$.

R-запрещающий ЭКС позволяет компенсировать утраченную физиологическую функцию атриовентрикулярного узла. Импульс воздействует непосредственно на желудочки.

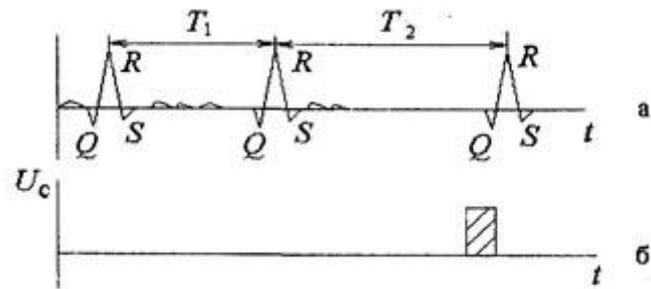


Рис. 1. Принцип действия R -запрещающего ЭКС: а - электрокардиограмма; б - электрический импульс стимуляции

R-синхронизированный ЭКС генерирует импульсы установленной длительности. Причем генератор запускается комплексом QRS-сигнала, регистрируемого при электрокардиографии (рис.2, а). Импульс попадает по времени на начальный участок абсолютного рефрактерного периода (АРП) деполяризации и не вызывает механического сокращения мышцы. Если частота спонтанной активности снизится и в течение времени T (рис. 2, б) комплекс QRS не появится, то через этот промежуток времени автоматически генерируется импульс, который и создает возбуждение клеток. Если наоборот, интервал между импульсами R окажется короче, чем установленный у ЭКС рефрактерный период, то он будет запускаться каждым вторым, третьим или последующим зубцом R.

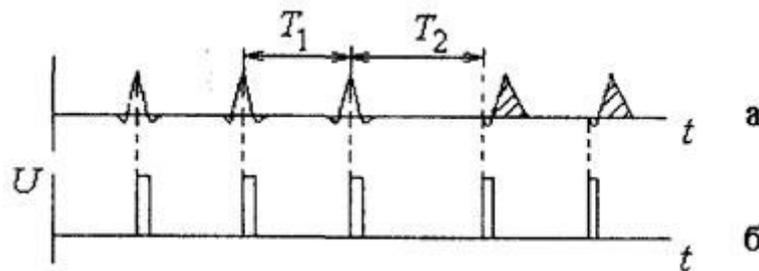


Рис. 2. Принцип действия R - синхронизированного ЭКС: а - электрокардиограмма; б - электрические импульсы стимуляции

Благодаря такой нечувствительности прибора в течение определенного времени к запускающему сигналу ограничивается максимальная частота, с которой могут вырабатываться импульсы стимуляции.

R-синхронизированный ЭКС позволяет подменить собой проводниковую систему сердца. Он функционирует параллельно с поврежденной проводниковой системой. В нем, с помощью одного электрода, расположенного в области предсердий, отводятся потенциалы зубцов R. Этот зубец характеризует проявление сокращения предсердий. Он с определенной задержкой запускает генератор импульсов, который с помощью другого электрода стимулирует желудочки. В итоге их работа становится синхронной. Если частота возбуждения предсердий

снижается и становится меньшей определенного значения, то ЭКС продолжает стимулировать желудочки асинхронными импульсами. В случае слишком большой частоты возбуждения предсердий у ЭКС есть зоны временной нечувствительности. В эти промежутки сигналы предсердий не могут запустить ЭКС. Желудочки стимулируются с безопасной частотой, равной, например, половине частоты возбуждения предсердий.

Бифокальный ЭКС - содержит два R-запрещающих ЭКС, управляемых активностью желудочков. Одно устройство стимулирует предсердия, другое - желудочки. Если интервал *RR* длиннее, чем задано, то сначала стимулируется предсердие, а по истечении определенного времени задержки - желудочки. Если спонтанный интервал *RR* имеет промежуточную величину, то стимулируются только предсердия. Если же он короче, чем интервал запираания предсердного устройства, то ни одно из устройств не вырабатывает стимулирующих импульсов.

Ортритмический ЭКС препятствует развитию тахикардии и снижает частоту сердцебиений. В нем определяется частота спонтанного ритма и при обнаружении тахикардии начинается генерация импульсов несколько большей частоты, чем спонтанное сердцебиение. При этом ЭКС берет на себя управление желудочковыми сокращениями. Он навязывает желудочку свою частоту, а затем начинает постепенно ее снижать, приближаясь к нормальной. Если же это не получилось, то повышение частоты и ее снижение повторяются.

Очевидно, что по мере развития технических средств, возможности построения ЭКС, реализующих более сложные программы стимуляции, будут увеличиваться.

Имплантируемый ЭКС присоединяется к биологическому объекту своим выходным электродом, а в случае управляемых приборов - и своим входным электродом. Выходные импульсы прибора превышают диастолический порог возбуждения при любых условиях. В случае если ЭКС управляемый, электронная схема выполняется так, чтобы спонтанная электрическая сердечная активность надежно отличалась от других сигналов, поступающих на входной электрод.

В настоящее время значение напряжения стимулирующего импульса ЭКС находится в пределах 4-6 В, при значении электрического тока в импульсе не более 10 мА.

Длительность их порядка 0,5-1 мс. Обычно электронной схемой генерируется импульс прямоугольной формы. Импульс тока может, быть однополярным (однофазным) или двухполярным (двухфазным). В случае однополярного импульса ток стимуляции протекает только в одну сторону на протяжении всего времени действия импульса. Недостатком однополярного тока является ускоренное разрушение электродов вследствие электрохимических воздействий.

При двухполярном импульсе ток во время действия импульса протекает в одну сторону, а в паузах между ними в другую. Он формируется в результате зарядки и разрядки конденсатора установленного на выходе электронного генератора. В этом случае постоянная составляющая электрического тока через электрод равна нулю и меньше вероятность электрохимического повреждения электрода.

Оптимальной считается выходной импульс, значение которого в два раза больше порогового. В некоторых конструкциях предусматривается возможность изменения выходных параметров. Так, например, внешний постоянный магнит может заставить поворачиваться магниты в ЭКС, которые в свою очередь вращают ручку потенциометра, который изменяет значение выходного импульса. С развитием микроэлектроники появилась возможность цифрового управления уровнем выходного сигнала с помощью импульсов, передаваемых индукционным способом.

Список литературы

1. Абдрахманов А. С. и др. Имплантация безэлектродного электрокардиостимулятора после удаления после удаления инфицированных электродов //Вестник аритмологии. – 2018. – №. 91. – С. 57-59.
2. Бокерия Л. А., Нуржанов Б. К. Имплантация электрода для электрокардиостимуляции вены сердца как альтернативный метод электрокардиостимуляции //Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2018. – Т. 60. – №. 3. – С. 177-184.
3. Бредикис Ю.Ю. Электрическая стимуляция сердца в клинической практике. - Москва : Медицина, 1967. - 180 с.
4. Григоров С. С., Вотчал Ф. Б., Костылева О. В. 20-летний опыт применения постоянной эндокардиальной стимуляции сердца //Кардиология. – 1987. – Т. 11. – С. 26-29.
5. Григоров С. С., Вотчал Ф. Б., Костылева О. В. Физиологическая электростимуляция сердца (применение различных типов имплантируемых стимуляторов, показания и противопоказания) //Кардиология. – 1986. – Т. 4. – С. 99-102.
6. Колпаков Е. В. История развития производства имплантируемых электрокардиостимуляторов - планы и реальность // Медицинская техника : двухмесячный научно-технический журнал. - 2002. - N 6. - С. 8-11.