

## Основные этапы развития Электрокардиостимулятора (ЭКС)

Ассистент кафедры  
госпитальной терапии с  
курсом фармакологии – к.м.н.,  
Уразова Г.Е.

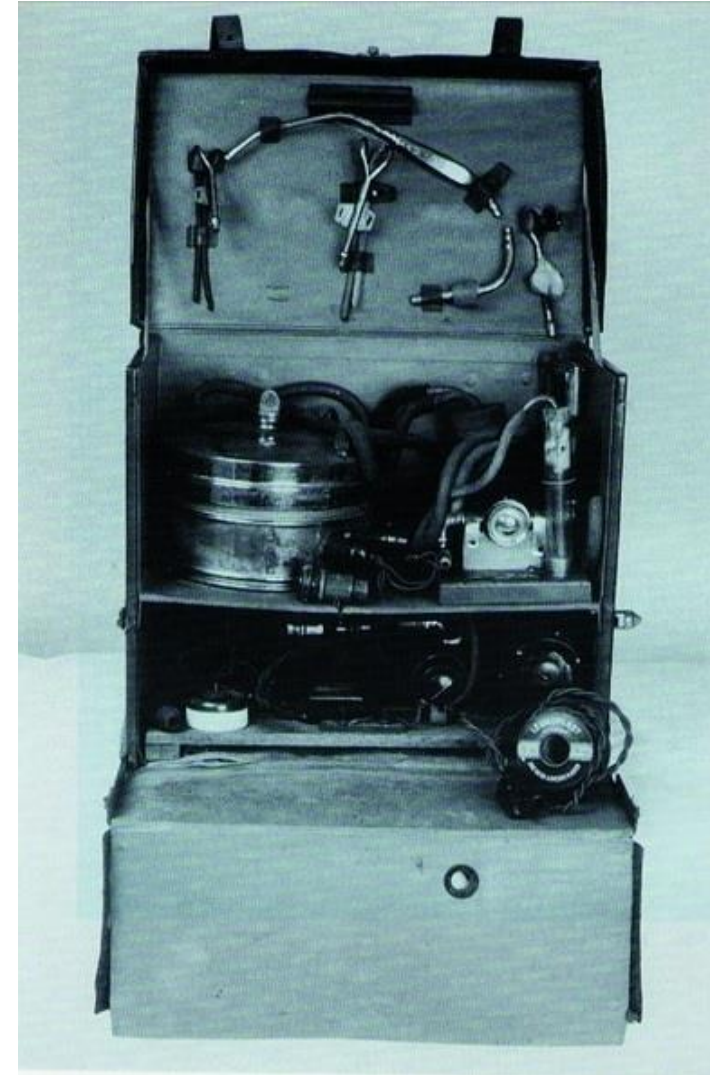


## Изобретение первого кардиостимулятора – Марк Лидвилл

Сегодня мы поговорим об истории создания кардиостимуляторов, от громоздкого аппарата Лидвилла до современных миниатюрных имплантатов.

Впервые метод кардиостимуляции применил врач-анестезиолог Марк Лидвилл (Mark Lidwill). На заседании Австралийско-азиатского конгресса в 1929 году в Австралии он описал электрический аппарат, который приводит в действие человеческое сердце. Этот прибор наносил электрические разряды различной мощности и частоты; монополярный электрод вводился прямо в сердце, а другой, индифферентный, прикладывался непосредственно к коже после смачивания в физрастворе.

Аппарат Лидвила

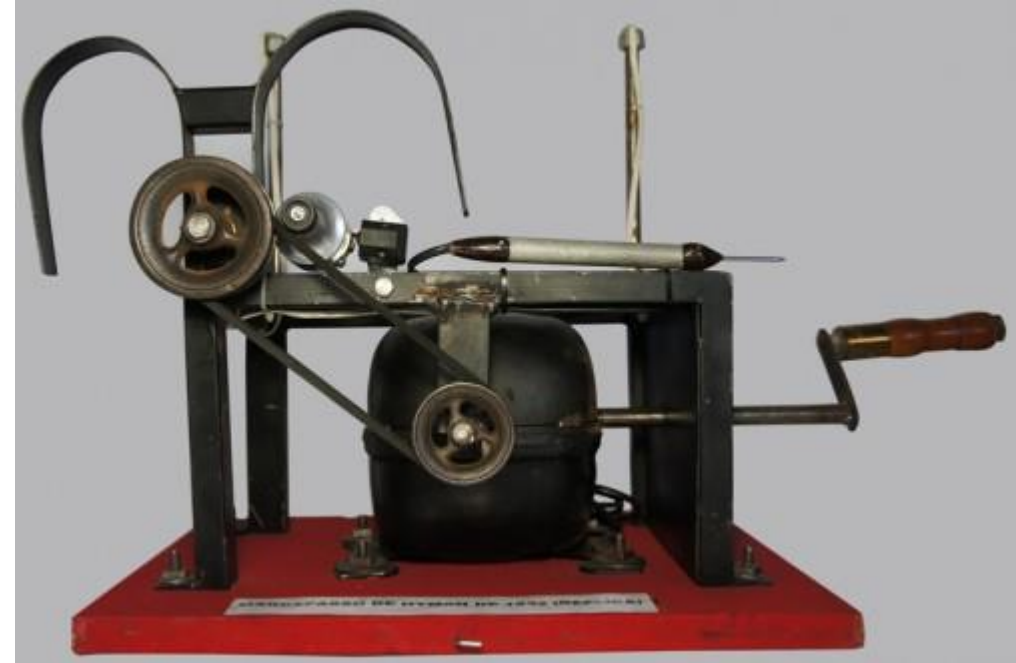


Врач рассказал всем присутствующим, что используя более примитивную модель этого оборудования в 1925 и 1926 годах, он пытался оживить мертворожденных младенцев. Один из них действительно ожил и был полностью здоров. Он отметил, что этот ребенок не реагировал на другие виды лечения вроде инъекции адреналина, которые были в ходу в те дни. Тогда Лидвилл вставил иглу электрода сначала в правое предсердие, а затем, когда предсердная стимуляция не удалась, – в правый желудочек. Десятиминутная кардиостимуляция дала свой эффект, и когда Лидвилл отключил кардиостимулятор, сердце заработало само.

Этот пациент доктора Лидвилла считается первым человеком, который успешно пережил кардиостимуляцию, а аппарат Лидвилла – первым искусственным кардиостимулятором. Согласно плану доктора, машина предназначалась для экстренных случаев, когда у пациента под общим наркозом во время операции останавливалось сердце.

## Искусственный кардиостимулятор Альберта Хаймана

Хайман пришел к мысли о прямой стимуляции миокарда электрическими импульсами, проходящими через игольчатые электроды, с повторной стимуляцией без какого-либо риска. Тогда Хайман создал в 1932 году кардиостимулятор с инновационной для того времени конструкцией. Он состоял из магнитоэлектрического генератора, который требовался для получения постоянного тока, запитывающего электроды. Два больших U-образных магнита подавали необходимый магнитный поток, чтобы индуцировать ток в генераторе. Прерывающий диск был использован для контроля длительности электрического импульса, подаваемого на электроды. Такой портативный аппарат весил 7,2 килограмма.



Кардиостимулятор Хаймана



## Кардиостимулятор Джона Хоппса

Спустя несколько лет после Второй мировой войны интерес к искусственным кардиостимуляторам в кардиологической практике был реанимирован благодаря усилиям Каллагана, Бигелоу и Хоппса из Торонтского в Канаде. В ходе своих исследований общей гипотермии они заметили, что при переохлаждении организма велика вероятность остановки сердца. Контроль сердечного ритма имеет решающее значение для выживания в период согревания, когда ускоряется метаболизм в тканях организма, и для этих целей инженер Джон Хоппс из Национального научно-исследовательского совета Канады создал искусственный кардиостимулятор, который может производить импульсы нужного ритма через электроды после проведения торакотомии. Аппарат успешно прошел испытания на четырех собаках, которые пострадали от остановки сердца из-за переохлаждения.



Кардиостимулятор Джона Хоппса

После успешных испытаний Хоппс понял, что такой кардиостимулятор можно использовать одинаково эффективно для контроля пульса при нормальной температуре тела. Устройство успешно контролировало частоту сердечных сокращений у животных при нормальной температуре, но потерпело неудачу при тестах на людях. У пациентов внезапно ухудшилось самочувствие из-за нарушения проведения электрического импульса из предсердий в желудочки после инфаркта миокарда. Вероятнее всего, причина провала кроется в том, что кардиостимулятор был однокамерным: стимулировались только предсердия, а не желудочки.

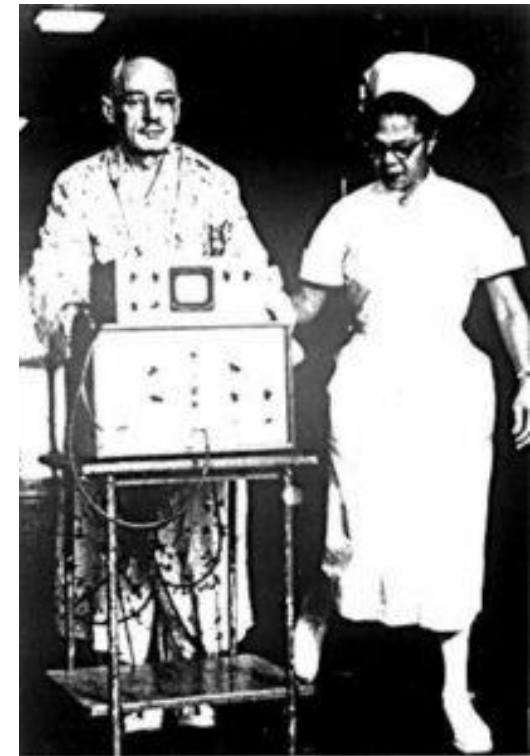
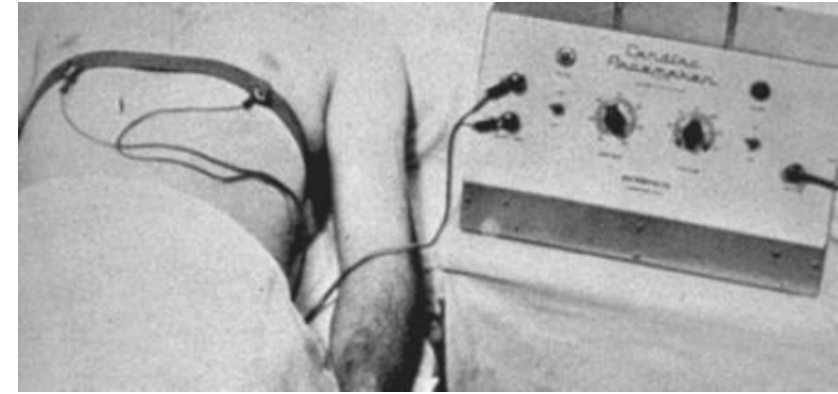
## Кардиостимулятор Золла и первое клиническое применение

Первое клиническое применение электрокардиостимулятора произошло в 1952 году. Это случилось во время приема 75-летнего мужчины, когда тот поступил в больницу Бет-Изрейел. После двух обмороков, вызванных резким снижением сердечного выброса и ишемией мозга из-за нарушения сердечного ритма, он страдал из-за блокады сердца уже два года. В больнице его состояние ухудшалось – он продолжал испытывать приступы желудочковой асистолии, несмотря на 34 внутрисердечные инъекции адреналина в течение 4 часов. Доктор Пол Морис Зол, лечащий врач, применил внешнюю электростимуляцию к своему пациенту и успешно стимулировал работу его сердца в течение следующих 25 минут. К сожалению, у пациента из-за множественных внутрисердечных инъекций развилась тампонада сердца и реанимация не помогла.



Кардиостимулятор Золла

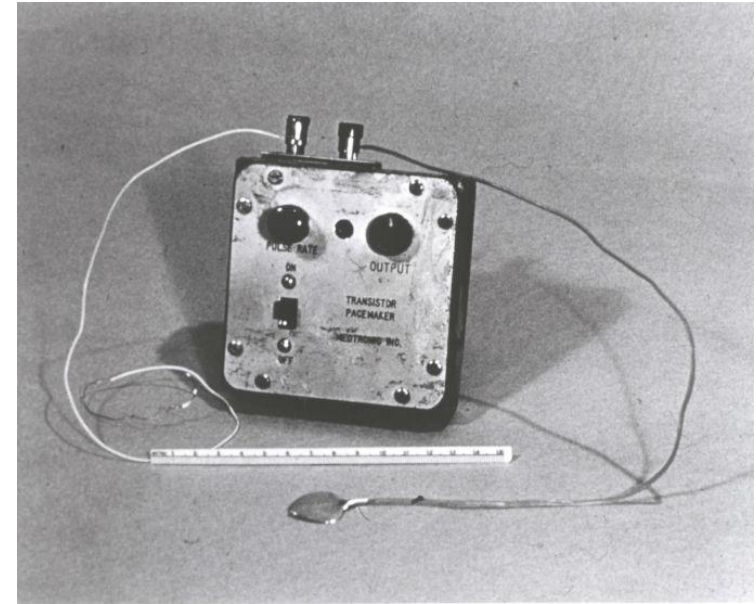
Впоследствии Золлу удалось успешно наладить сердечный ритм другого 65-летнего мужчины с похожими приступами асистолии желудочков благодаря пятидневной процедуре внешней электростимуляции. В конце пятого дня терапии пациент достиг ускоренного идиовентрикулярного ритма в 44 удара в минуту, и его выписали. В своей работе, опубликованной в 1952 году, Золл описал сердечную реанимацию с помощью электродов на голой груди с импульсами 2 мс при напряжении в диапазоне 100-150 вольт на груди до 60 ударов в минуту. Это первоначальное клиническое описание послужило толчком для всесторонней оценки кардиостимуляции. Медики и общественность признали тот факт, что победить болезни сердца можно с помощью электрокардиостимуляции. Работа Золла послужила основой для будущих исследований и разработок.





## Метод Лиллехая

В середине 50-х, когда врачи впервые начали проводить операции на открытом сердце, послеоперационная блокада сердца оказалась особенно серьезной проблемой для кардиохирургов. Внешнюю электрическую стимуляцию нельзя было использовать для пациентов с этим недугом, поскольку нужна непрерывная стимуляция в течение долгого времени. Кардиохирург Кларенс Уолтон Лиллехай и его коллеги, работающие в медицинской школе Миннесотского университета, начали разрабатывать более совершенную систему. Им помогали инженеры из компании Medtronic, которая впоследствии стала одной из известнейших компаний в мире в области создания технологий кардиостимуляции.



Транзисторный электрокардиостимулятор  
Лиллехая

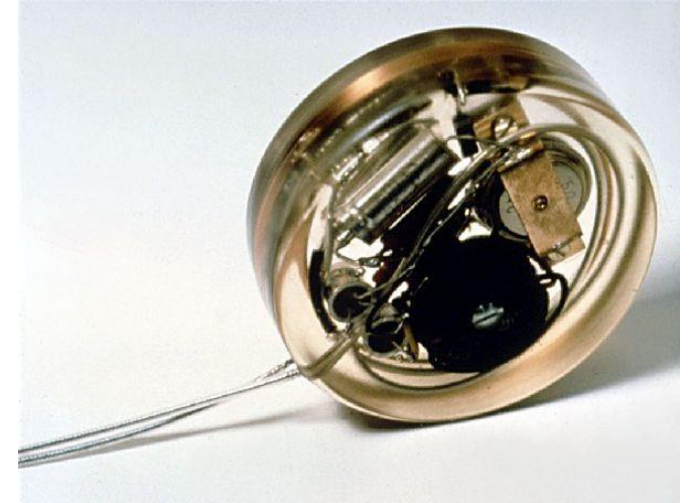
К 1957 году исследователи обнаружили, что сочетанием генератора импульсов с проводами электродов, прикрепленных непосредственно к сердцу собаки, можно контролировать частоту сердечных сокращений. Так Лиллехай и его команда представили первый в мире транзисторный электрокардиостимулятор. 30 января 1957 года Лиллехай использовал эту технику, чтобы восстановить ритм сердца ребенка с блокадой сердца. Он перенес операцию по устранению дефекта межжелудочковой перегородки. Сердце было активировано с помощью импульсов длительностью 2 мс при напряжении от 1,5 до 4,5 вольт, что значительно меньше, чем в описанных Золлом экспериментах. При этом метод оказался эффективным и хорошо переносился пациентами.

Первое здание Медтроник



## Оке Сеннинг и Руне Элмквист – рождение имплантируемых кардиостимуляторов

Метод кардиостимуляции, разработанный Лиллехаем, не мог поддерживаться долго из-за риска инфекции, вызывал дискомфорт при ношении кардиостимулятора и спустя несколько месяцев становился неэффективным. Единственный способ предотвратить заражение – вывести провода из организма через кожные надрезы – стал толчком к развитию имплантируемых кардиостимуляторов. Первые попытки предприняли хирург Оке Сеннинг и инженер Руне Элмквист в Каролинской университетской больнице в Швеции.



Первый имплантируемый кардиостимулятор

Первый электрокардиостимулятор имплантировали 8 октября 1958 года 43-летнему Арне Ларссону с полной блокадой сердца и синдромом Морганьи-Адамса-Стокса. Операция прошла успешно, но через три часа после имплантации кардиостимулятор сломался. Аналогичный блок имплантировали на следующий день, но это не сработало. Наконец, было принято решение отказаться от электрокардиостимуляции для этого пациента, пока не будут разработаны более успешные аналоги. К счастью, приступы Морганьи-Адамса-Стокса больше не беспокоили пациента в течение следующих трех лет, пока он не получил второй имплантат. В конце концов он перенес 24 хирургических вмешательства и прожил до 2001 года, когда он умер в возрасте 86 лет от неродственной злокачественной опухоли.

Эти попытки создать имплантируемый кардиостимулятор сыграли значительную роль в создании устройств в промышленных масштабах по разумной цене. Разработки в этой области хорошо финансировались. Первое производство кардиостимуляторов началось в 1970.



Арне Ларссон с кардиостимулятором

## Апгрейд имплантируемых кардиостимуляторов

В самом начале 70-х производители прочно задумались об использовании ядерной энергии для питания кардиостимуляторов. В устройствах использовалась энергия распада плутония-238, которая преобразовывалась в электрическую энергию. Несмотря на свой поистине длительный срок службы от 10 до 20 лет и 99% надежность, воздействие радиации перекрывало все преимущества. Ученые не рекомендовали применять ядерную энергию для питания кардиостимуляторов, и в конечном счете такие устройства не получили широкого признания.





В период взрывного роста технологических инноваций 1973-1980 гг кардиостимуляторы, которые производили в 1970 году, быстро устарели. Производители сосредоточили свой интерес на улучшении источника питания, используемого в электрокардиостимуляторах. Блок питания имеет важное значение, поскольку он определяет долговечность и надежность в сочетании с типом батареи, которая будет использоваться в дальнейшем, вес и объем кардиостимулятора. После нескольких неудачных экспериментов с никель-кадмиевыми и ртутно-цинковыми батареями литиевая батарея была принята в качестве относительно долговечного источника питания.

Помимо обеспечения длительности срока службы кардиостимулятора, литий-ионные батареи позволили загерметизировать импульсные генераторы. Этот источник питания развивался в течение последующих лет в качестве предпочтительного альтернативного аккумулятора для имплантируемых кардиостимуляторов.

## Программируемые и интегральные схемы

Первые попытки в направлении программируемости, то есть модификации имплантированного стимулятора работать неинвазивно были сделаны еще в 1931 году. The General Electric Company изготовила кардиостимулятор, скорость импульса которого изменял бистабильный магнитный переключатель. Пациент мог выбирать между скоростью 70 ударов в минуту в состоянии покоя или 100 ударов в минуту во время физической активности, изменяя переключатель внешним магнитом.

После этого попытки программирования электрокардиостимулятора не предпринимались вплоть до 1972 года, когда Medtronic представила программируемое устройство с зубчатыми колесами, прикрепленными к малым стержневым магнитам внутри имплантируемого генератора импульсов.

В 1973 году компания представила еще один кардиостимулятор, где скорость можно менять путем радиочастотных сигналов, передаваемых через программатор. Вскоре после этого программируемость стала неотъемлемым свойством имплантируемых кардиостимуляторов.

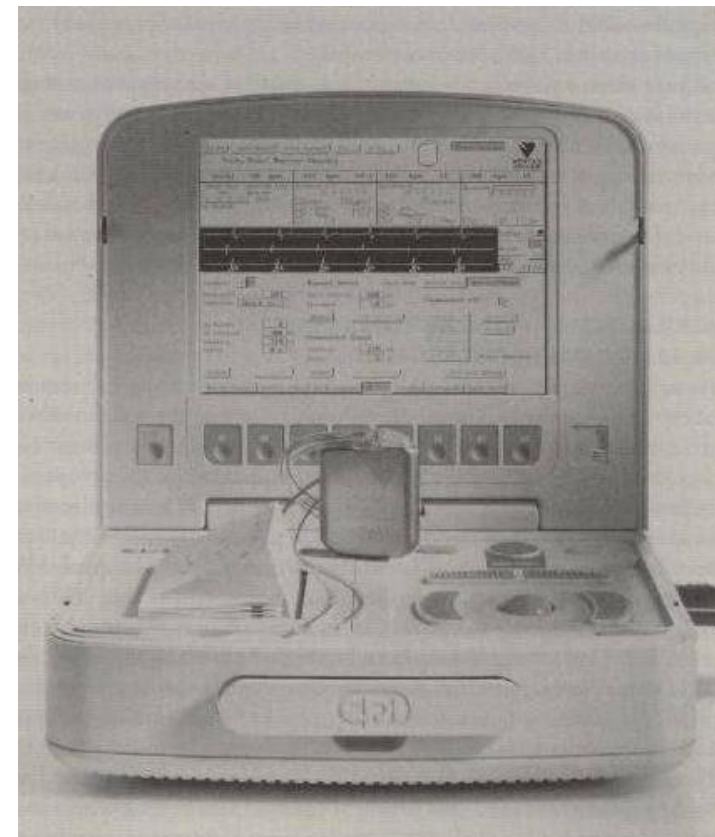
## Двухкамерные кардиостимуляторы

К этому времени почти все полагались на кардиостимуляторы гибридных интегральных схем и литиевых батарей, которые будут надежно управлять сердцебиением, по крайней мере, 8 лет. Начиная с 1983 года некоторые производители кардиостимуляторов в США начали конкурировать на новой технологической арене двухкамерной кардиостимуляции. В отличие от однокамерных кардиостимуляторов, двухкамерные стимулируют одновременно две зоны: желудочки и предсердия. Производители и врачи утверждали, что двухкамерные кардиостимуляторы обеспечивают более эффективную координацию между сокращениями предсердий и желудочков и более тесную эмуляцию с природным сердцебиением и дает заметный физиологический эффект. Несмотря на все преимущества, врачам было трудно разобраться в новых устройствах и привыкнуть к новым показателям: частоте пульса, амплитуде и длительности. Двухкамерные кардиостимуляторы были дороже однокамерных, которым в 1989 году еще принадлежало 75% рынка кардиостимуляторов в США.

## Бум имплантации кардиостимуляторов

Точное число операций по имплантации кардиостимуляторов в этом десятилетии назвать сложно: в одном только 1997 году диапазон варьируется от 192 тысяч до 317 тысяч имплантаций.

Буйный рост объясняется несколькими причинами. Во-первых, в период между 1990-1999 гг выросло число пожилых людей с высоким риском сердечной аритмии. Во-вторых, кардиологи научились быстро и точно определять первые симптомы брадикардии и ЭКГ и могли вовремя назначить операцию. И, наконец, новый инвазивный метод радиочастотной катетерной аблации незначительно увеличил количество имплантаций. В этот период врачи уже однозначно воспринимали электрокардиостимулятор как необходимое устройство для лечения болезней сердца.



## Настоящее время

Сегодня кардиостимулятор представляет собой сложный электронный прибор, который состоит из трех основных компонентов: титановой оболочки, электронной схемы и литий-ионного аккумулятора, который прослужит от 5 до 10 лет. Современные технологии позволяют создавать электрокардиостимуляторы размером с мужские наручные часы. Имплантация кардиостимулятора происходит в несколько этапов. Сначала кардиохирург делает разрез и выделяет одну из вен или артерий — чаще всего это латеральная вена руки или подключичная артерия. Затем через вену вводят один или несколько электродов в сердце и проверяют правильность расположения электродов с помощью наружного блока программно-аппаратного комплекса. Наконец, само устройство устанавливают в подкожный карман, подключают к электродам, и затем зашивают разрез.



Современный кардиостимулятор



## Какие бывают электрокардиостимуляторы?

Основное различие между разными видами кардиостимуляторов — количество проводов, которые отходят от устройства. В зависимости от этого, ЭКС бывают:

1. Однокамерные. Имеют всего один провод, который устанавливают в стенку правого предсердия или правого желудочка.
2. Двухкамерные. Оснащены двумя проводами: один устанавливают в стенку правого предсердия, другой — в стенку правого желудочка. Благодаря этому прибор может контролировать и стимулировать работу сразу двух камер сердца.
3. Трехкамерные. ЭКС последнего поколения. В сердце устанавливают три электрода: в стенку правого предсердия, правого и левого желудочков. Благодаря этому обеспечивается последовательное распространение возбуждения на разные камеры сердца.

**Кардиостимуляторы Boston Scientific.** Boston Scientific — американский производитель кардиостимуляторов, кардиовертеров-дефибрилляторов и другой медицинской продукции. Его главный офис находится в Бостоне (США), производство — в Манхэттене и в Ирландии. Компания производит разные модели кардиостимуляторов, в России наиболее популярны Contak Renewal TR2 и Altrua 50. Основные особенности продукции бренда: В основном представлены одно- и двухкамерные модели. Но есть и трехкамерные (например, Contak Renewal TR2). ЭКС Boston Scientific отличаются небольшими размерами и весом (21-27 г). Есть миниатюрные устройства, которые можно безопасно устанавливать людям с узкой грудной клеткой. Все модели имеют встроенный датчик, который контролирует заряд батареи. Проверка осуществляется каждые 11 часов. Некоторые модели оснащены датчиками, реагирующими на состояние пациента. Акселерометр автоматически увеличивает частоту сердечных сокращений во время физических нагрузок. Сенсор минутной вентиляции подстраивает работу девайса под эмоциональное состояние.



**Кардиостимуляторы St. Jude Medical** — один из крупнейших в мире производителей медицинского оборудования, выпускает кардиостимуляторы, кардиовертеры-дефибрилляторы. Это американская компания, штаб-квартира которой находится в штате Миннесота. Её продукция представлена в США, Европе, Японии. St. Jude Medical выпускает разные модели ЭКС, в которых применяются запатентованные технологии: Ventricular Intrinsic Preference — предотвращает необоснованную стимуляцию желудочков. AutoCapture — автоматически определяет порог стимуляции. SenseAbility — обеспечивает лучшее выправление сердечного ритма. В зависимости от модели и режима работы, срок службы аккумулятора может составлять до 14,4 лет. InvisiLink — обеспечивает дистанционный контроль и оповещает о существенных изменениях в организме пациента. Кардиостимуляторы St. Jude Medical позволяют проводить МРТ. Особая обтекаемая форма облегчает имплантацию устройств.



**Кардиостимуляторы Medtronic.** Именно кардиостимуляторы Medtronic в своё время стали первыми устройствами, которые можно было имплантировать. Все предыдущие модели питались от розетки, поэтому использовать их в повседневной жизни было очень неудобно. На данный момент Medtronic — один из самых популярных в России иностранных производителей ЭКС. В нашей стране часто применяют такие модели двухкамерных кардиостимуляторов, как Sensia, SureScan, Adapta. Основные особенности ЭКС Medtronic - по словам производителя, они стимулируют работу сердца в полностью физиологичном режиме. Все функции устройств автоматизированы. Осуществляется постоянный контроль полярности электродов, импеданса, порогов стимуляции. Устройство автоматически отслеживает электрическую активность сердца и подстраивает под неё свою работу.



**Кардиостимуляторы Vitatron.** Vitatron — ЭКС европейского производства. Они производятся с 1956-го года и на данный момент являются одними из самых популярных на территории России. Производитель выпускает разные модели, каждая из которых относится к одной из серий: С, Е, G, Т. Особенности кардиостимуляторов Vitatron: Производитель утверждает, что во всех его устройствах аналоговые сигналы полностью преобразуются в цифровые. Благодаря этому повышается точность хранения данных. Многие приборы оснащены двумя датчиками. Акселерометр отслеживает физическую активность. Физиологический датчик контролирует электрическую активность и обмен веществ в сердце. Производитель применяет энергосберегающие технологии.

