

# Применение электрических концепций к работе кардиостимулятора

14.03.2011

# Цели

- После завершению лекции Вы сможете :
  - Определить высокий импеданс
  - Определить низкий импеданс
  - Определить порог захвата
  - Определить какое значение чувствительности делает устройство более (или менее) восприимчивым к сигналам пациента

# Электрические аспекты работы ЭКС

- Кардиостимулятор имплантируется для:
  - Обеспечения сердечного ритма в соответствии с метаболическими потребностями организма
    - Для стимуляции сердца устройство должно произвести **захват** миокарда
    - Для стимуляции сердца устройство должно знать когда необходимо посылать импульс, т.е. оно должно обладать способностью воспринимать внутрисердечную электрическую активность
- Для работы кардиостимулятора требуется неповрежденная электрическая цепь

# Закон Ома

## Роль для пациентов с кардиостимуляторами

- При высоком импедансе снижается потребление энергии батареи
  - Это может увеличить срок службы батареи кардиостимулятора
  - Почему?
    - $R = V/I$ . Если “R” увеличивается и “V” остается неизменным, то “I” должно снижаться
- Низкое сопротивление увеличивает расход батареи
  - Это может снизить срок службы батареи кардиостимулятора
  - Почему?
    - $R = V/I$ . Если “R” уменьшается и “V” остается тем же, то “I” должно увеличиваться

# Роль электродов в захвате миокарда

Что на ваш взгляд произойдет в случае частичного перелома электрода?

- Импеданс (или сопротивление) будут возрастать
- Ток будет снижен и энергия батареи будет экономиться

- однако -

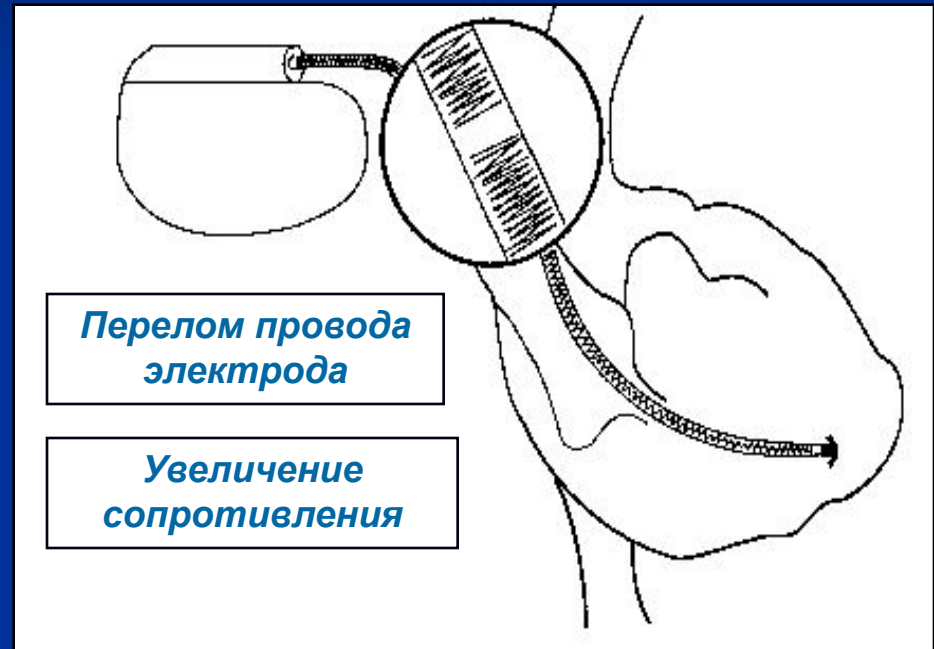
Можете ли вы дать гарантию того, что через поврежденный электрод пропускается достаточно тока (I), когда кардиостимулятор посылает импульс к миокарду для инициации сокращения?

# Высокий импеданс

## Перелом проводника электрода

- Перелом проводника может привести к повышению импеданса
  - Ток от батареи может быть слишком низким для эффективной работы устройства
- Значения импеданса могут превышать  $3,000 \Omega$

Другая причина высокого импеданса - электрод не достаточно хорошо закреплен в кардиостимуляторе



# Значение импеданса электрода изменяется в результате :

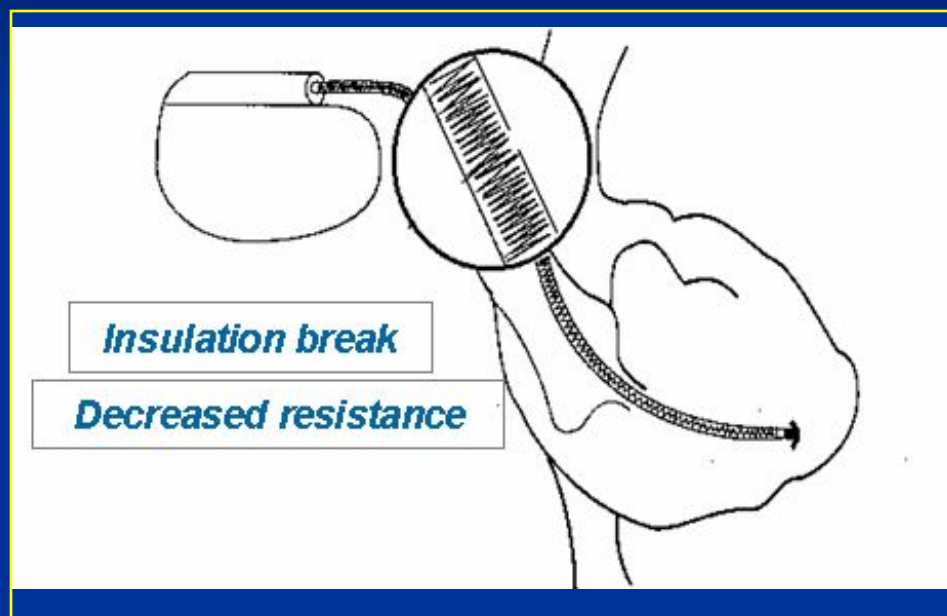
- Перелома проводника
- Разрыва изоляции

В большинстве случаев нормальные значения импеданса находятся в пределах от 300 до 1,000  $\Omega$

- Некоторые электроды изначально имеют высокий импеданс. Эти электроды обычно имеют импеданс более 1,000 Ом

# Состояния низкого импеданса

- Нарушение изоляции приводит к воздействию на проводник электрода:
  - Жидкостей организма, которые имеют низкое сопротивление, или
  - Другого проводника электрода (при биполярном электроде)
- Нарушение изоляции проводника приводит к следующему:
  - Снижается импеданс
  - Утечка тока через разрыв изоляции в ткань, или другой электрод
  - Возможность потери захвата
  - Ускорение разряда батареи

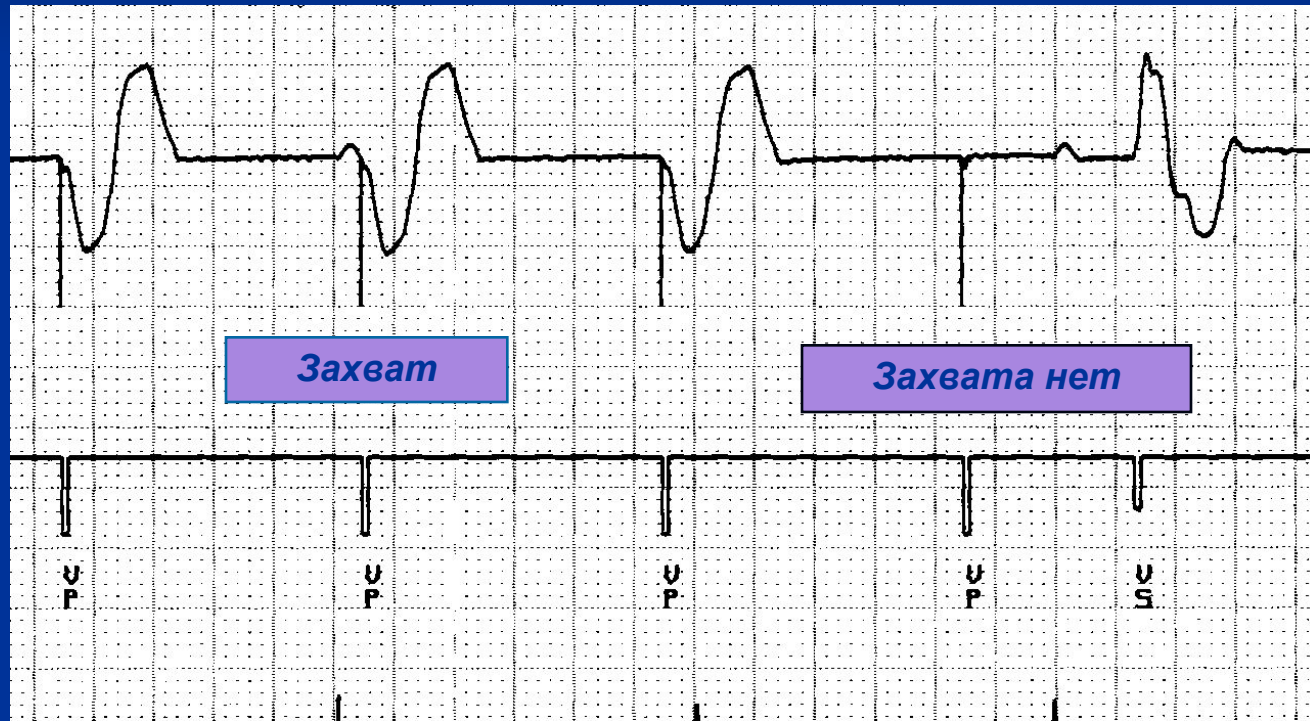


Ток пойдет по пути  
**НАИМЕНЬШЕГО** сопротивления



# Порог захвата

■ Минимальный электрический импульс, необходимый для постоянного захвата миокарда вне рефрактерного периода сердца

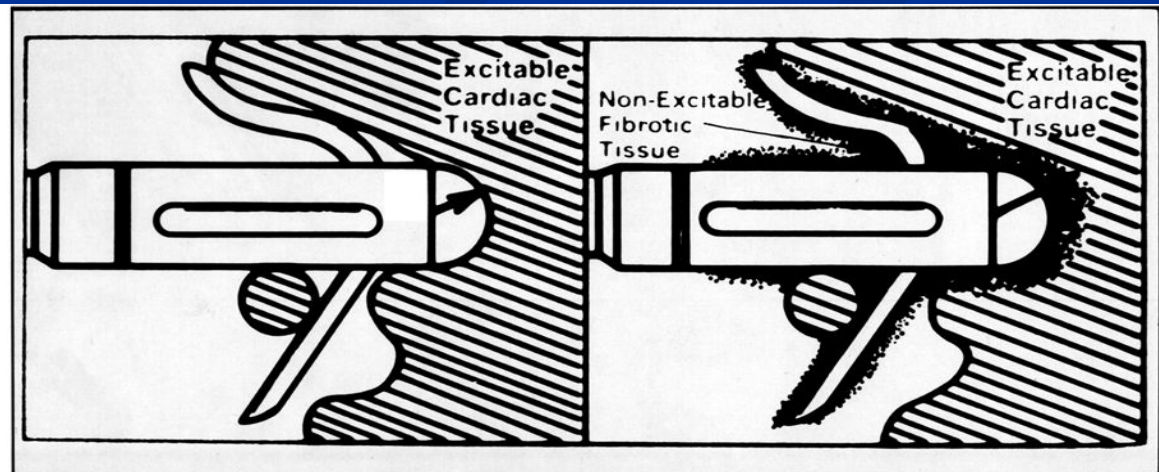


Желудочковый кардиостимулятор, 60 имп/мин

# Влияние строения электрода на захват миокарда

## ■ Вживление электрода

- После имплантации вокруг электрода образуется фиброзная “капсула”
- Может наблюдаться постепенное увеличение порога захвата
- Обычно не влияет на импеданс

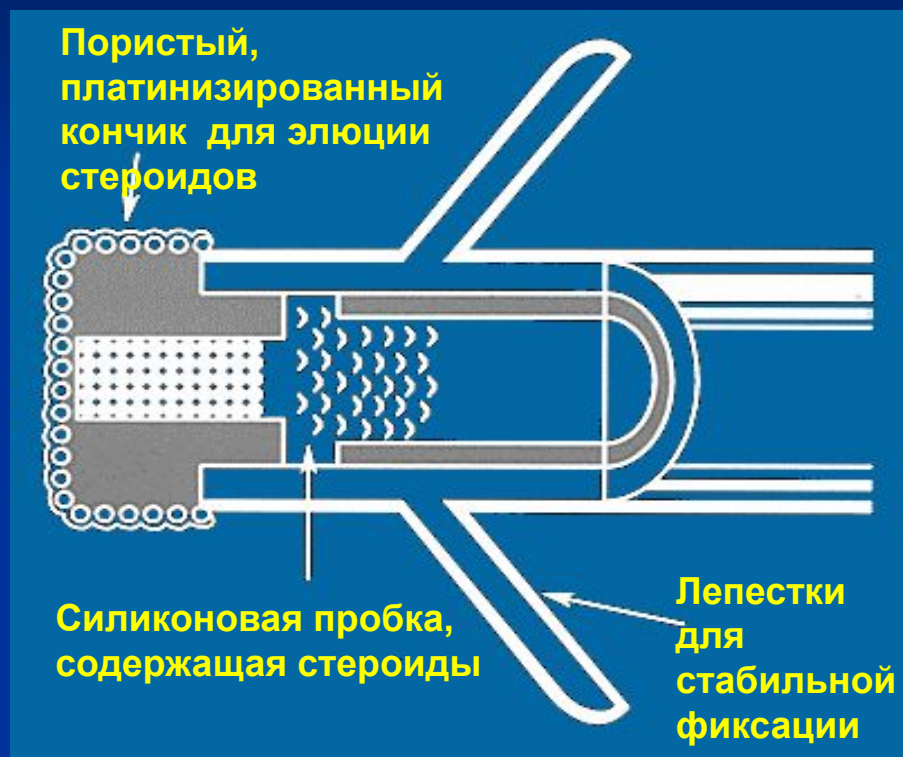


Acute

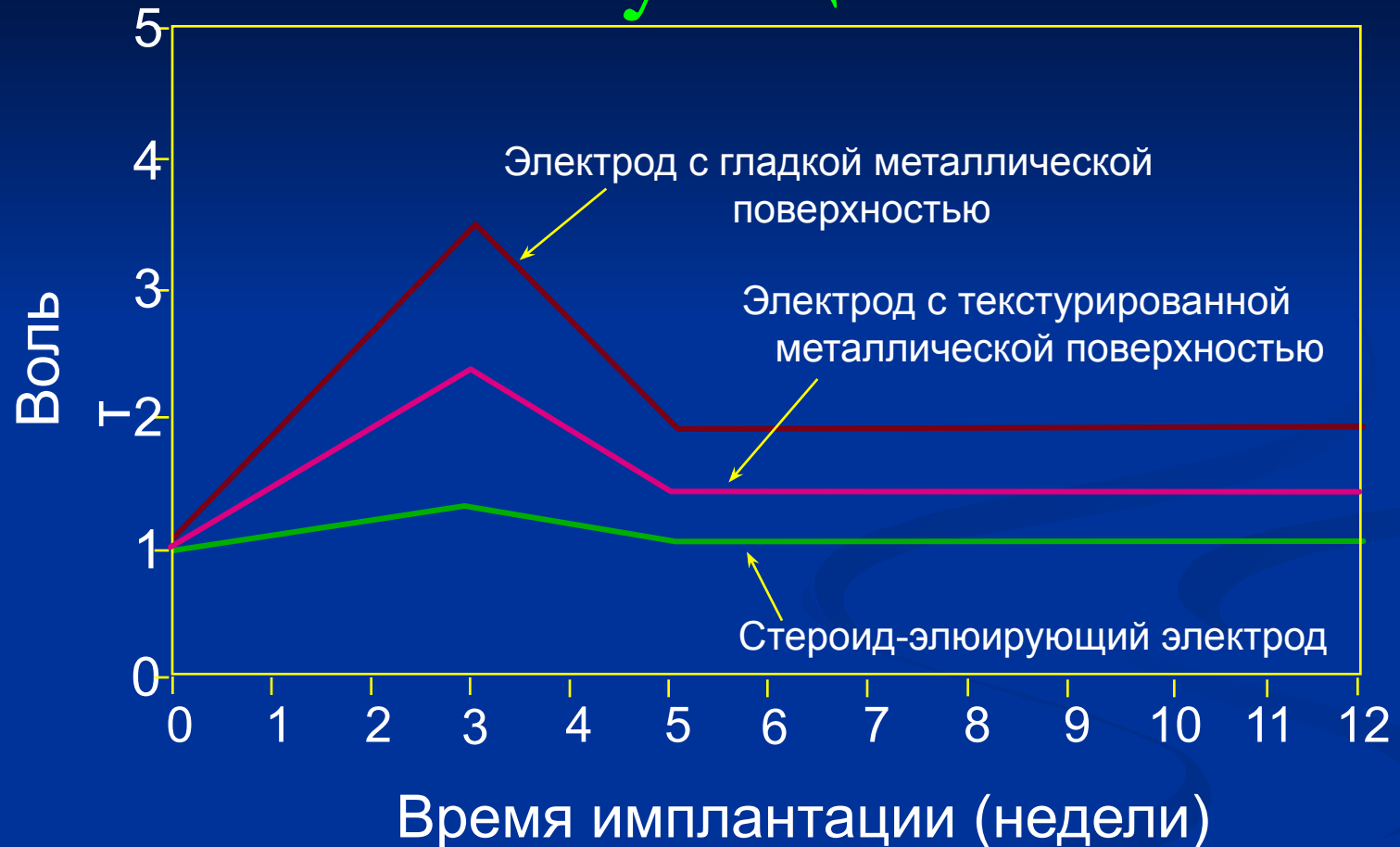
Chronic

# Стероид-элюирующие электроды

- Стероид-элюирующие электроды снижают воспалительный процесс
  - Сопровождается лишь незначительным пиковым повышением порога или его отсутствием
  - Электроды поддерживают низкий порог захвата у длительно имплантированных электродов



# Эффекты стероидов на пороги СТИМУЛЯЦИИ



Ширина импульса = 0,5 мсек

**Ссылки:** Pacing Reference Guide, Bakken Education Center, 1995, UC199601047aEN. Cardiac Pacing, 2nd Edition, Edited by Kenneth A. Ellenbogen. 1996.

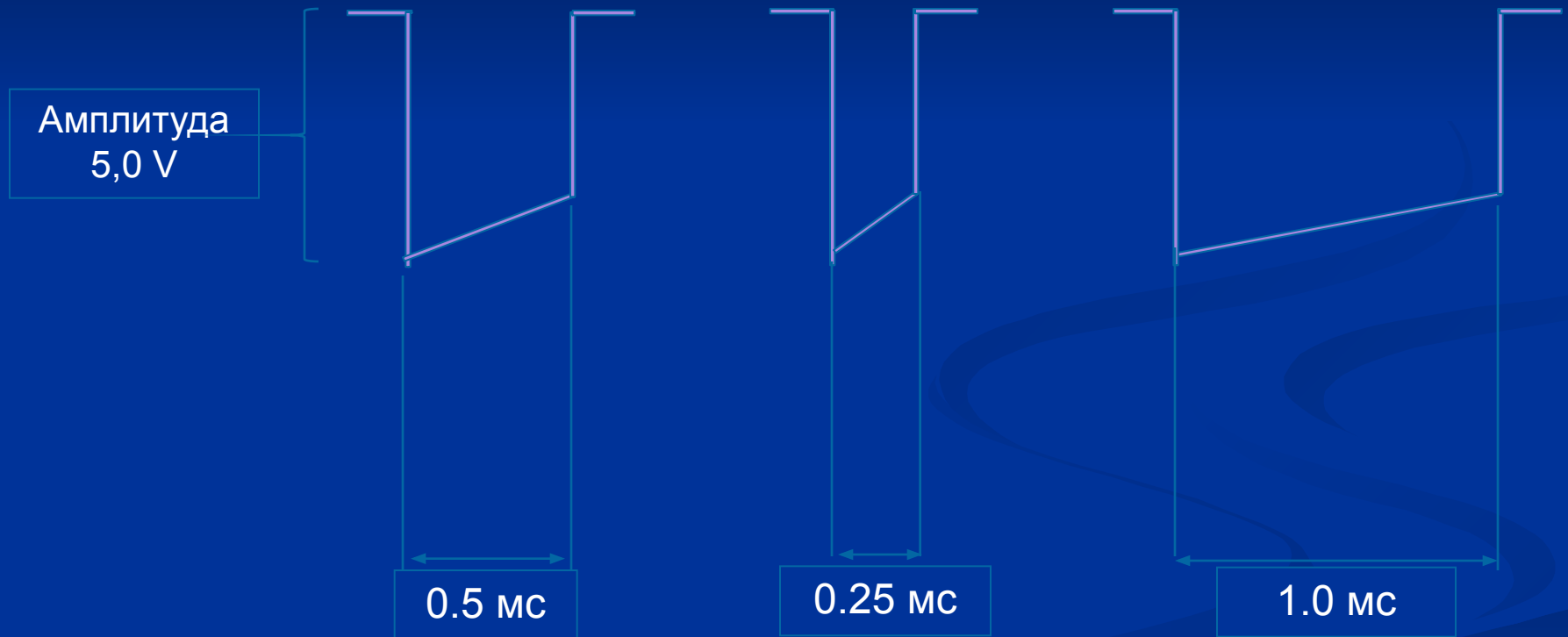
# Захват миокарда

## ■ Захват осуществляется в зависимости от :

- Амплитуды — сила импульса, измеряемая в вольтах
  - Амплитуда импульса должна быть достаточно большой для вызова деполяризации (т.е. “захвата сердца”)
  - Амплитуда импульса должна быть достаточной для соответствующего предела безопасности стимуляции
- Ширины импульса — длительность прохождения тока, измеряемая в миллисекундах
  - Ширина импульса должна быть достаточно длинной для распределения деполяризации в окружающие ткани

# Сравнение

Амплитуда 5.0 V при различной ширине импульса



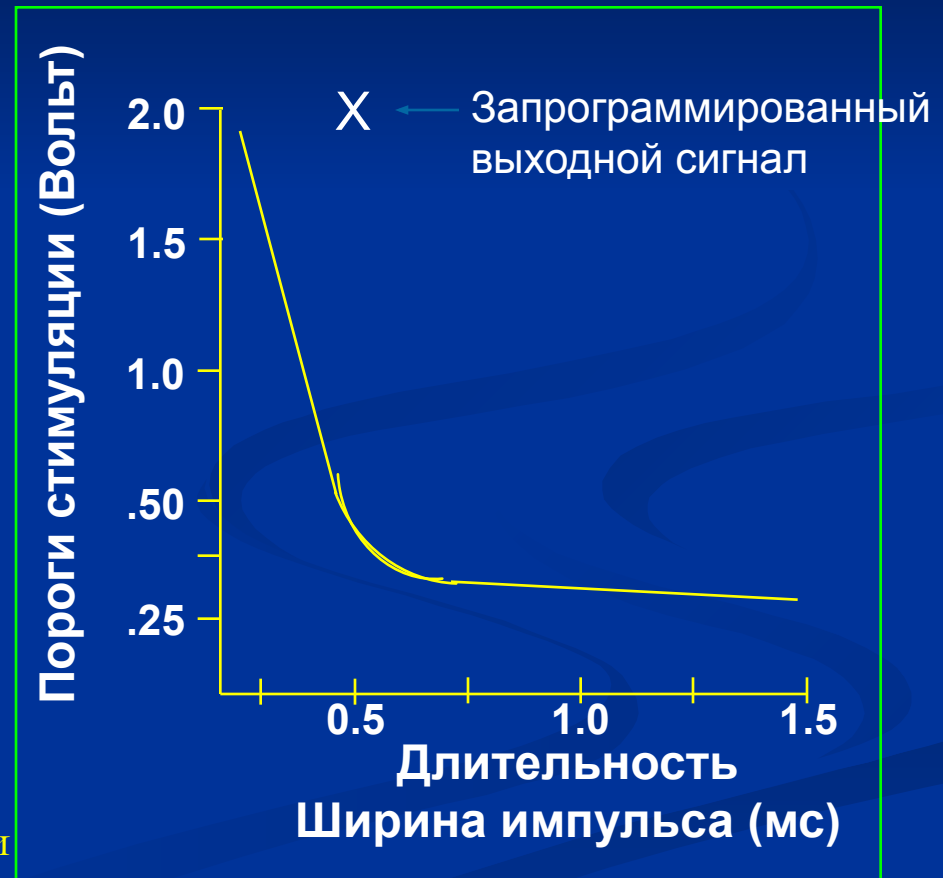
# Кривая мощность-длительность

- Кривая мощность-длительность отображает взаимодействие амплитуды и ширины импульса
  - Любая комбинация ширины импульса и напряжения, на кривой или над ней, приведет к захвату



# Клиническое использование кривой мощность-длительность

- Путем точного определения порога захвата, мы можем обеспечить необходимые пределы безопасности ввиду того, что :
  - Пороги могут отличаться при различной продолжительности (нахождения в теле) имплантации систем кардиостимуляции
  - Каждый день пороги незначительно изменяются
  - Пороги могут измениться вследствие метаболических состояний или при воздействии лекарственных препаратов





# Программирование ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ

- Главная цель: Обеспечение безопасности пациента и надлежащей работы устройства
- Второстепенная цель: Увеличение срока службы батареи
  - Обычно амплитуда программируется на  $\leq 2.5 \text{ V}$ , но всегда необходимо поддерживать соответствующие границы безопасности
  - Обычно значение выходного сигнала должно находиться в пределах  $2.0 \text{ V}$  при  $0.4 \text{ мс}$
  - Амплитуда превышающая емкость батареи кардиостимулятора (обычно около  $2.8 \text{ V}$ ), требует использования умножителя напряжения, что приводит к значительному сокращению срока службы батареи.

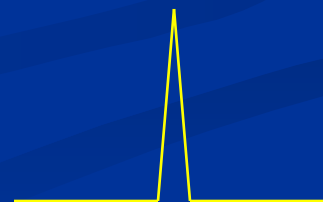
# Чувствительность кардиостимулятора

- Обозначает возможность кардиостимулятора “видеть” сигналы
  - Выражается в милливольтгах (мВ)
- Милливольты (мВ) относятся к размеру сигнала, который может “видеть” кардиостимулятор

Сигнал 0.5 мВ



Сигнал 2.0 мВ



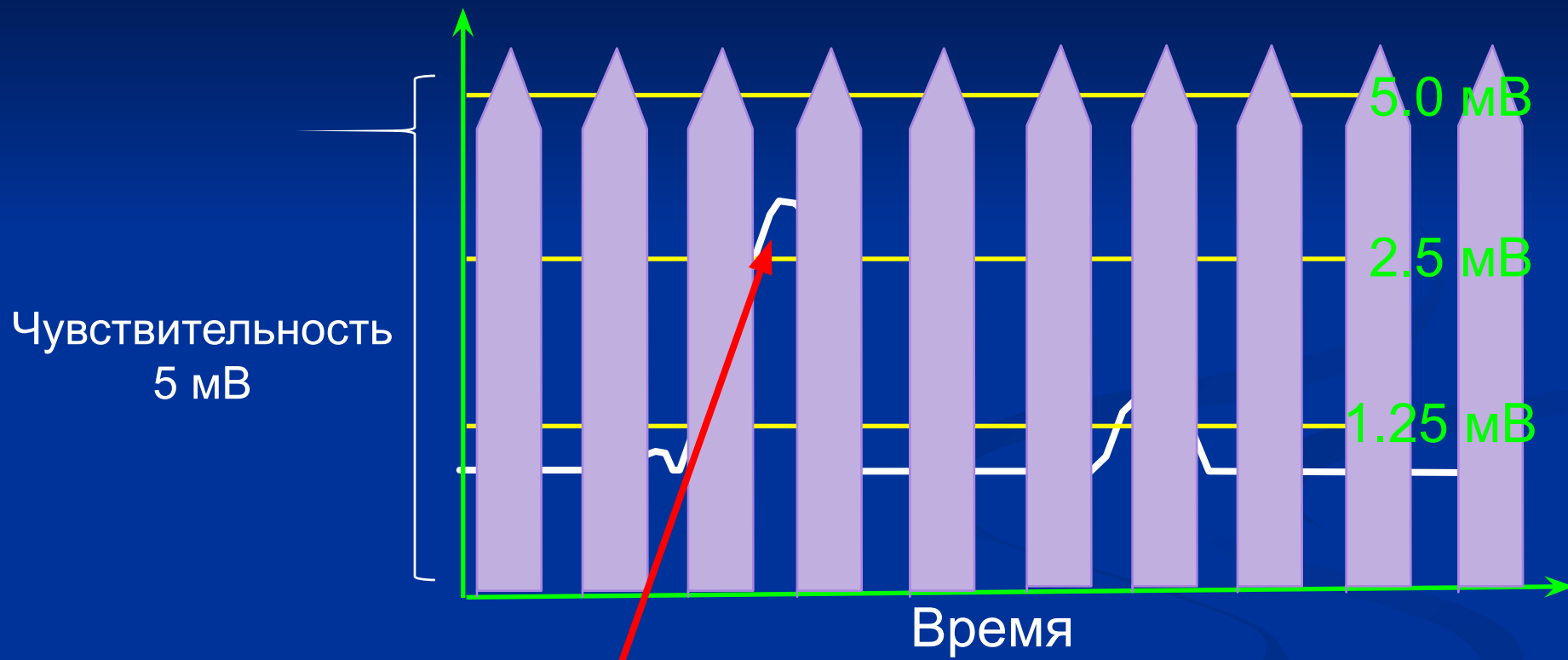
# Чувствительность

Значение, программируемое в ЭКС



# Чувствительность

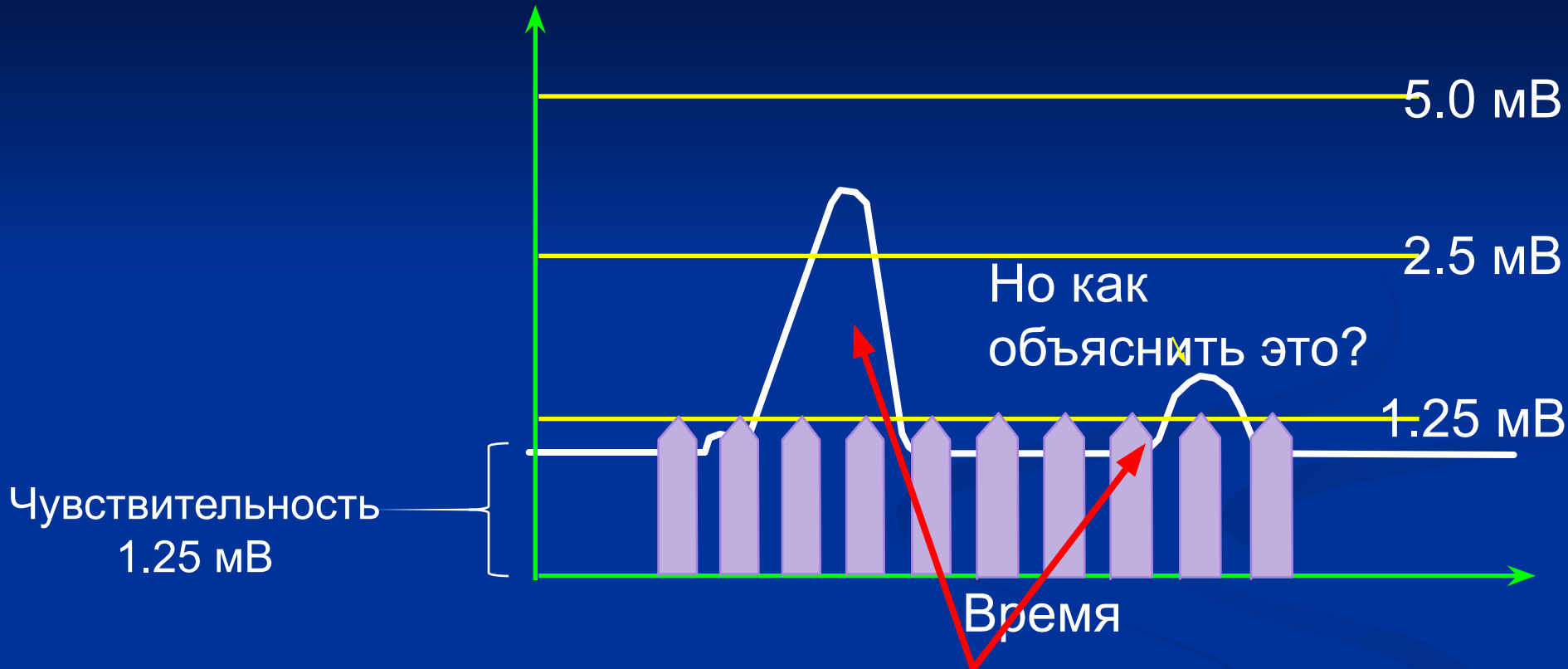
## Значение, программируемое в ИГИ



При данном значении кардиостимулятор не увидит сигнал 3.0 мВ

# Чувствительность

Значение, программируемое в ИГИ



При данном значении кардиостимулятор может видеть сигналы как 3.0 мВ, так и 1.30 мВ. Является ли “хорошая чувствительность” предпочтительной, ввиду того что кардиостимулятор видит слабые сигналы?

# Усилители/фильтры

## чувствительности

- Точная чувствительность требует фильтрации посторонних сигналов

- Так как все, что воспринимает кардиостимулятор по определению является волной P или R
- Усилители чувствительности используют фильтры, которые позволяют правильно воспринимать P и R волны, и отклонять лишние сигналы

- Наиболее частыми нежелательными сигналами являются :

- Волны T (которые кардиостимулятор определяет как волны R)
- Дальние события (R волны воспринимаются предсердным каналом, которые распознаются кардиостимулятором как P волны)
- Миопотенциалы скелетных мышц (например, от грудной мышцы, которые кардиостимулятор может принять за P- или R волны)
- Сигналы от кардиостимулятора (например, желудочковые зубцы стимуляции перекрестным образом воспринимаются предсердным каналом)

# Точность при восприятии сигналов

## ■ На точность влияет:

- Целостность цепи (электрода) кардиостимулятора
  - Нарушение изоляции
  - Перелом проводника
- Характеристики электрода
- Размещение электрода в сердце
- Усилители чувствительности кардиостимулятора
- Полярность электрода (униполярный и биполярный)
- Электрофизиологические свойства миокарда
- ЭМП – электромагнитные помехи

# Целостность спирального проводника электрода

Влияние на чувствительность

- Недостаточная чувствительность отмечается тогда, когда сигнал сердца не может попасть в кардиостимулятор
  - Собственные сигналы сердца не могут пройти через перелом провода
- Избыточная чувствительность отмечается тогда, когда разъединенные концы провода периодически соприкасаются
  - Создаются сигналы, воспринимаемые кардиостимулятором как P или R волны



# Целостность изоляции электрода

## Влияние на чувствительность

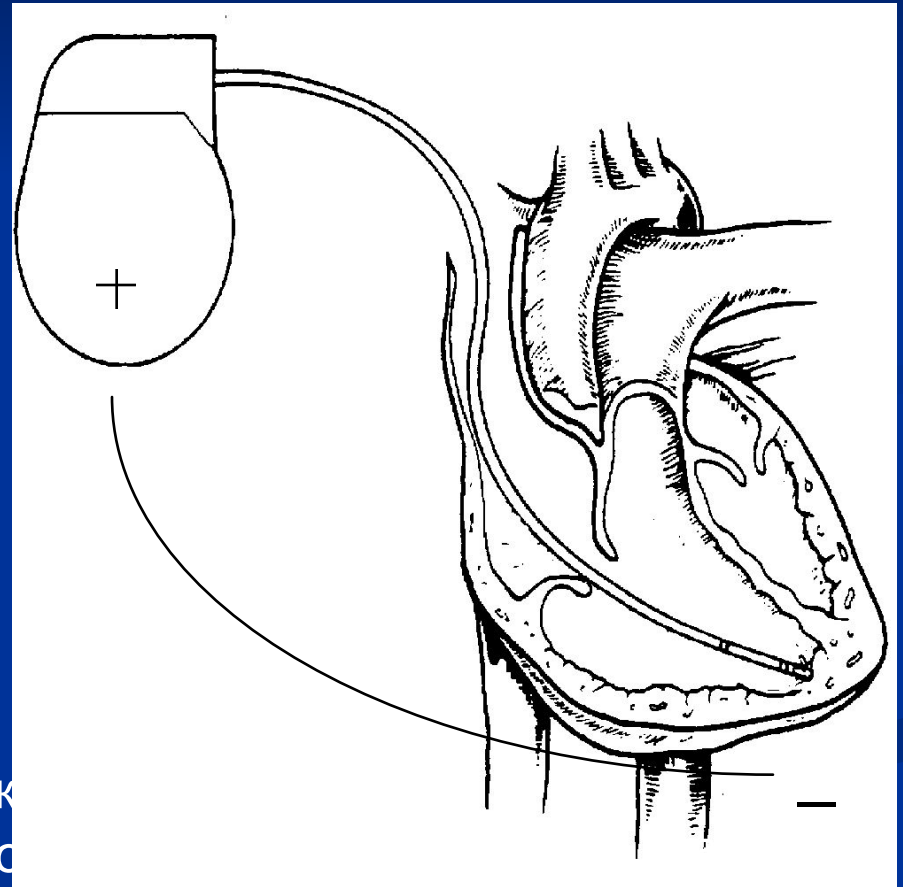
- Недостаточная чувствительность отмечается тогда, когда внутренняя и внешняя спирали проводников находятся в постоянном контакте
  - Сигналы собственной активности сердца снижены на усилителе и амплитуда не соответствует запрограммированному значению чувствительности
- Избыточная чувствительность отмечается тогда, когда внутренняя и внешняя спирали проводников имеют прерывистый контакт
  - Сигналы неправильно распознаются как P или R волны

# Монополярные кардиостимуляторы

- Где проходит цепь чувствительности?

От кончика электрода к корпусу устройства

Это обуславливает большую потенциалов (сигнал), так как анод находится далеко друг от друга



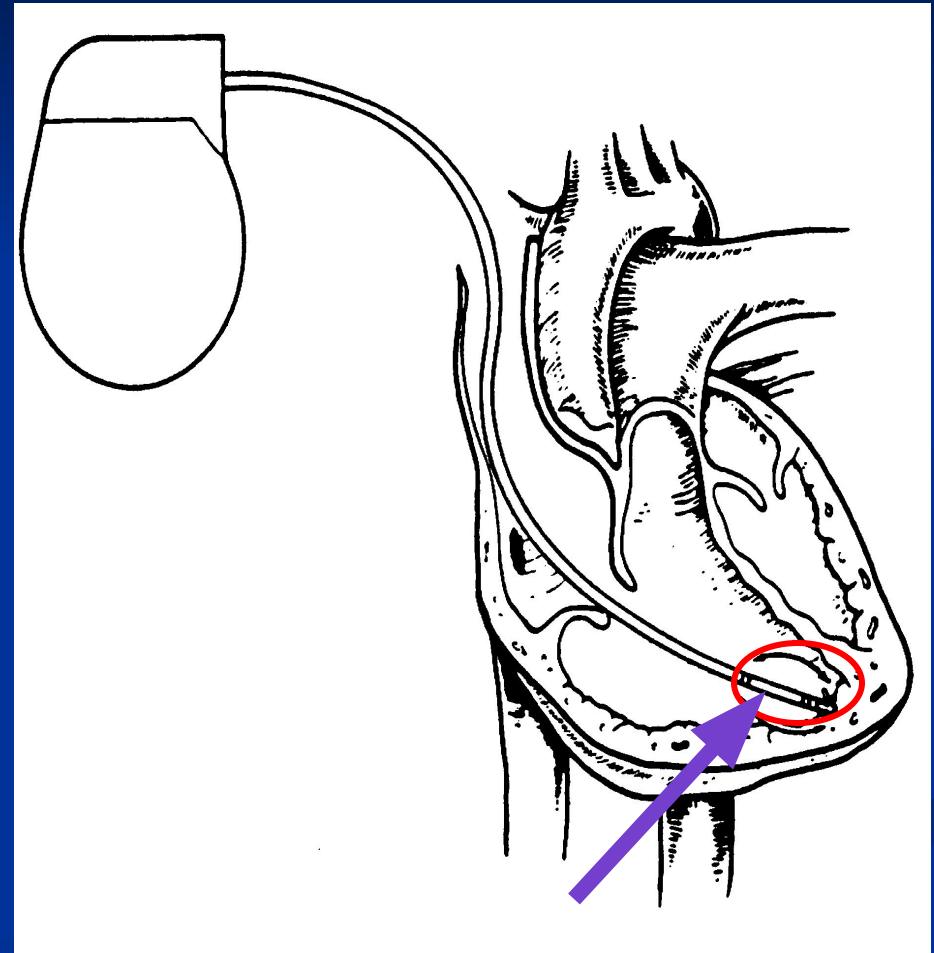
# Биполярный кардиостимулятор

## ■ Где проходит цепь чувствительности?

От кончика электрода к кольцу на электроде

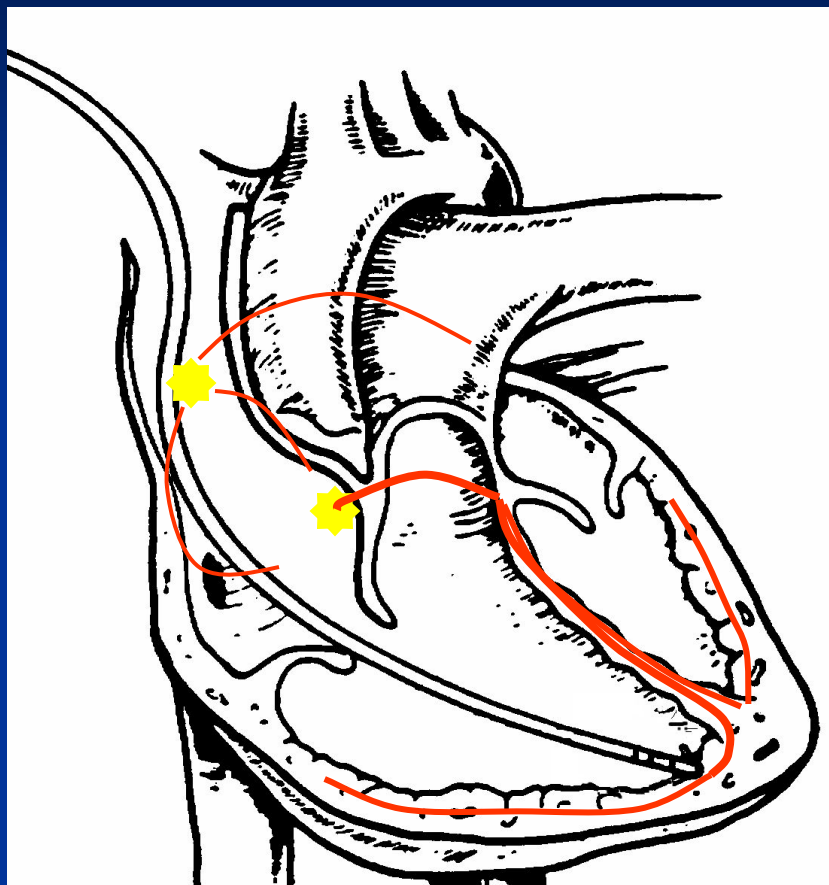
Это обычно обуславливает меньшую разницу потенциалов вследствие короткой дистанции

- Восприятие электрических сигналов вне сердца (такие как миопотенциалы) менее вероятно



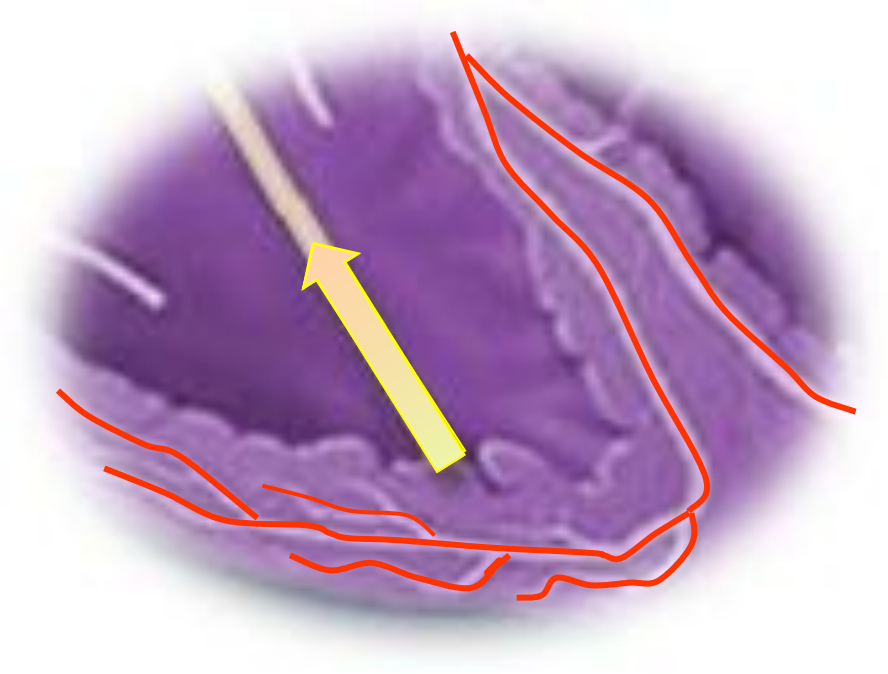
катод

# Сердечная проводимость и чувствительность устройства

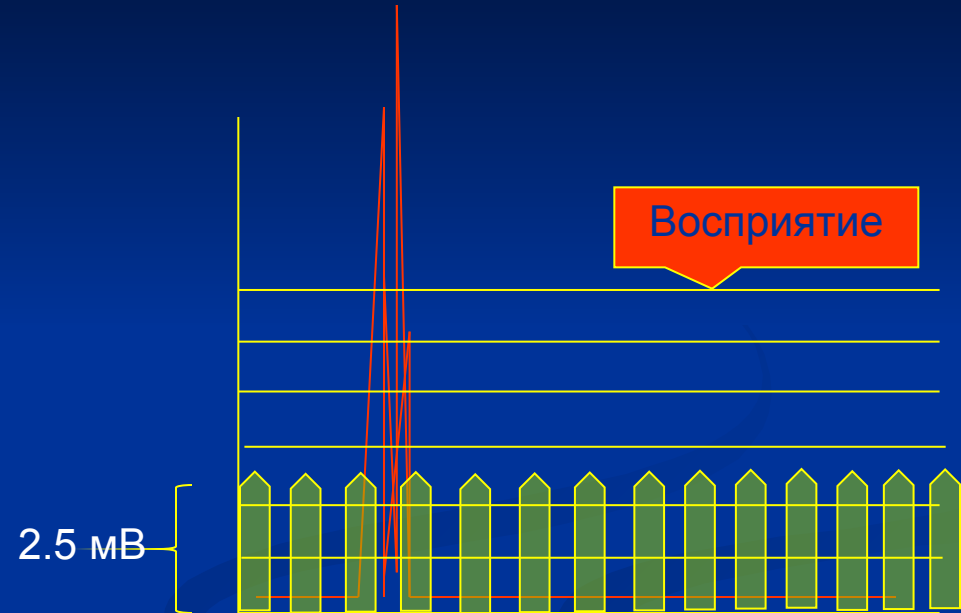


К настоящему времени нам уже должна быть знакома ЭКГ и ее взаимодействие с сердечным проведением импульсов. Но, относится ли это к чувствительности кардиостимулятора?

# Векторы и градиенты

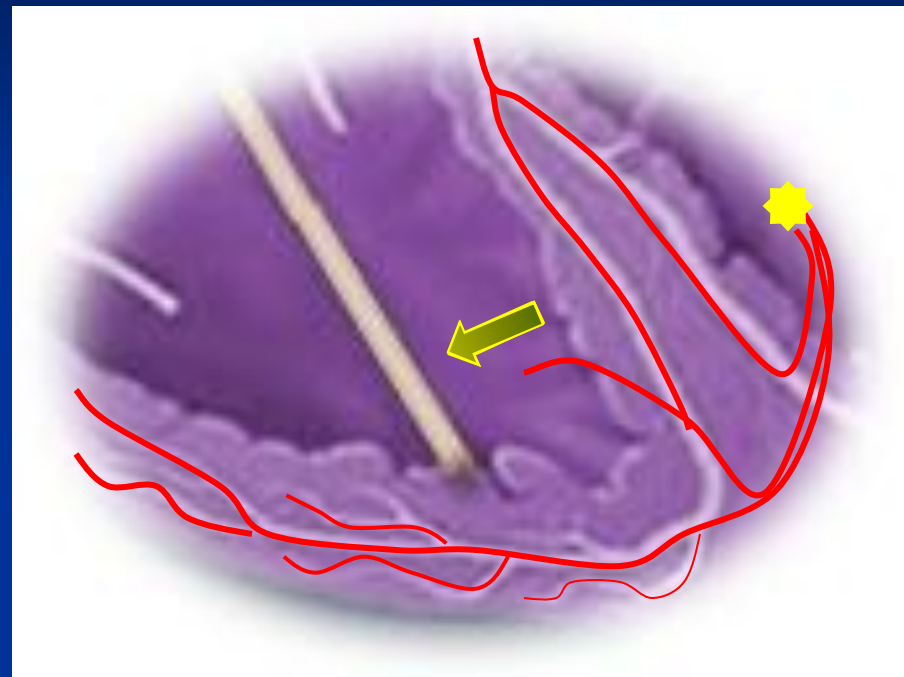


Волна деполяризации, вызываемая нормальным сокращением, создает градиент между катодом и анодом. Это изменение полярности создает сигнал.

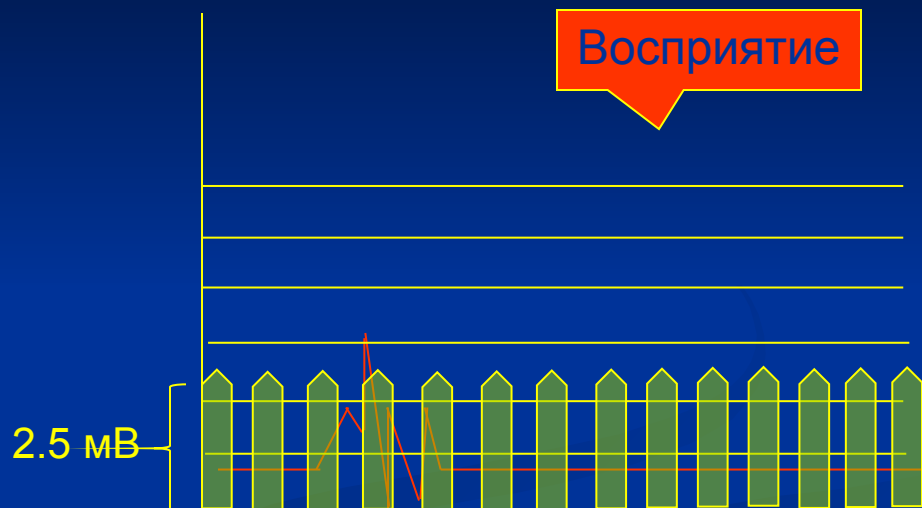


После того как этот сигнал превышает запрограммированную чувствительность – он воспринимается устройством.

# Изменение вектора



ПЖС, при нормальном проведении.  
Так как вектор в отношении электрода изменен, какой это может иметь эффект на чувствительность?



В данном случае, волна деполяризации попадает на анод и катод практически одновременно. Это создаст малый градиент и следовательно, слабый сигнал.

# Подводя итоги

- Надлежащее программирование выходного сигнала может увеличить срок службы устройства
  - Но, не ставьте под угрозу безопасность пациента!
- Строение электрода может увеличить срок службы устройства
  - Элюирование стероидов
    - Может помочь сохранить низкий порог стимуляции у длительно имплантированных электродов путем снижения воспаления и фиброобразования
  - Электроды с высоким импедансом
    - Разработаны с высоким  $\Omega$ , однако напряжение (V) и ток (I) также являются низкими, снижая разряд батареи
- Контроль производства
  - Батареи, платы, конденсаторы и т.п. *специально* разрабатываются под определенные требования, что приводит к повышению их эффективности и снижению статической утечки тока.
  - Надежное строение электрода

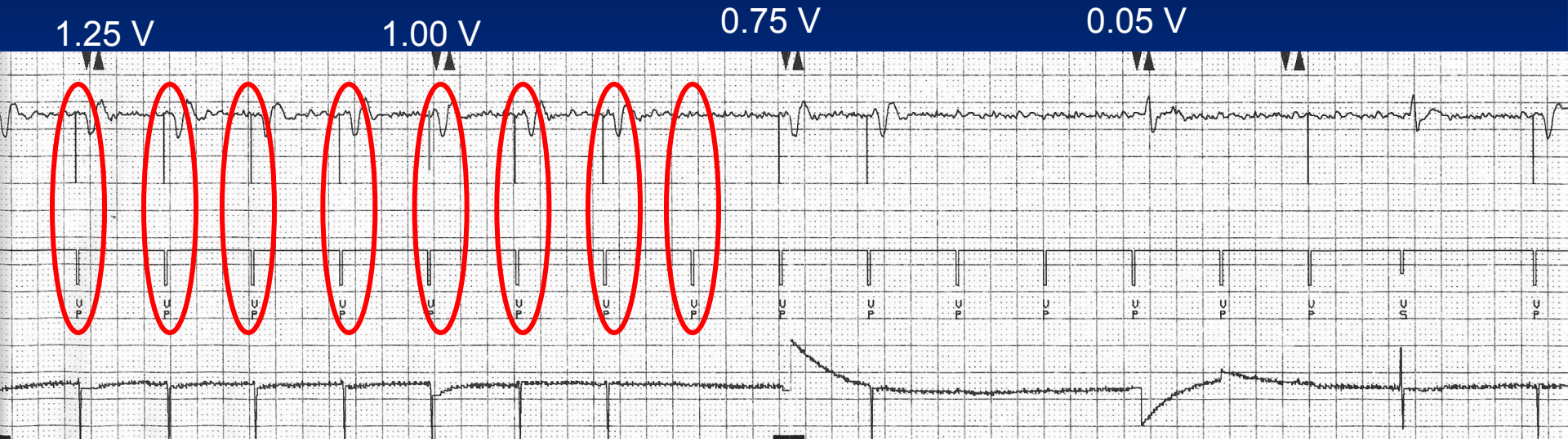
# Подводя итоги

- Срок службы кардиостимулятора:
  - Функция запрограммированных параметров (частота, выходной сигнал, % времени стимуляции)
  - Функция полезной емкости батареи
  - Функция
    - Статической утечки тока
    - Эффективности электрической цепи
    - Импеданса выходного сигнала
- Более низкая запрограммированная чувствительность делает устройство БОЛЕЕ чувствительным
  - Целостность электрода также влияет на чувствительность



# Контроль знаний

## ■ Определить пороговую амплитуду

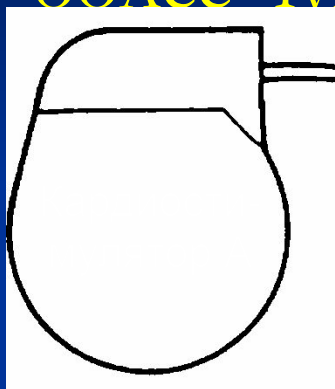


Порог захвата = наименьшее значение с постоянным захватом

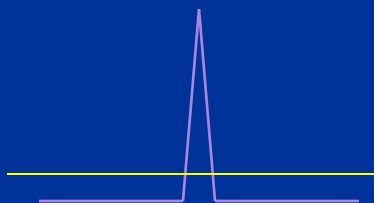
Составляет 1.25 V

# Контроль знаний

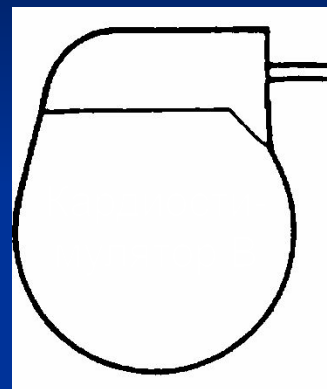
- Какой из этих кардиостимуляторов является более чувствительным?



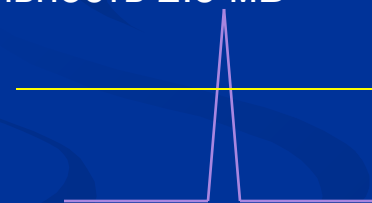
Запрограммированная чувствительность 0.5 мВ



ИЛИ



Запрограммированная чувствительность 2.5 мВ



Кардиостимулятор А способен “видеть” сигналы до 0.5 мВ.  
Следовательно, он более чувствительный.

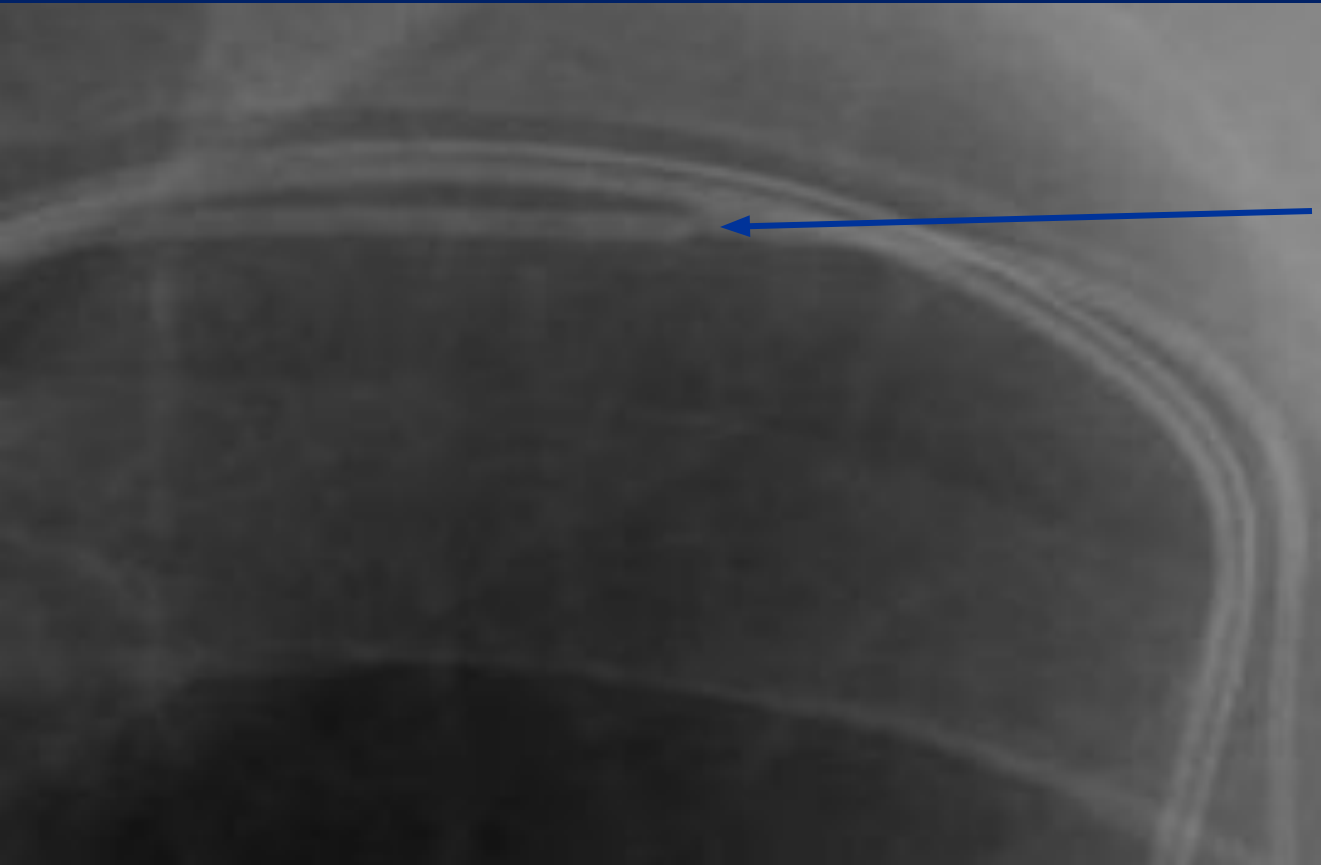
# Контроль знаний

- Электрод кардиостимулятора должен изгибаться и перемещаться во время работы сердца. В среднем, сколько сокращений производит сердце за 1 год?

35 МИЛЛИОНОВ раз. Достаточно трудно разработать электрод, который является небольшим, надежным и работает на протяжении всей жизни.

# Контроль знаний

Заметили ли вы что-нибудь особенное на данной рентгенограмме?



Перелом  
электрода:

- Высокий импеданс
- Возможное отсутствие захвата миокарда

# Контроль знаний

- Какое значение находится вне нормального диапазона?

- Что могло привести к этому?

Отчет запроса данных кардиостимулятора

Режим: DDDR

Базовый ритм: 60 имп/мин

Верхний ритм синхронизации: 130 имп/мин

Верхний ритм чувствительности: 130 имп/мин

Импеданс предсердного электрода: 475 Ом

Импеданс желудочкового электрода : 195 Ом

Нарушение  
ИЗОЛЯЦИИ