

# Электрокардиография

к.м.н. Елфимова И.В.

# Теории

- **Мембранная теория возникновения биопотенциалов.**
- Мембрана клетки обладает разной проницаемостью для проникновения различных ионов. Внутри клетки, находящейся в невозбужденном состоянии, концентрация  $K^+$  в 30 раз выше, чем во внеклеточной жидкости. Концентрация  $Na^+$  во внеклеточной жидкости в 20 раз выше,  $Cl^-$  в 13 раз,  $Ca^{2+}$  в 20 раз выше во внеклеточной среде. Такие высокие градиенты концентрации ионов поддерживаются благодаря функционированию ионных насосов, что требует затраты энергии. В невозбужденном состоянии мембрана более проницаема для  $K^+$  и  $Cl^-$ , ионы  $K^+$  стремятся выйти из клетки, а хлора- войти в нее. Это перемещение ионов приводит к поляризации клеточной мембраны невозбужденной клетки: наружная ее поверхность становится положительной, а внутренняя – отрицательной. Разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностью клеточной мембраны составляет около  $-90$  мВ, это наз. Трансмембранный потенциал покоя.

# Возбуждение клетки

- **При возбуждении** клетки резко меняется проницаемость стенки для ионов, кривая изменения трансмембранного потенциала наз. Трансмембранным потенциалом действия. В этой кривой различают несколько фаз: **фаза 0**- фаза деполяризации, быстрый ток натрия внутрь клетки, заряд мембраны меняется с -90 до +20 мВ, продолжительность фазы 10 мс. **Фаза 1**- фаза начальной быстрой реполяризации- ионы хлора входят внутрь клетки, частично нейтрализуют избыток положительных ионов, трансмембранный потенциал действия меняется до 0 и ниже. **Фаза 2- плато** на кривой- кальций и натрий идут в клетку, калий выходит из клетки. Длительность фазы- 200мс. **Фаза 3**- уменьшение проницаемости для натрия и кальция и повышение потока калия- калий выходит из клетки- восстанавливается заряд мембраны- **фаза конечной быстрой реполяризации.** **Фаза 4- фаза диастолы**- восстановление исходной концентрации ионов- ТМПД-90 мВ.

# Проводящая система

- Клетки проводящей системы сердца и синусового узла обладают способностью к спонтанному медленному увеличению ТМПП- уменьшению отрицательного заряда внутренней поверхности мембраны во время фазы 4. Это называется спонтанной диастолической деполяризацией и лежит в основе автоматизма синусового узла и проводящей системы сердца.
- ! Запомнить: наружная поверхность клеточной мембраны заряжена:
  - положительно- в невозбужденном состоянии, в покое.
  - отрицательно- в состоянии возбуждения в фазе 0 и 1 ТМПД.
  - положительно в клетке, восстанавливающей свой потенциал (фаза 2 и 3).

# АВТОМАТИЗМ

- **Функция автоматизма.**
- **Функция автоматизма-** способность клеток вырабатывать электрические импульсы при отсутствии внешних раздражителей. Пейсмекеры- клетки водителей ритма- медленное спонтанное повышение потенциала – медленная спонтанная деполяризация. Когда ТМПП достигает критического уровня равного -60 мВ, возникает быстрый лавинообразный процесс деполяризации клетки (фаза 0). Клетка возбуждается, создается импульс к возбуждению других клеток миокарда.
- СА-узел- **центр автоматизма 1 порядка**, вырабатывает импульсы с частотой 60-80 в мин.
- **Центр автоматизма 2 порядка-** 40-60 импульсов- зона перехода АВ-узла в пучок Гиса- сам АВ узел (центральная часть) не обладает автоматизмом, там происходит задержка волны возбуждения, определяющая нормальную временную последовательность возбуждения предсердий и желудочков.
- **Центр автоматизма 3 порядка-** нижняя часть пучка Гиса, его волокна, волокна Пуркинье- 25-45 импульсов в мин.
- **!запомнить:**

# Проводящая система

- Все волокна проводящей системы сердца (кроме средней части АВ-узла) потенциально обладают функцией автоматизма.
- В норме единственным водителем ритма является СА- узел, который подавляет автоматическую активность остальных (эктопических) водителей ритма сердца.
- Направление распространения волны возбуждения по предсердиям сверху вниз и немного влево.
- Вначале возбуждается правое предсердие, затем правое и левое, в конце только левое предсердие.
- Время охвата возбуждением предсердий не превышает в норме 0,10с.
- В АВ- узле происходит физиологическая задержка волны возбуждения, определяющая нормальную последовательность возбуждения предсердий и желудочков.
- При учащении сердечных импульсов, исходящих из СА- узла или предсердий, более 180-220 в мин., даже у здорового человека может наступить частичная АВ- блокада проведения электрического импульса от предсердий к желудочкам.
- От АВ- узла волна возбуждения передается на внутрижелудочковую проводящую систему, где где скорость проведения очень высокая (100-150 см с-1 по пучку Гиса и его ножкам и 300-400 см с-1 по волокнам Пуркинье). Это способствует почти одновременному охвату желудочков волной возбуждения и наиболее оптимальному и эффективному выбросу крови в аорту и легочную артерию. В норме длительность деполяризации желудочков 0,08-0,10 с.

# Возбуждение

- **Последовательность охвата возбуждением (деполяризация )желудочков:**
- Волна деполяризации распространяется от субэндокардиальных отделов, где преимущественно располагаются волокна Пуркинье, к субэпикардиальным слоям. Вначале идет деполяризация левой части МЖП в средней ее части. Затем возбуждение идет слева направо и быстро охватывает среднюю и нижнюю части МЖП, почти одновременно происходит возбуждение верхушки, передней, задней и боковой стенок правого, а затем и левого желудочка, волна деполяризации направлена сверху вниз вначале вправо, а затем отклоняется влево.
- Через 0,04-0,05с волна охватывает большую часть левого желудочка, волна деполяризации направлена сверху вниз и справа налево. Последними в период 0,06-0,08с возбуждаются базальные отделы левого и правого желудочков, а также МЖП. При этом фронт волны возбуждения направлен вверх и слегка вправо.
- **!запомнить:**
- В норме возбуждение распространяется по желудочкам за 0,08-0,10с.
- Волна возбуждения распространяется от эндокарда к эпикарду.
- Вначале возбуждается МЖП, затем большая часть левого и правого желудочка, последними возбуждаются базальные отделы желудочков и МЖП.
- В фазе 0, 1 и 2 клетки рефрактерны к дополнительному электрическому импульсу.
- В фазе 3- относительный рефрактерный период- нанесение очень сильного дополнительного стимула способно вызвать возбуждение клетки.
- Фаза 4- нет рефрактерности, клетка способна возбуждаться от любой силы дополнительного Эл. Импульса.

# Сократимость

- **Функция сократимости**- способность сердечной мышцы сокращаться в ответ на возбуждение.
- **Формирование нормальной ЭКГ**-
- **ЭКГ**- запись колебаний разности потенциалов, возникающих на поверхности возбудимой ткани или окружающей сердце проводящей среду при распространении волны возбуждения по сердцу.
- **ЭГ**- быстрая деполяризация одиночного мышечного волокна на ЭГ сопровождается быстрым положительным зубцом R.
- Полный охват возбуждением волокна миокарда- сегмент RS-T, расположенный примерно на изолинии.
- Процесс быстрой конечной реполяризации одиночного волокна регистрируется в виде отрицательного зубца T.
- В клинической ЭКГ электрические явления принято описывать с помощью дипольной концепции распространения возбуждения в миокарде. Положительный полюс диполя всегда обращен в сторону невозбужденного, а отрицательный в сторону возбужденного участка миокардиального волокна.
- Условно принято считать, что вектор любого диполя направлен от отрицательного полюса к положительному.



# Вектор

- Запомнить:
- Если в процессе распространения возбуждения вектор диполя направлен в сторону положительного электрода отведения, на ЭГ регистрируются положительные зубцы, направленные вверх.
- Если вектор диполя направлен в сторону отрицательного электрода отведения, то на ЭГ зафиксируется отрицательное отклонение, вниз от изолинии, т.е. отрицательный зубец.
- Если вектор диполя направлен перпендикулярно к оси отведения- на ЭГ-изолиния.
- Амплитуда и форма ЭКГ- комплексов при любой локализации электродов в Эл. Поле определяется величиной и направлением проекции ЭДС источника тока (вектора диполя) на ось данного ЭКГ- отведения.
- Суммарный моментный вектор сердца определяется как алгебраическая сумма всех векторов, его составляющих.
- Сердце условно рассматривается как один точечный источник тока, как единый сердечный диполь.
- В норме средний результирующий вектор деполаризации желудочков ориентирован влево вниз под углом 30-70 град к горизонтали, проведенной через электрический центр сердечного диполя, это примерно соответствует анатомической оси сердца. Положительный полюс диполя сердца обращен к верхушке, отрицательный- к основанию сердца.

# Нормальная ЭКГ

- Нормальная ЭКГ:
- В норме в отведениях I, II, aVF < V2-V6 зубец P всегда положительный.
- В отведениях III < aVL < V1 - может быть положительным, 2-фазным, а в отведении III, aVL даже отрицательным.
- В отведении aVR зубец P всегда отрицательный.
- Продолжительность P не превышает 0,10с, а его амплитуда 1,5-2,5 мм.
- В норме PQ 0,12-0,20с, чем выше ЧСС, тем короче.
- В норме зубец Q МОЖЕТ БЫТЬ ЗАРЕГИСТРИРОВАН во всех стандартных и усиленных отведениях и в грудных отведениях V4-V6.
- Амплитуда зубца Q во всех отведениях, кроме aVR не превышает  $\frac{1}{4}$  высоты R, а продолжительность не более 0,03с.
- В отведении aVR у здорового человека м.б. зафиксирован глубокий и широкий зубец Q и даже QS.
- ЭКГ признаками поворота сердца вокруг продольной оси по часовой стрелке являются:
  - - комплекс типа RS в V6 и I, возможное смещение переходной зоны влево в V-4.
  - 10. против часовой стрелки:
  - - комплекс QRS типа qR в отведении V6и I, смещение переходной зоны в V2.

- Блокада правой ножки п.Гиса.
- - rSR rsR V1-2, (III, aVF), QRS >0,12, зазубренный S в левых гр. Отведениях, депрессия СТ в V1 (м.б. в 3) выпуклостью вверх, отрицат или 2-фазный T.
- Блокада передней ветви ЛНПГ:
  - Резкое отклонение ЭОС влево, QRS I, qR в aVL, rS во II,III,aVF.
- Блокада задней ветви ЛНПГ:
  - Резкое отклонение ЭОС вправо, rS в I, aVL, qR в III,aVF. Продолжительность 0,08-0,11с.

- Алгоритмы ЭКГ-диагностики
- Издательство МЕДпресс информ, 2002
- **Схема анализа ЭКГ и нормативы**
- ***Анализ сердечного ритма и проводимости***
- *Регулярность*: правильный ритм - одинаковые  $R-R \pm 10\%$  от среднего R-R.
- ЧСС =  $60 : R-R / \text{мин}$  (при правильном ритме), тахикардия (ТК)  $\geq 90/\text{мин}$ , брадикардия (БК)  $\leq 60/\text{мин}$ .
- *Водитель ритма*: синусовый ритм - в II, III отв. перед каждым QRS (+) P.
- *Оценка проводимости*: определить длительность P (норма 0,10 с), P-Q (R) (норма 0,12-0,20 с), QRS (норма 0,08-0,10 с), интервал внутр. откл. в V1 (норма  $\leq 0,03$  с) и V6 (норма  $\leq 0,05$  с).

- **Определение положения ЭОС (угол  $\alpha$ )**
- *Варианты нормы:*
- Нормальное - от  $+30^\circ$  до  $+69^\circ$
- Вертикальное - от  $+70^\circ$  до  $+90^\circ$
- Горизонтальное - от  $0^\circ$  до  $+29^\circ$
- Отклонение оси вправо - от  $+91^\circ$  до  $+180^\circ$
- Отклонение оси влево - от  $0^\circ$  до  $-90^\circ$

**1. Определение поворотов вокруг продольной оси (определить форму QRS в V6 и локализацию переходной зоны - ПЗ)**

- **Анализ зубца P** (определить ампл., длительность, полярность и форму P в I, II, III и V1)
- **Норма:**  $P < 0,10$  с;  $P \leq 2,5$  мм; P в I, II, aVF, V2-V6 - всегда (+); P в aVR всегда (-); P в III и aVL м.б. (+), ( $\pm$ ) или (-).
- **Анализ комплекса QRS** (определить ампл. и длительность Q, R и S, их расщепление и деформацию)
- **Норма:** QRS = 0,08-0,10 с; зубец  $Q \leq 0,03$  с и  $< 1/4 R$ ; Макс. R в V4; ПЗ в V3

- **Анализ сегмента RS-T:** (определить форму Q, R и S и смещение точки соединения - J - и точки, отстоящей на 80 мс от нее).
- **Норма:** RS-T - на изолинии; возможны депрессия  $\leq 0,5$  мм в V5-V6 при (+) T и/или подъем RS-T  $\leq 2,0$  мм в V2-V3.
- **Анализ зубца T** (определить полярность, форму и амплитуду T)
- **Норма:** T в I, II, aVF, V2-V6 всегда (+); T в aVR всегда (-); T в III, aVL, V1, м.б. (+), ( $\pm$ ) или (-);  $TV1 > TV6$  и  $TV6 > TV1$ ;
- **Анализ интервала Q-T** (сравнить Q-T с должной величиной  $Q-T = K \sqrt{R-R}$  при  $K = 0,37$  (у мужчин) или  $0,40$  (у женщин)).



