

# НОРМАЛЬНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ – ЛЕКЦИЯ № 3

*Биоэлектрические явления в  
возбудимых тканях*

# Биоэлектрические явления в возбудимых тканях

- Возбуждение характеризуется совокупностью электрических, химических, функций и структурных изменений живой клетки. Среди них особое место занимает биоэлектрические явления в тканях.
- Краткие исторические сведения.
- Явление «животного электричества» в тканях, клетках зародилась во II половине 18 века.
- Гальвани написал “Трактат о силах электричества при мышечном сокращении (1791). Опыт Гальвани:  
1.- подвешивали препарат лягушки на медном крючке, ветер, балкон, сокращения

# Биоэлектрические явления в возбудимых тканях

- 2 - перебрасывая нервы на обнаженные мышцы голени - они сокращались. В 20-х годов 19 века появился гальванометр – электроизмерительные приборы Вольта (1792)- в опытах Гальвани источником тока был не спинной мозг лягушки, а цепь образованная из разных металлов – меди и Fe. Опыт Matteucci (1838) – наружная поверхность мышцы заряжена + по отношению к ее внутреннему содержимому и она изменяется при возбуждении. Суть опыта – вторичного сокращения при накладывании на сокращающиеся мышцы нерв второго нервно-мышечного препарата, его мышцы сокращаются.

# Электрические явления в ЖИВЫХ ТКАНЯХ

- Электрические явления в живых тканях были разработаны в 40-50 г. XIX столетия (микроэлектроды с клеточных мембран). Дюбуа-Реймон (1848) – изучал потенциал в мышцах и нервах в состоянии покоя и возбуждения. Затем появились осциллографы – струйные, шлейфные и катодные, которых записывали электрические явления в тканях. В 40-50 г. нашего столетия появились электроды, измеряющие заряды с клеточных мембран (строение микроэлектрода), изучали ионные каналы.

# Биологические мембраны

- Биологические мембраны, строение и функции. Состоит из билипидного слоя и фосфолипидов, гидрофильные, гидрофобными концами направленные в сторону жидкости, – поэтому жидкости не могут свободно двигаться.
- Свойства мембраны:
  - 1.обграничитель (разделяет цитоплазму);
  - 2.механическая ( от механических повреждений);
  3. Защитная и транспортная по каналам ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OH}^+$ ,  $\text{H}^+$  и др). Каналы работают по принципу ворот – открытые или закрытые.

# Электрические ответы возбудимых тканей, клеток

1. Локальный ответ;
2. Распространяющийся ПД;
3. Следовые потенциалы;
4. Возбуждающиеся и тормозные постсинаптические потенциалы;
5. Генераторные потенциалы (возникновение ПД).  
Перенос  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ , и  $Cl^-$  поддерживаются работой ионных каналов, используют для своей работы энергию обмена веществ, АТФ, КФ. Методы регистрации электрических потенциалов: ЭДТ, ЭЭГ, ЭКОГ, РГ, плетизмография, электромиография.

# ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ (ПП)

- Измеряет микроэлектродом. В состоянии покоя между наружной и внутренней поверхностью существует разность потенциалов 60-90 мв. Эту разность потенциалов называют ПП или МП. Факторы, меняющие ПП клеток:
  - 1. сила электрического тока;
  - 2. Ионный состав клетки;
  - 3. От концентр. токсинов;
  - 4. Нарушении снабжении O<sub>2</sub> ;
  - 5. От состояния проницаемости мембраны для ионов. Ионы Cl<sup>-</sup> не играют роли в нервных клетках, в скелетных (как K<sup>+</sup>).

# Происхождение потенциала покоя.

- Мембранно-ионная теория Бернштейна (1902) модифицированы Ходжкиным, Хаксли (1952) - биоэлектрические потенциалы обусловлены неодинаковой концентрацией ионов  $K^{++}$ ,  $Na$ ,  $Ca$ ,  $Cl^-$  внутри и вне клетки и различной проницаемостью для них поверхностной мембраны. Протоплазма нервных и мышечных клеток содержат в 30-50 раз  $> K^+$ , в 8-10 раз  $< Na$  и  $50 < Cl$ , чем в внеклеточная жидкость. Препятствием для быстрого выравнивания этой разницы является тончайшая (ок 100 Å) плазматическая мембрана, покрывающая живые клетки. Имеются тонкие каналыцы – и поры через него проходят молекулы  $H_2O$ , др. вещества, ионы. В покое мембрана нервных волокон примерно в 20 – 100 раз более проницаема для ионов  $K^+$ , чем для  $Na^+$ , а при возбуждении  $Na^-$  проницаемость превышает  $K^+$ . Опыты Бернштейна-Ходжкина
- Сосуды с различной концентрации  $K_2SO_4$



# Потенциал покоя

- 1. Потенциал покоя определяется разностью концентрации;
- 2. Соотношением проницаемости для этих ионов.
- Роль обмена веществ в генезе Потенциала покоя . Особое высокомолекулярное устройство «натриевый насос» - обеспечивает ----- Ca, K, Na и Cl – против их концентрационных градиентов, т.е. совершает определенную работу. Непосредственным источником является АТФ фаза, обеспечивает выход 3 М ионов Na и выход 2 м. K+ в клетку. Насос электрогенен и создает на мембране разность потенциалов, суммирующийся с Потенциалом покоя . Т.О в формировании Потенциала покоя натриевый насос играет двоякую роль:
  - 1. Создает и поддерживает транс капиллярный градиент концентрации Na и K;
  - 2. Генерирует разность потенциалов. Следовой потенциал состоит из: следовой деполяризации и следовой гиперполяризации. Следовые потенциалы более чувствительны к изм. исх. ПД, ионного состава среды, O<sub>2</sub> снабжения волокон и т. д. Характерная особенность следовых ПД – способ-ть изме-ся в процессе ритмической импульсации. Изменение возбудимости при возбуждении:

# Изменение возбудимости при возбуждении:

- 1. локальный ответ местное повышение возбудимости;
- 2. Абсолютная рефрактерность;
- 3. Относительная рефрактерность;
- 4. – супернормальный период ( $>$  возбудимость);
- 5-субнормальный период (пониженный)
- Чтобы возник новый импульс, интервал между ними должен больше величины рефрактерного периода. Частота раздражений, который вызывает максимальный сократительный эффект была названа оптимальной частотой. Пессимальная частота – переход возбуждающего процесса в тормозной (Введенский).

# Изменение возбудимости при возбуждении

- При возбуждении обмен веществ усиливается в цитоплазме мембраны. Усиливается распад АТФ, КФ, С, Б, Л > ресинтез АТФ, КФ, медиаторов – А, НА, ацетилхолина, > синтез РНК и Б.
- Потенциал действия (ПД) – быстрое колебание мембранного потенциала возникающего при возбуждении клеток. ПД возник. Распространяется в доль нервного волокна или мышцы. По нервам достигнув его окончания, вызывают секрецию медиаторов, обеспечивающих передачу сигнала на мышечные или нервные клетки. В мышцах ПД вызывает сокращение. Заряд на наружной поверхности (-) по отношению к соседнему – покоящемуся участку. Кривая возбуждения, ее фазы:
- локальный ответ – начальный этап деполяризации, стимул не достигает определенной величины. > Na<sup>+</sup> ----- внутрь клетки и вызывает ПД.
- Деполяризация – снижения разности ПД с противоположным знаком Na<sup>+</sup> в клетке

# Изменение возбудимости при возбуждении

- Инверсия – пик или заряд
- Реполяризация – восстановлению исходного ПД  $\uparrow K^+$  ----- на поверхность клеток
- Отрицательный следовой потенциал  $\uparrow Na^+$  еще активны
- Положительный следовой потенциал  $\uparrow K^+$  - гиперполяризации

# Локальный ответ

- Локальный ответ – местный проход, ниже порога возбудимости. Подчиняется закону силовых отношений и зависит от силы стимула. Чем больше порогового раздражителя, тем больше локальный ответ. Во время пика МП = + 30—40 мВ. Длительность ПД варьирует от 0,5-3 мс. При чем фаза реполяризации продолжительнее фаза деполяризации. Длительность фазы реполяризации зависит от температуры тела.
- -  $< t_0$  уф 100 продолжительность пика увеличивается в 3 раза. Нисходящая часть ПД – следовая деполяризация делится на две неравные части. В начале падение ПД быстрое, затем замедляется. Этот нисходящий ПД их прямая медленная и называют следовой деполяризацией. Они изм-ся в процессе ритмической импульсации. В состоянии покоя проницаемость мембран для  $K^+$  превышает натриевую.