

ОСНОВНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕРВНЫХ КЛЕТОК

1. Возбудимость, показатели состояния возбудимости нервной ткани
2. Торможение нервных клеток

Вопрос 1

Возбудимость, показатели состояния возбудимости нервной ткани

Основными свойствами клеток нервной системы являются свойства возбудимости и проводимости. Свойство возбудимости является частным случаем общего для всех живых организмов свойством раздражимости, т.е. способности отвечать на действие внешнего или внутреннего агента – раздражителя.

Определение_1

Раздражитель – это любое изменение внешней или внутренней среды организма, воспринимаемое клетками и вызывающее ответную реакцию.

В зависимости от природы раздражители могут быть физические:

- механические,
- температурные,
- электрические,
- световые;

и химические.

В зависимости от степени чувствительности клеток к тому или иному раздражителю они могут быть адекватными и неадекватными.

Определение_2

Адекватный раздражитель – это такой раздражитель, к которому клетка обладает наибольшей чувствительностью, вследствие наличия специальных структур, воспринимающих этот раздражитель.

Адекватным раздражителем для клеток нервной системы являются медиаторы и электрические импульсы. В ответ на действие адекватного раздражителя в нервной клетке изменяется ионная проницаемость, которая ведет к возникновению состояния возбуждения при деполяризации мембраны, либо к состоянию торможения, при гиперполяризации мембраны.

Определение_3

Возбудимость – это свойство нейрона формировать потенциал действия в ответ на раздражение

Возбудимость клетки имеет несколько фаз, каждая из которых соответствует определенной фазе потенциала действия. Фазовые состояния возбудимости определяются состоянием проницаемости клеточной мембраны. Рассматриваю четыре фазы возбудимости:

- кратковременное повышение возбудимости,
- фаза абсолютной рефрактерности,
- фаза относительной рефрактерности,
- фаза экзальтации.

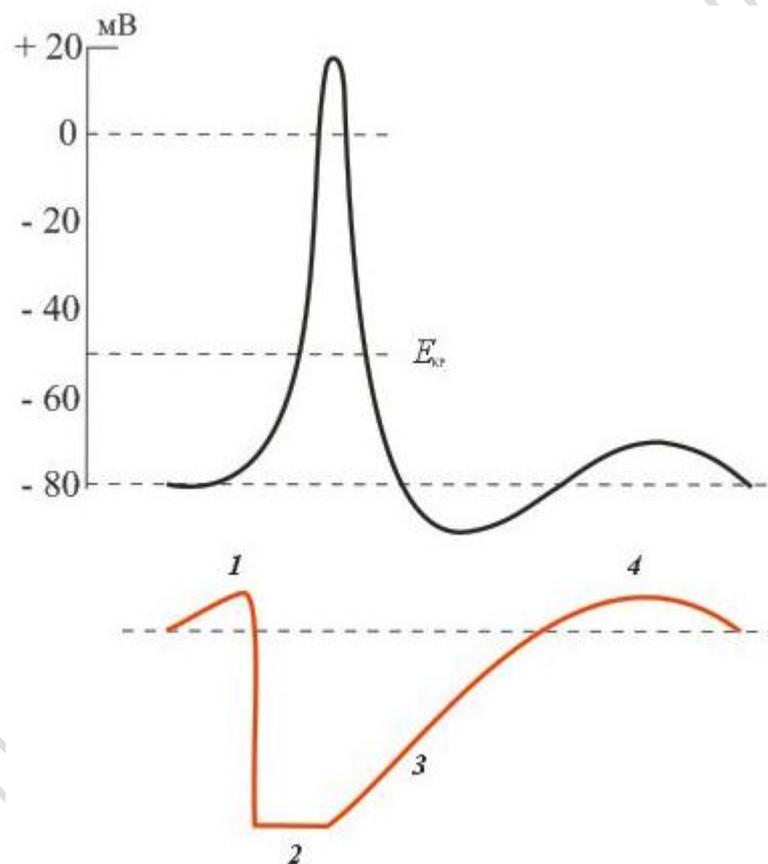


Рисунок 1 – Фазовые изменения возбудимости клетки

Фаза кратковременного повышения возбудимости соответствует началу первичной деполяризации мембраны. Если деполяризация не достигает критической величины, то возникает локальный потенциал. В случае достижения критического уровня деполяризации развивается потенциал действия. Первая фаза характеризуется как период повышенной чувствительности к действию адекватного раздражителя, т.к. в этот момент открывается часть потенциал чувствительных каналов натрия.

Фаза абсолютной рефрактерности – это фаза полной не возбудимости клетки, она соответствует пику потенциала действия и продолжается 1-2 мс. Клетка в этот момент не отвечает на раздражитель в не зависимости от его силы или частоты. Объяснить отсутствие какой-либо чувствительности в этот период можно тем, что все потенциал чувствительные каналы находятся в открытом состоянии. Через ионные каналы в клетку поступает большое количество ионов натрия, причем, чем больше ионов поступает в клетку, тем больше становится деполяризации мембраны, которая препятствует дальнейшему поступлению ионов натрия и ограничивает развитие ПД и обуславливает фазу абсолютной рефрактерности.

Фаза относительной рефрактерности – это период восстановления возбудимости, когда сильное раздражение может вызвать новое возбуждение. Эта фаза соответствует времени реполяризации мембраны, когда начинается активное выведение из клетки положительно заряженных ионов натрия и калия.

Фаза экзальтации – это период повышенной возбудимости, который соответствует так называемой следовой деполяризации. Это период времени наступает вслед за полной реполяризацией мембраны и сопровождается кратковременным повышением чувствительности натриевых ионных каналов. В фазу экзальтации даже незначительное действие адекватного раздражителя способно вызвать потенциал действия.

Возбудимость клетки меняется в процессе возбуждения и при изменении химического состава внеклеточной жидкости, например, в результате длительной высокой активности клеток. Показателями состояния возбудимости нервной ткани являются:

- пороговый потенциал,
- пороговая сила,
- пороговое время.

Определение 4

Пороговый потенциал ΔE – это минимальная величина, на которую надо уменьшить потенциал покоя, чтобы вызвать возбуждение.

Пороговый потенциал и возбудимость клеток находится в обратных отношениях:

Правило 1

Чем выше возбудимость клеток, тем меньше у них пороговый потенциал.

Значение порогового потенциала, при котором развивается возбуждение, называют критический уровень деполяризации $E_{кр}$ (КУД), обычно он составляет -50 мВ. Таким образом, пороговый потенциал можно оценить по формуле (1):

$$\Delta E = E_0 - E_{кр} \quad (1)$$

где E_0 – нулевой уровень деполяризации, или состояние покоя.

Определение_5

Пороговая сила – это наименьшая сила раздражителя, способная вызывать возбуждение (ПД).

Сила раздражителя отражает степень выраженности раздражающего воздействия стимула на ткань и выражается в единицах электрического тока (амперах), температуры, концентрации химического вещества (ммоль/л), силе звука (децибелах) и т.д.

В случае, когда для вызова импульсного возбуждения используется электрический ток, понятие пороговая сила заменяет определение *реобазы*, т.е. наименьшая сила электрического тока, способная вызвать возбуждение. Выразить величину реобазы можно с помощью формулы 1, поскольку она соответствует критическому уровню деполяризации мембраны ($E_{кр} = \Delta E - E_0$).

Определение_6

Пороговое время – это минимальное время, в течение которого на ткань должен действовать раздражитель пороговой силы, чтобы вызвать ее возбуждение.

В эксперименте чаще используют не пороговое время, а *хронаксию*, т.е. наименьшее время, в течение которого должен действовать электрический ток в две реобазы, чтобы вызвать возбуждение.

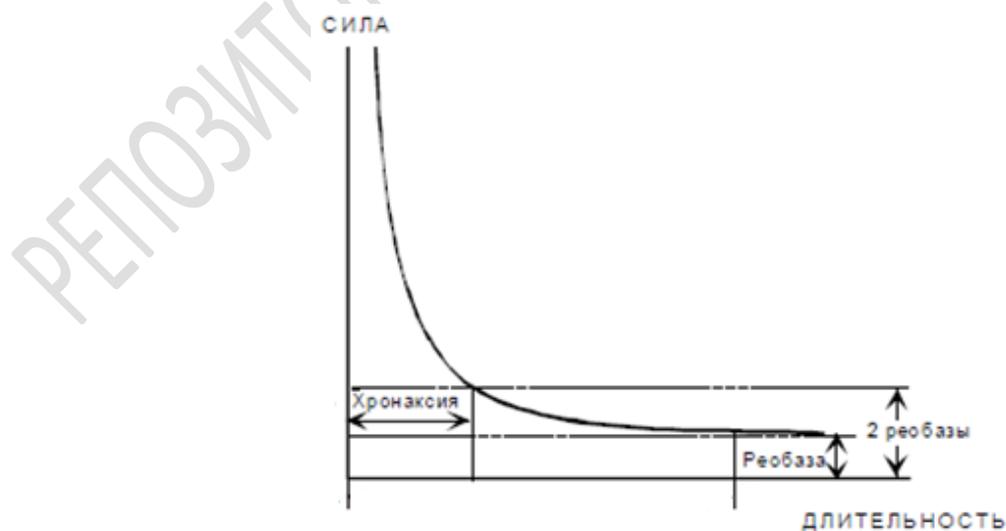


Рисунок 1 - Кривая зависимости между временем действия раздражителя и его силой

Соотношение между временем действия раздражителя и сверхпороговой силой, необходимой для возбуждения отражает кривая Гоорвега-Вейса-Лапика¹ (рисунок 1). Эта кривая показывает, что уменьшение величины электрического тока ниже определенной критической величины не приводит к возбуждению ткани не зависимо от продолжительности времени, в течении которого действует раздражитель.

Показателем скорости реакции является та наименьшая крутизна нарастания тока, при которой раздражающий стимул еще сохраняет способность вызывать потенциал действия. Эту минимальную крутизну нарастания тока называют минимальным градиентом, или критическим наклоном. Его выражают или в абсолютных величинах — мА /сек, или в относительных единицах - реобаза/сек.

Вопрос_2

Торможение нервных клеток

Определение_4

Торможение – это активный нервный процесс, результатом которого является прекращение или ослабление возбуждения

Торможение в ЦНС, можно классифицировать по различным признакам:

- электрическому состоянию мембраны (гиперполяризионное и деполяризионное);
- отношению к синапсу (постсинаптическое и пресинаптическое);
- нейрональной организации (поступательное, возвратное, латеральное).

Постсинаптическое торможение — основной вид торможения, заключается в том, что в нервных окончаниях тормозящих нейронов под влиянием приходящего по аксону импульса выделяется медиатор, который гиперполяризует постсинаптическую мембрану другого возбуждающего нейрона. Гиперполяризионный потенциал называют тормозным постсинаптическим потенциалом (ТПСП).

В постсинаптической мембране деполяризация не может достигнуть критического уровня (КУД), в результате чего возбуждение по нейрону не распространяется. ТПСП возникает под влиянием аминокислоты глицина (*рассмотрите самостоятельно механизм действия глицина*).

Разновидности постсинаптического потенциала:

- возвратное торможение,
- латеральное торможение,

¹ Графики функций вида $y = kx^{-n}$, где n — натуральное число, называются гиперболами порядка n . При $k = 1$ получается функция, называемая обратной пропорциональной зависимостью.

- параллельное торможение,
- прямое (реципрокное) торможение.

Возвратное постсинаптическое торможение – это такое торможение, когда тормозные вставочные нейроны действуют на те же нервные клетки, которые их активируют. Например, торможение в мотонейронах спинного мозга.

Параллельное торможение – это такое торможение, когда возбуждение блокирует само себя за счет дивергенции по боковому (коллатеральному) аксону, включая тормозную клетку.

Латеральное торможение – это такое торможение, при котором тормозные нейроны соединяются таким образом, что они активируются импульсами от возбужденного центра и влияют на соседние клетки с такими же функциями.

Прямое торможение вызывают угнетение антагонистов при раздражении кожных рецепторов, вызывающих сгибательный рефлекс – центр сгибания возбужден, центр разгибания заторможен (коленный рефлекс).

Деполаризационное торможение – это торможение, которое возникает в результате деполаризации мембраны нервной клетки (т.е. в результате возникновения потенциала действия).

Гиперполяризационное торможение – это торможение, которое возникает в результате повышения электрохимического градиента на мембране нервной клетки, в результате чего критический уровень деполаризации повышается, что требует открытия большего количества ионных каналов для натрия.

Пресинаптическое торможение локализуется в пресинаптических окончаниях, т.е. в разветвлениях (терминалях) возбуждающего нейрона. На этих терминалях располагаются окончания аксона тормозящего нейрона. При его возбуждении тормозной медиатор частично или полностью блокирует проведение возбуждения возбуждающего нейрона, и его влияние не передается на другой нейрон.

Тормозным пресинаптическим нейромедиатором служит гамма-аминомасляная кислота (ГАМК) (*рассмотрите самостоятельно механизм действия ГАМК*).

Разновидности пресинаптического потенциала:

- латеральное торможение
- параллельное торможение

Организация этого торможения внешне похожа на варианты постсинаптического торможения, отличие состоит в механизме реализации: *возбуждение задерживается не на теле нейрона, а на подступах к нему*. В случае постсинаптического торможения заторможен нейрон и снижена возбудимость его тела.