**Свойства возбудимых мембран**

Аксонами (нервными волокнами) называются отростки, проводящие импульс от тела клетки к другим клеткам или периферическим органам. Мембрана аксона состоит из двойного слоя липидов, направленных гидрофильными головками наружу и гидрофобными хвостами внутрь. В нее встроены белки, выполняющие функции каналов, через которые ионы Na и K проходят сквозь мембрану, и молекулярные насосы, обеспечивающие ионное неравновесие с помощью 1/3 энергии АТФ.

Нерв состоит из пучков нервных волокон. Нервное волокно может быть миелинизированным и немиелинизированным. Миелиновую оболочку образуют шванновские клетки. Через регулярные промежутки она прерывается перехватами Ранвье. Немиелинизированные волокна не имеют миелиновой оболочки, но погружены в нейроглиальные клетки.

Потенциал покоя обусловлен разностью ионных концентраций внутри клетки и снаружи, когда она в неактивном состоянии – при отсутствия стимула. Он равен -80 мВ. Внутри клетки – в аксоплазме – меньше ионов Na и больше K, а снаружи наоборот. Такая концентрация поддерживается катионными насосами за счет энергии АТФ. Ими из аксона выводится Na и поглощается K. Активному транспорту ионов противостоит пассивный, когда они движутся по электрохимическому градиенту: K из клетки, а Na в клетку. Выходя, K выносит с собой положительный заряд и пытается восстановить равновесный потенциал по K, когда силы диффузии уравновешиваются с электростатическими силами.

Неравновесие восстанавливается катионными насосами. В состоянии покоя каналы для Na закрыты – мембрана проницаема только для ионов K. Поэтому потенциал покоя поддерживается транспортом ионов.

Под влиянием нервного импульса (или при стимуляции электрическим током) каналы для Na открываются, и он входит в аксон, внося положительный заряд. Происходит частичная деполяризация мембраны. Если импульс достаточно силен, и открылось много каналов для Na – деполяризация достигает критического уровня, и возникает потенциал действия. Когда деполяризация достигла КУД, она стала необратимой, т.к. повышение натриевой проводимости и деполяризация начинают взаимно усиливать друг друга. Заряд меняет свой знак – теперь он внутри положительный, а снаружи отрицательный (овершут).

На пике потенциала действия проницаемость для Na начинает падать – Na-каналы инактивируются, а затем возрастает проницаемость для K, который выходит наружу. Заряд внутри аксона вновь становится отрицательным за счет аксонов аминокислот, из которых в основном состоит цитоплазма. Это процесс реполяризации. Концентрация ионов Na восстанавливается за счет натриевых насосов, выкачивающих его из клетки.

Период абсолютной рефрактерности – состояние, когда нейрон не отвечает на стимул (а следовательно деполяризацию мембраны) изменением натриевой проводимости, т.к. все каналы для Na инактивированны. Когда каналы постепенно восстанавливаются, наблюдается период относительной рефрактерности. Когда все каналы восстановлены, нейрон снова может отвечать на импульсы с максимальной амплитудой потенциала действия. Период рефрактерности ограничивает возможную частоту нервных импульсов и обеспечивает их передачу в одном направлении.

Зависимость пороговой силы раздражения от длительности стимула обратная, т.е. чем меньше длительность, тем выше пороговая сила раздражения и наоборот. Но нерв не будет отвечать на импульсы меньше определенной силы или короче определенной длительности. Нервный импульс пробегает по аксону как волна деполяризации. Когда Na входит в аксон, в данном участке создается область положительного заряда, и возникает ток между этим активным участком и отрицательно заряженной областью перед ним. В этой области снижается мембранный потенциал, повышается проводимость для Na, и возникает ПД.

В миелинизированных волокнах Na может заходить в аксон только в перехватах Ранвье, и миелиновая оболочка обладает большим сопротивлением. Местные цепи замыкаются в перехватах Ранвье, импульс перескакивает между ними. Поэтому в миелинозированных волокнах скорость проведения импульса не 1-3 м/с, как в немиелинизированных, а 70-100 м/с.

Методика.

1. Объект: лягушка травяная

2. Оборудование: - осциллограф двухлучевой С1-69,

- электростимулятор лабораторный ЭСЛ-2,

- влажно-воздушная камерка

3. Инструменты:

ножницы средние, ножницы глазные, пинцет глазной, крючки стеклянные, лигатура, зонд, ванночка, вата, раствор Рингера.

4. Препаровка:

Обездвиживаем лягушку, вводя зонд через ромбовидную ямку и разрушая последовательно головной и спинной мозги. Отрезаем нижнюю часть тела с частью спинного мозга. Ватой удаляем внутренние органы и снимаем кожу. Отрезаем хвостовой отросток и, начиная с позвоночника, разрезаем лягушку вдоль пополам. Укладываем препарат в ванночку вентральной стороной вниз. Раздвигаем мышцы и прикалываем их булавками. Стеклянными крючками выделяем седалищный нерв, отрезая побочные ветви и другие ткани. Перерезаем нерв около колена и отрезаем оставшиеся части – остается кусочек позвоночника с отходящим от него седалищным нервом.

5. Задачи:

1) Определить порог раздражения нерва лягушки

2) Определить максимальную силу раздражения нерва лягушки

3) Зарегистрировать кривую «сила-время»

4) Определить абсолютный и относительный рефракторные периоды

6. Полученные результаты:

1) При длительности стимула 0,5 мс и частоте 33 Гц нерв ответил только, когда силу раздражения увеличили до 150 мВ. Значит 150 мВ является порогом раздражения.

2) Таблица зависимости амплитуды ПД от силы раздражения при длительности 0,5 мс и частоте 33 Гц.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сила(мВ) | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 280 | 290 | 300 | 310 |
| ПД(мм) | 1 | 3 | 5 | 7 | 10 | 13 | 16 | 20 | 22 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 29 |
| ПД(мВ) | 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,3 | 1,6 | 2 | 2,2 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |

При силе раздражения 290 мВ и больше, амплитуда ПД нерва перестала увеличиваться, достигнув максимальной величины. Максимальная сила раздражения – 290 мВ.

Нерв состоит из нервных волокон, каждое из которых отвечает по закону «все или ничего» и имеет свой порог раздражения. При увеличении силы стимула всё больше волокон отвечают, поэтому амплитуда ПД нерва увеличивается. Когда отвечают все волокна, она достигает максимума и больше не изменяется.

3) Зависимость пороговой силы раздражения от длительности стимула.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время (мс) | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| Сила (мВ) | 400 | 260 | 200 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 120 | 120 |

Пороговая сила – 120 мВ (при меньшей силе ответа нет)

Пороговое время – 0,1 мс (при меньшей длительности ответа нет)

Обратная зависимость

4) Если давать стимул через маленький промежуток времени после предыдущего, вызвавшего ПД максимальной амплитуды, то нерв ответа не даст, т.к. находится в состоянии абсолютной рефрактерности.

В опыте нерв ответил с небольшой амплитудой ПД только через 2 мс после первого импульса.

Значит 2 мс – период абсолютной рефрактерности.

Со временем натриевые каналы восстанавливаются и нерв может отвечать. Своей максимальной амплитуды ПД достиг через 5 мс после первого импульса. От 2 до 5 мс (т.е. 3 мс) длился период относительной рефрактерности, когда ПД возникал, но его амплитуда была меньше максимальной.

7. Выводы:

Порог раздражения нерва лягушки равен 150 мВ.

Максимальная сила раздражения нерва – 290 мВ.

Кривая «сила-время» зарегистрирована.

Период абсолютной рефрактерности – 2 мс

Период относительной рефрактерности – 3 мс

**Список литературы**

«Биология», Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор; М, «Мир», 1996г.