**Лекция 3. Физиология нервной клетки**

1. **Структурно-функциональная характеристика нервных и глиальных клеток**
2. **Функции органелл нейрона**
3. **Механизмы транспорта веществ через клеточную мембрану. ПП и ПД**
4. **Основные свойства нервной клетки**

**1**.Нервная клетка (нейрон) – это структурно-функциональная единица нервной ткани. Выделяют тело нейрона и его отростки. Облочка нейрона (клеточная мембрана) образует змкнутое пространство, содержащее протоплазму(цитоплазму и ядро). Цитоплазма состоит из основного вещества (*цитозоль, гиалоплазма*) и органелл. Гиалоплазма является внутренней средой нейрона. Большинство органелл и ядро имеют свои собственные внутриклеточные мембраны, обладающие избирательной проницаемостью к отдельным ионам и частицам, находящимся в гиалоплазме и органеллах.

Мозг человека содержит около 50 млрд. нервных клеток, взаимодействие между которыми осуществляется посредством множества синапсов, число которых в тысячи раз больше самих клеток (1015-1016), так как их аксоны многократно делятся дихотомически. Нервные клетки имеются и вне ЦНС – периферический отдел вегетативной нервной системы, афферентные нейроны спинномозговых ганглиев и ганглиев черепных нервов. Однако периферических нервных клеток по сравнению с центральными очень мало – около 25 млн. Важную роль в деятельности нервной системы играют *глиальные клетки*.

Отростки нейрона представляют собой большое число дендритов и один аксон. Нервные клетки имеют электрический заряд. ПП нейрона составляет 60-80 мВ, ПД, т.е. нервный импульс – 80-100 мВ. Сома и дендриты покрыты нервными окончаниями других нейронов – синаптическими бутонами и отростками глиальных клеток. На одном нейроне число синаптических бутонов может достигать 10 тыс. Один нейрон, посылая импульсы в кору большого мозга в результате многократного деления ветвей аксона, может образовывать синаптические связи с 5 тыс. нейронов. Аксон начинается от тела клетки аксонным холмиком. На периферии длина аксона может достигать 1 м и более.

**Классификация нейронов.**  В зависимости от главного признака, выделяют следующие группы:

1. По основному медиатору, выделяющемуся в окончаниях аксонов: *адренергические, холинергические, серотонинергические* и т.д. Кроме того, имеются и смешанные нейроны, содержащие два основных медиатора, например, глицин и гамма-аминомасляную кислоту (ГАМК).
2. В зависимости от отдела ЦНС: соматической и вегетативной нервной системы.
3. По направлению информации: а). *афферентные*, воспринимающие с помощью рецепторов информацию о внешней и внутренней среде организма и передающие ее в вышележащие отделы ЦНС; б) *эфферентные,* передающие информацию к рабочим органам – эффекторам; в). *вставочные* (интернейроны), обеспечивающие взаимодействие между нейронами ЦНС.
4. По влиянию: *возбуждающие и тормозящие.*
5. По активности: *фоново-активные и молчащие,* возбуждающиеся только в ответ на раздражение. Фоново-активные нейроны играют важную роль в поддержании тонуса ЦНС и особенно коры большого мозга.
6. По воспринимаемой сенсорной информации: *моно-, би- и полимодальные* нейроны. Мономодальными являются нейроны центра слуха в коре большого мозга, бимодальные - встречаются во вторичных зонах анализатора в коре большого мозга, реагируют на световые и звуковые раздражители), полимодальные – это нейроны ассоциативных зон мозга, моторной коры, они реагируют на раздражения рецепторов кожного, зрительного, слухового и других анализаторов.

**Функциональные структуры нейрона.**

1. *Структуры, обеспечивающие синтез макромолекул –* это сома, т.е. тело нейрона, выполняющее трофическую функцию по отношению к отросткам (аксону и дендритам) и клеткам-эффекторам.
2. *Структуры, воспринимающие импульсы от других нервных клеток –* это и дендриты нейрона с расположенными на них шипиками, занимающие до 40% поверхности сомы нейрона и дендритов.
3. *Структуры, где обычно возникает ПД –* аксонный холмик.
4. *Структуры, проводящие возбуждение к другому нейрону или к аффекторной клетке –* аксон.
5. *Структуры, передающие импульсы на другие клетки – синапсы.*

**Классификация синапсов ЦНС**  проводится также по нескольким признакам:

1. По способу передачи сигналов: а).*химические* (наиболее распространенные в ЦНС) синапсы, в которых посредником (медиатором) служит химическое вещество; б).*электрические* ( в которых сигналы передаются электрическим током); в).*смешанные* – электрохимические.
2. В зависимости от местоположения: *а) аксосоматические; б). аксодендритные; в). аксо-аксонные; г). дендросоматические;д). дендродендритные.*
3. По эффекту: *возбуждающие и тормозящие.*

**Глиальные клетки** – (нейроглия «нервный клей»)более многочисленны, чем нейроны, составляют около 50% объема ЦНС, и способны к делению в течение всей жизни. Размеры глиальных клеток в 3-4 раза меньше, чем нервных, их число достигает 14х1010, с возрастом оно увеличивается (число нейронов уменьшается). Глиальные клетки выполняют несколько функций: опорную, защитную, изолирующую, обменную (снабжение нейронов питательными веществами).

**Специфические функции нервных клеток ЦНС** и периферического отдела н.с.

*1.Восприятие изменений* внешней и внутренней среды организма, осуществляющееся, во-первых. С помощью периферических нервных образований- сенсорных рецепторов, во-вторых, посредством шипикового аппарата дендрита тела нейрона.

*2.Передача сигнала* другим нервным клеткам и клеткам-эффекторам, обеспечивая регуляцию их функций с помощью синапсов.

*3. Переработка поступающей к нейрону информации*, осуществляемая посредством взаимодействия возбуждающих и тормозящих влияний, пришедших к нейрону нервных импульсов.

*4. Хранение информации* с помощью механизмов памяти.

*5. Трофическое влияние* на эффекторные клетки организма с помощью химических веществ самих нервных клеток.

**2.** Органеллы нейрона находятся в гиалоплазме, состоящей из воды и находящихся в ней различных ионов и органических веществ (глюкоза, аминокислоты, белки, фосфолипиды, холестерин). Гиалоплазма является внутренней средой нейрона, обеспечивающей взаимодействие всех клеточных структур друг с другом посредством транспорта веществ, потребляемых и синтезируемых клеткой. Гиалоплазма выполняет также функцию депо гликогена, липидов. Пигментов. Большинство внутриклеточных органелл (мембранные органеллы – ядро, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, митохондрии, лизосомы) имеют собственные мембраны, а некоторые (рибосомы, микротрубочки, микрофиламенты и промежуточные филаменты) не имеют собственных мембран. Каждая органелла выполняет свои специфические функции.

**Мембранные органеллы цитоплазмы.** Эндоплазматический ретикулум представляет собой систему канальцев, уплощенных цистерн и мелких пузырьков. Функции:

А). является резервуаром для различных ионов, в том числе, Са;

Б). обеспечивает синтез и транспорт различных веществ, в том числе молекул белков и липидов;

В). обеспечивает детоксикацию ядовитых веществ, попадающих в организм.

Аппарат Гольджи представляет собой систему упакованных уплощенных мешочков (цистерн), вакуолей и транспортных пузырьков. Его функции тесно связаны с функцией эндоплазматического ретикулума, от которого отделяются транспортные пузырьки и сливаются с аппаратом Гольджи, обеспечивающим формирование и созревание ферментов лизосом, белков, элементов клеточной мембраны.

Митохондрии называют энергетическими станциями клеток, так как в них вырабатывается основное количество энергии из поступающих в организм питательных веществ. М. представляют собой округлые, овальные или удлиненные образования с двойной мембраной, каждая из которых состоит из двух слоев липидно-белковых молекул. Внутренняя мембрана имеет выросты, обращенные внутрь мит., а содержимое последней называют матриксом.

Лизосомы - это отпочковывавшиеся от аппарата Гольджи в виде мешочков участки, содержащие большое количество кислых гидролаз. Основная функция л. – переваривание поступающих в клетку нуклеиновых кислот, продуктов гидролиза белков, углеводов и жиров, бактерий и клеток, гранул гликогена – это внутриклеточная пищеварительная система.

Рибосомы – плотные частицы, состоящие из рибосомных РНК и белка, причем РНК составляет примерно 60% всей массы рибосомы, функцией которой является синтез белков. Р. либо свободно располагаются в гиалоплазме, либо соединяются с эндоплазматическим ретикулумом. На р. синтезируются различные по функциям белки: ферменты, белки-переносчики, рецепторы ит.д.

Ядро несет генетическую информацию и обеспечивает регуляцию синтеза белка в клетке. Это самая большая органелла клетки. Оно состоит из ядерной оболочки (мембраны), хроматина, ядрышка и кариоплазмы.

**3.** Транспорт частиц через клеточную мембрану нейрона обеспечивает:

1). Поступление в клетку различных веществ, необходимых для синтеза клеточных структур и выработки энергии;

2). Выделение клетками продуктов ее обмена и биологически активных веществ – нейрогормонов, нейромедиаторов;

3). Создание электрических зарядов клеток, возникновение и распространение возбуждения.

Расход энергии в организме на транспорт веществ в одних случаях осуществляется непосредственно, а в других – опосредованно. Если энергия расходуется непосредственно на перенос частицы, транспорт называют первично-активным. При расходовании ранее запасенной энергии на транспорт частиц, транспорт называют вторично-активным. Поскольку транспорт веществ в обоих случаях является активным, используют термины *первичный* и *вторичный* транспорт веществ.

Главную роль в возбуждении нейрона играют ионные каналы мембраны. Эти каналы бывают двух видов: одни работают постоянно и откачивают из нейрона ионы натрия и накачивают в цитоплазму ионы калия. Благодаря работе этих каналов (их называют еще *насосными каналами* или *ионным насосом),* постоянно потребляющих энергию, в клетке создается разность концентраций ионов: внутри клетки концентрация ионов калия примерно в 30 раз превышает их концентрацию вне клетки, тогда как концентрация ионов натрия в клетке очень небольшая -примерно в 50 раз меньше, чем снаружи клетки. Свойство мембраны постоянно поддерживать разность ионных концентраций между цитоплазмой и окружающей средой характерно не только для нервной, но и для любой клетки организма. В результате между цитоплазмой и внешней средой на мембране клетки возникает потенциал: *цитоплазма клетки заряжается отрицательно на величину около 70мВ относительно внешней среды клетки.* Измерить этот потенциал можно в лаборатории стеклянным электродом, если в клетку ввести очень тонкую (меньше 1 мкм) стеклянную трубочку, заполненную раствором соли. Стекло в таком электроде играет роль хорошего изолятора, а раствор соли - проводника. Электрод соединяют с усилителем электрических сигналов и на экране осциллографа регистрируют этот потенциал. Оказывается, потенциал порядка - 70 мВ сохраняется в отсутствие ионов натрия, но зависит от концентрации ионов калия. Другими словами, в создании этого потенциала участвуют только ионы калия, в связи, с чем этот потенциал получил название «калиевый потенциал покоя», или просто *«потенциал покоя».* Таким образом, это потенциал любой покоящейся клетки нашего организма, в том числе и нейрона.

**Первичный транспорт.** Это такой транспорт, при котором энергия расходуется непосредственно на перенос частицы. Он включает, во-первых, перенос отдельных ионов вопреки концентрационному и электрическому градиентам с помощью специальных *ионов-насосов*, во-вторых, *эндоцитоз, экзоцитоз.* *Насосы* представляют собой беловые молекулы, обладающие свойствами переносчика и АТФазной активностью. Непосредственным источником энергии являются АТФ. Существует несколько видов ионных насосов: натрий-калиевый, кальциевый, водородный и хлорный. Специфичность насосов заключается в том, что они обычно переносят определенный ион или два иона. *Эндоцитоз и экзоцитоз* – это еще два первичных транспорта, близких по механизму друг к другу, посредством которых различные материалы переносятся через мембрану либо в клетку (эндоцитоз), либо из клетки (экзоцитоз), которые не могут транспортироваться по каналам либо с помощью насосов.

**Вторичный транспорт –** это переход различных частиц и молекул воды за счет ранее запасенной (потенциальной) энергии. Потенциальная энергия создается в виде электрического и концентрационного градиентов, гидростатического давления, что обеспечивает транспорт веществ через клеточную мембрану нейронов и кровеносных сосудов. К вторичному транспорту относятся следующие виды: диффузия (перемещение частиц из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией), натриевый механизм (энергия затрачивается на создание градиента натрия).

1. ***Потенциал покоя*** – это разность между электрическими потенциалами внутри и вне клетки в состоянии покоя. Его величина обычно варьирует в пределах 30-90 мВ. ПП играет исключительно важную роль в жизнедеятельности самой клетки и организма в целом. В частности, он составляет основу возбуждения и переработки информации нервной клеткой, обеспечивает регуляцию деятельности внутренних органов и опорно-двигательного аппарата посредством запуска процессов возбуждения и сокращения в мышце. Согласно мембранно-ионной теории непосредственной причиной формирования ПП является неодинаковая концентрация анионов и катионов внутри и вне клетки. В нервных и мышечных клетках концентрация калия внутри клетки в 30-4- раз больше, чем вне клетки; концентрация натрия вне клетки в 10-12 раз больше, чем в клетке. Ионов хлора вне клетки в 15-20 раз больше, чем внутри клетки. Кальций в свободном состоянии находится в основном вне клетки, что обусловливается активным транспортом его через клеточную мембрану. Под проницаемостью клеточной мембраны понимают ее способность пропускать воду, незаряженные и заряженные частицы (ионы) в соответствии с законами диффузии и фильтрации. Главным ионом, обеспечивающим формирование ПП, является ион К, о чем свидетельствуют результаты опытов. Вход ионов натрия внутрь клетки уменьшает ПП, а ионы хлора, проникая внутрь клетки, увеличивают ПП. Роль ионов кальция в формировании ПП заключается в том, что они взаимодействуют с наружными отрицательными зарядами мембраны, нейтрализуя ее, что ведет к увеличению и стабилизации ПП.
2. ***Потенциал действия –*** это электрофизиологический процесс, выражающийся в быстром колебании мембранного потенциала покоя вследствие перемещения ионов в клетку и из клетки и способный распространятся без затухания. Величина ПД колеблется в пределах 80-130 мВ, длительность пика ПД нервного волокна 0,5-1 мс. Амплитуда ПД не зависит от силы раздражения, она всегда максимальна для данной клетки в конкретных условиях: ПД подчиняется закону «все или ничего», но не подчиняется закону силы. При малом раздражении клетки ПД либо совсем не возникает, либо достигает максимальной величины, если раздражение является пороговым или сверхпороговым. Слабое (подпороговое) раздражение может вызывать локальный потенциал. В составе ПД различают три фазы: 1- деполяризация, т.е. исчезновение заряда клетки (уменьшение мембранного потенциала до нуля); 2- инверсия, т.е. изменение заряда клетки на обратный, когда внутренняя сторона мембраны заряжается положительно, а внешняя - отрицательно; 3- реполяризация, т.е. восстановление исходного заряда клетки, когда внутри клетки заряд снова становится отрицательным, а снаружи – положительным.

Скорость протекания фазовых изменений возбудимости клетки определяет ее лабильность. **Лабильность (функциональная подвижность)-** скорость протекания одного цикла возбуждения, т.е. ПД. Лабильность, как и ПД, определяется скоростью перемещения ионов в клетку и из клетки, которая зависит от скорости изменения проницаемости клеточной мембраны. Мерой лабильности является максимальное число ПД, которое ткань может воспроизвести в 1 с. Лабильность различных тканей существенно различается. Так, лабильность нерва равна 500-1000 имп\с, мышцы – около 200 имп\с, нервно-мышечного синапса – порядка 100 имп\с. Лабильность ткани понижается при длительном бездействии органа и при утомлении, а также в случае нарушения иннервации.

***4.Возбудимость –*** это свойство нейрона генерировать потенциал действия (ПД) на раздражение. Исходя из этого определения, необходимо отметить, что возбудимость является частным случаем наиболее общего свойства всех клеток – раздражимости.

К возбудимым клеткам относятся только те, которые генерируют потенциал действия (ПД). Это мышечные и нервные клетки. ПД проводится по мембранам нервных и мышечных клеток, с его помощью передается информация и обеспечивается управление деятельностью клеток организма.

Невозбудимыми тканями являются эпителиальная и соединительная (собственно соединительная, ретикулярная, жировая, хрящевая, и костная), клетки этих тканей не генерируют ПД при действии на них раздражителя.

*Раздражитель –* это любое изменение внешней или внутренней среды организма, воспринимаемое клетками и вызывающее ответную реакцию. По своей природе раздражители бывают физические (электрические, механические, температурные, световые и химические). В зависимости от степени чувствительности клеток к тому или иному раздражителю их подразделяют на адекватные и неадекватные. Адекватные – это такие раздражители, к которым клетка обладает наибольшей чувствительностью вследствие наличия специальных структур, воспринимающих этот раздражитель. Адекватным раздражителем нейронов являются медиаторы и электрические импульсы. Из всех видов раздражителей в эксперименте чаще всего используют электрический, т.к. он является универсальным, его легко дозировать по силе, длительности, частоте и крутизне нарастания, силе стимула.

***Проводимость –*** это способность клетки и ткани проводить возбуждение. Процессы возбуждения и торможения нервных клеток (электрические явления) обеспечивают выполнение их функций. Все клетки и ткани организма обладают раздражимостью, являющейся общим свойством живой материи изменять свое состояние при действии раздражителя.