**Понятие о возбудимых тканях**

Возбуждение. Возбудимость. Проводимость. Рефрактерность и лабильность. Физиологические свойства нервных волокон (безмиелиновых и миелиновых). Утомляемость нервного волокна. Физиологические свойства синапсов.

"Все регулируется, течет по расчищенным руслам, совершает свой кругооборот в соответствии с законом и под его защитой".

И. Ильф и Е. Петров "Золотой теленок"

Все клетки и ткани живого организма под действием раздражителей переходят из состояния относительного физиологического покоя в состояние активности (возбуждения). Наибольшая степень активности наблюдается в нервной и мышечной ткани.

Главными свойствами возбудимых тканей являются: I. возбудимость, II проводимость, III рефрактерность и лабильность, которые связаны с одним из самых общих свойств живого - раздражимостью.

Изменения в окружающей среде или организме называют раздражителями, а их действие - раздражением.

По природе раздражители бывают: механические, химические, электрические, температурные.

По биологическому признаку раздражители делятся на:

1. адекватные, которые воспринимаются соответствующими специализированными рецепторами (глаза - свет, уха - звук, кожа - боль, температура, прикосновение, давление, вибрация);

2. неадекватные, к которым специализированные рецепторы не приспособлены, но воспринимают их при чрезмерной силе и длительности (удар - глаз - свет).

Наиболее общим, адекватным и естественным раздражителем для всех клеток и тканей организма является нервный импульс.

Основные физиологические свойства нервной ткани (возбудимость, проводимость, рефрактерность и лабильность) характеризуют функциональное состояние нервной системы человека, определяют его психические процессы.

I. Возбудимость - способность живой ткани отвечать на действие раздражителя возникновением процесса возбуждения с изменением физиологических свойств.

Колличественной мерой возбудимости является порог возбуждения, т.е. минимальная величина раздражителя, способная вызвать ответную реакцию тканей.

Раздражитель меньшей силы называют подпороговым, а большей - надпороговым.

Возбудимость представляет собой, в первую очередь, изменение обмена веществ в клетках тканей. Изменение обмена веществ сопровождается переходом через клеточную мембрану отрицательно и положительно заряженных ионов, которые изменяют электрическую активность клетки. Разность потенциалов в покое между внутренним содержимым клетки и клеточной оболочкой, составляющая 50-70 мВ (миллиВольт) называется мембранным потенциалом покоя.

Основой этого состояния клетки является избирательная проницаемость мембраны по отношению к ионам К+ и Na+. Ионам Na+, находящимся во внеклеточной среде, через мембрану в клетки путь закрыт, а К+ свободно проникает через поры клеточной мембраны из цитоплазмы клетки в тканевую жидкость. В результате в цитоплазме остаются отрицательно заряженные ионы, а на поверхности мембраны накапливаются положительно заряженные ионы К+ и Na+.

При возбуждении клетки проницаемость ионов Na+ резко увеличивается, и они устремляются в цитоплазму, снижая потенциал покоя до нуля, а затем увеличивая разность потенциалов противоположного значения до 80-110 мВ. Такое кратковременное (0,004-0,005 сек) изменение разности потенциалов называется потенциалом действия (спайком); англ. spike - острие.

Вслед за этим нарушенное равновесие ионов вновь восстанавливается. Для этого существует специальный клеточный механизм - "натрий-калиевый насос", который обеспечивает активное "выкачивание" Na+ из клетки и «нагнетание» в нее К+. Таким образом, существуют 2 типа движения ионов через клеточную мембрану:

1 - пассивный ионный транспорт по градиенту концентрации ионов;

2 - активный ионный транспорт против градиента концентрации, осуществляемый "натрий-калиевым насосом" с затратой энергии АТФ.

Вывод: возбуждение нервной клетки связано с изменением обмена веществ и сопровождается появлением электрических потенциалов (нервных импульсов).

Проводимость - способность живой ткани проводить волны возбуждения - биоэлектрические импульсы.

Для обеспечения гомеостатического единства все структуры организма (клетки, ткани, органы и т.д.) должны иметь возможность пространственного взаимодействия. Распространение возбуждения от места его возникновения до исполнительных органов - один из основных способов такого взаимодействия. Возникший в месте нанесения раздражения потенциал действия является причиной раздражения соседних, невозбужденных участков нервного (или мышечного) волокна. Благодаря этому явлению волна потенциала действия создает ток действия, который распространяется по всей длине нервного волокна. В безмиелиновых нервных волокнах возбуждение проводится с некоторым затуханием - декрементом, а в миелиновых нервных волокнах - без затухания. Проведение возбуждения также сопровождается изменением обмена веществ и энергии.

III. Рефрактерность - временное снижение возбудимости ткани, возникающее при появлении потенциала действия. В этот момент повторные раздражения не вызывают ответной реакции (абсолютная рефрактерность). Она длится не более 0,4 миллисекунды, а затем наступает фаза относительной рефракторности, когда раздражение может вызвать слабую реакцию. Эта фаза сменяется фазой повышенной возбудимости - супернормальности.

Такая динамика возбудимости обусловлена процессами изменения и восстановления равновесия ионов на мембране клетки.

Профессор Н.Е. Введенский исследовал особенности этих процессов и установил, что возбудимые ткани могут отвечать разным числом потенциалов действия на определенную частоту раздражений. Он назвал это явление лабильностью (функциональной подвижностью).

Лабильность - свойство возбудимой ткани воспроизводить максимальное число потенциалов действия в единицу времени.

Максимальная лабильность - у нервной ткани. Частота раздражений, вызывающая максимальную реакцию называется оптимальной (лат. optimum - наилучший), а вызывающая угнетение реакции - пессимальной (лат. pessimum - наихудший).

\*Нервное волокно - до 1000 имп./сек, мышца - 200-250 имп./сек., синапс - до 100-125 имп./сек.

Пессимум - активная реакция ткани, направленная на защиту ее от чрезмерных раздражений. Это одна из форм проявления торможения. Возбуждение и торможение это противоположные по значению саморегулирующиеся процессы, которые устанавливают "золотую середину" уровня отношений организма со средой.

Нервные волокна (отростки нервных клеток) обладают всеми свойствами возбудимых тканей, а проведение нервных импульсов является их специальной функцией. Скорость проведения возбуждения зависит от:

1 - диаметра волокон (толще быстрее),

2 - строения их оболочки.

Безмиелиновые (безмякотные) волокна покрыты только леммоцитами (шванновскими клетками). Между ними и осевым цилиндром (аксоном нейрона) имеется щель с межклеточной жидкостью, поэтому, клеточная мембрана остается неизолированной. Импульс распространяется по волокну со скоростью всего 1-3 м/сек.

Миелиновые волокна покрыты спиральными слоями шванновских клеток с прослойкой миелина - жироподобного вещества с высоким удельным сопротивлением. Миелиновая оболочка через промежутки равной длины прерывается, оставляя оголенными участки осевого цилиндра длиной 1 мкм.

Из-за такого строения электрические токи могут входить в волокна и выходить из них только в области неизолированных участков - перехватов Ранвье. При нанесении раздражения в ближайшем перехвате возникает деполяризация, а соседние перехваты поляризованы. Между ними возникает разность потенциалов, которая приводит к появлению круговых токов действия.

Таким образом, импульс в миелиновом волокне проходит скачкообразно (сальтаторно) от перехвата к перехвату. Возбуждение при этом распространяется без затухания, а скорость проведения импульса достигает 120-130 м/сек.

При нанесении раздражения на нервное волокно происходит двустороннее распространение возбуждения - в центростремительном и центробежном направлении. Это не противоречит принципу одностороннего проведения импульсов, и объясняется первичностью появления возбуждения в рецепторах или нервных центрах, а также наличием синапсов. Нейротрансмиттер (медиатор) содержится только в пресинаптическом аппарате и переносит потенциал только однонаправленно (см. лекцию по анатомии № 2).

Возбуждение проводится не только в нужном направлении, но и по одному изолированному волокну, не распространяясь на соседние волокна. Это обуславливает строго координированную рефлекторную деятельность. Например, седалищный нерв диаметром до 12 мм несет в себе тысячи нервных волокон (миелиновых и безмиелиновых, чувствительных и двигательных, соматических и вегетативных). В случае неизолированного проведения возбуждения наблюдалась бы хаотическая ответная реакция.

Изолированное проведение возбуждения в миелиновых волокнах обеспечивается миелиновой оболочкой, а в безмиелиновых - высоким удельным сопротивлением окружающей межклеточной жидкости (отсюда и затухание потенциала).

Н.Е. Введенский в 1883 году впервые установил, что нерв малоутомляем. Малая утомляемость нервных волокон объясняется тем, что энергетические затраты в них при возбуждении незначительны, а процессы восстановления протекают быстро. В организме нервные волокна работают также с недогрузкой. Например, двигательное волокно высоколабильно и может проводить до 2500 имп./сек. Из нервных же центров поступает не более 50-40 имп./сек.

Вывод: практическая неутомляемость нервных волокон связана с небольшими энергетическими затратами, с высокой лабильностью нервных волокон, с постоянной недогрузкой волокон.

Синапсы (см. строение в лекции по анатомии № 2) обладают следующими физиологическими свойствами:

1 - одностороннее проведение возбуждения, которое связано с особенностями строения самого синапса,

2 - синаптическая задержка, которая связана с затратой времени на освобождение и диффузию нейротрансмиттера через синаптическую щель, временем взаимодействия нейространсмиттера с соответствующим белком-рецептором.

В 1901 году Н.Е. Введенский ввел в физиологию нервной системы понятие о парабиозе. Эта своеобразная реакция на повреждающее воздействие оказалось универсальной для возбудимых тканей. При контузии нервного волокна, отравлении его фенолом, кокаином, поражением электротоком резко снижается лабильность. Парабиоз протекает в 3 стадии:

1 - провизорная (уравнительная) - мышца отвечает одинаковыми сокращениями как на сильные, так и на слабые импульсы, проводимые по поврежденному нерву,

2 - парадоксальная - частые импульсы вызывают слабые сокращения, а редкие - более или менее сильные сокращения,

3 - тормозная - теряется проводимость по нерву из-за блокирующего возбуждения (деполяризации) поврежденного участка нервного волокна.