

Частное учреждение образования
«Минский институт управления»

Физиология поведения

Курс лекций

1-23.01.04 - ПСИХОЛОГИЯ

4 издание переработанное и дополненное

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Минск
Изд-во МИУ
2013

Лекция 12

Синоптическая передача

Синапс (от греч. *sinapsis* — соединение, связь) — специализированный контакт между нервными клетками или нервными клетками и другими возбудимыми образованиями, обеспечивающий передачу возбуждения с сохранением его информационной значимости. С помощью синапсов осуществляется взаимодействие разнородных по функциям тканей организма, например нервной и мышечной, нервной и секреторной. Синоптическая область характеризуется специфическими химическими свойствами. Понятие «синапс» ввел в 1897 г. английский физиолог Шеррингтон, обозначив так соединение аксона одной нервной клетки с телом другой.

Все синапсы имеют принципиально общие черты строения. Пресиноптическое окончание аксона нейрона при подходе к иннервируемой клетке теряет миелиновую оболочку, что несколько снижается скорость распространения волны возбуждения. Небольшое утолщение на конце волокна, называемое синоптической бляшкой, содержит синоптические пузырьки с медиатором — веществом, способствующим передаче возбуждения в синапсе.

Синаптическая щель — пространство между пресиноптическим окончанием и участком мембраны эффекторной клетки является непосредственным продолжением межклеточного пространства; ее содержимое — гель, в состав которого входят гликозаминогликаны. Постсинаптическая мембрана — участок эффекторной клетки, контактирующий с пресинаптической мембраной через синоптическую щель. От постсинаптической мембраны по направлению к ядру клетки прослеживаются нежные микротрубочки, образованные молекулами специфических белков. Полагают, что им принадлежит определенная роль в распространении и обработке информации внутри клетки.

Уникальной структурой постсинаптической мембраны являются клеточные рецепторы — сложные белковые молекулы, способные к конформации, т.е. изменяющие пространственную ориентацию при взаимодействии с соответствующими им химическими веществами — лигандами. Участки такого взаимодействия называются центрами связывания.

В результате конформации в центрах связывания рецептора с медиатором изменяется проницаемость мембранных каналов эффекторной клетки. Это в свою очередь в каждом конкретном случае способствует ее возбуждению или торможению. Совокупность перечисленных структур называют концевой пластинкой.

В основу классификации синапсов положены три основных принципа.

В соответствии с морфологическим принципом синапсы подразделяют:

— аксо-аксональные синапсы (между двумя аксонами);

— аксодендритические синапсы (между аксоном одного нейрона и дендритом другого);

— аксосоматические синапсы (между аксоном одного нейрона и телом другого); и др.

Кроме этого, все синапсы делят на центральные (в головном и спинном мозге) и периферические (нервно-мышечные, аксоэпителиальные и синапсы вегетативных ганглиев).

В соответствии с нейрохимическим принципом синапсы классифицируют по виду химического вещества — медиатора, с помощью которого происходит возбуждение и торможение эффекторной клетки. В адренергическом синапсе медиатором является адреналин, в холинергическом синапсе — ацетилхолин, а в гамкергическом синапсе — гамма-аминомасляная кислота и др.

По способу передачи возбуждения синапсы подразделяют на три группы. Первую составляют синапсы с химической природой передачи посредством медиаторов (например, нервно-мышечные); вторую — синапсы с передачей электрического сигнала непосредственно с пресинаптической - на постсинаптическую мембрану (например, синапсы в клетчатке глаза). По сравнению с химическими синапсами они отличаются большей скоростью передачи сигнала, высокой надежностью и возможностью двусторонней передачи возбуждения. Третья группа представлена «смешанными» синапсами, сочетающими элементы как химической, так и электрической передачи.

По конечному физиологическому эффекту, а также по изменению потенциала постсинаптической мембраны, различают возбуждающие и тормозные синапсы. В возбуждающих синапсах в результате деполяризации постсинаптической мембраны генерируется возбуждающий постсинаптический потенциал (ВПСП). В тормозных синапсах возможны два варианта процесса:

— в пресинаптических окончаниях выделяется медиатор, гиперполяризующий постсинаптическую мембрану и вызывающий в ней тормозной постсинаптический потенциал;

— тормозной синапс является аксо-аксональным, т.е. еще до перехода возбуждения на область синапса обеспечивает пресинаптическое торможение.

Передача возбуждения в химическом синапсе — сложный физиологический процесс, протекающий в несколько стадий. Он включает синтез и секрецию медиатора; взаимодействие медиатора с рецепторами постсинаптической мембраны; инактивирование медиатора.

В целом синапс осуществляет последовательную трансформацию электрического сигнала, поступающего по нервному волокну, в энергию химических превращений на уровне синаптической щели и постсинаптической мембраны, которая затем снова трансформируется в энергию распространяющегося возбуждения в эффекторной клетке.

Медиаторы («посредники») обеспечивают одностороннюю передачу возбуждения — от нервного волокна к эффекторной клетке рабочего органа или к

другому нейрону. Путем медленного постоянного аксонного транспорта от тела нейрона к окончаниям аксона движутся белки и ферменты, участвующие в синтезе медиатора в пресинаптической бляшке. В синапсах скелетных мышц «посредником» является только один вид медиатора — ацетилхолин. Он синтезируется из холина (продукт печеночной секреции), уксусной кислоты и фермента коэнзима—А, регулирующего активность метаболических процессов.

Синапсы, в которых медиатором является ацетилхолин, называются холинергическими. Ацетилхолин активирует натриевые ионные каналы в цитоплазматических мембранах.

В синапсах внутренних органов и сосудов функции медиатора выполняет и норадреналин. Синапсы, в которых медиатором является норадреналин, называются адренергическими.

Варикозные расширения синапсов гладких мышц содержат как ацетилхолин, так и норадреналин, которые могут оказывать различное физиологическое воздействие, в зависимости от вида активируемых ими рецепторов и каналов.

В синапсах мозга функции медиаторов выполняют более 30 биологически активных веществ. К наиболее изученным относятся норадреналин, ацетилхолин, некоторые моноамины (адреналин, серотонин, дофамин) и аминокислоты (глицин, глутаминовая кислота, гамма-аминомасляная кислота); нейропептиды — энкефалины, нейротензин, ангиотензин II и др.

Вследствие процессов в области белковых ионоселективных каналов изменяется их проницаемость для различных ионов. При увеличении проницаемости натриевых каналов усиливается поступление этих ионов в клетку с последующей деполяризацией химически возбудимых участков мембраны и возникновением возбуждающих постсинаптических потенциалов. Такие синапсы называют возбуждающими.

Если повышается проницаемость калиевых каналов и каналов для хлора, наблюдается избыточный выход калия из клетки с одновременной диффузией в нее хлора, что приводит к гиперполяризации мембраны, снижению ее возбудимости и развитию тормозных постсинаптических потенциалов. Такие синапсы называют тормозными.

Медиаторы обладают свойством амбивалентности. Так, один и тот же медиатор (например, ацетилхолин) может активировать как натриевые (в скелетных мышцах), так и калиевые (в сердце) каналы.

Таким образом, характер изменения проницаемости постсинаптической мембраны (деполяризация и гиперполяризация) зависит не столько от химической природы медиатора, сколько от особенностей строения клеточных рецепторов разных органов, сложившихся в процессе эволюции.

Рецепторы, взаимодействующие с ацетилхолином, называют холинорецепторами.

Рецепторы, взаимодействующие с норадреналином, называют адренорецепторами.

Инактивирование (полная потеря активности) медиатора необходимо для реполяризации постсинаптической мембраны и восстановления исходного уровня мембранного потенциала.

В результате инактивирования медиатора возбуждение прекращается и возникает снова только при поступлении следующей порции. Возбуждение постсинаптической мембраны носит, таким образом, импульсный, дискретный, т.е. квантовый характер.

Причиной деполяризации постсинаптической мембраны считают влияние электромагнитных полей, которые возникают в пресинаптической области при ее возбуждении.

Возбуждающиеся на электрической основе синапсы называют эфапсами. Предполагают, что через эфапсы действует на мозг электромагнитное излучение.

В отдельных синапсах в проведении возбуждения принимают участие оба — химический и электрический механизмы.

Общие свойства синапсов определяются особенностями их строения и механизмом проведения возбуждения.

Пластичность синапса — одна из наиболее важных организаций нервной системы. Одностороннее проведение возбуждения связано с особенностями строения постсинаптической мембраны. Чувствительные к медиатору рецепторы находятся именно в ней, поэтому поступающий медиатор действует только в одном направлении.

Низкая лабильность и высокая утомляемость синапса обусловлены временем распространения предыдущего импульса.

Высокая избирательная чувствительность синапса к химическим веществам обусловлена специфичностью хеморецепторов постсинаптической мембраны.

Способность синапса трансформировать возбуждение связана с его низкой функциональной лабильностью.

Синаптическая передача в мозге имеет те же принципиальные черты, что и в нервно-мышечных синапсах. Механизмы действия медиаторов мозга чрезвычайно сложны. В нервных клетках существует, по крайней мере, два вида рецепторов с противоположными механизмами рецепции. Одни, быстро действующие рецепторы передают информацию за счет регуляции проницаемости ионоселективных каналов. «Активатором» таких рецепторов является, например, универсальный тормозной медиатор мозга — ГАМК.

Второй класс рецепторов относится к медленно действующим. Медиаторы, возбуждающие их (дофамин, НА, серотонин, гистамин и др.) реализуют свое влияние на клетку через систему «вторых посредников». Вторым посредником представляет собой небольшие молекулы циклических нуклеотидов. Циклические нуклеотиды присутствуют практически во всех тканях организма и являются важнейшими внутриклеточными регуляторами метаболизма.

Академиком П.К.Анохиным была выдвинута химическая гипотеза интегративной деятельности нейрона, в которой решающая роль в обеспечении его специфических функций отводится генетически детерминированным цитоплазматическим процессом.

Открыты классы химических веществ, синтезируемых в различных областях мозга — олигопептиды и мозгоспецифичные белки.

Олигопептиды, будучи однократно введены в очень малых количествах, действуют в течение длительного времени — часов, дней и даже недель. Олигопептиды мозга называются нейропептидами. Полагают, что нейропептиды являются универсальным средством биохимического кодирования форм активности головного мозга, связанных с эмоциональными реакциями, настроением, половым поведением, формированием болевого ощущения и системы защиты от него, повышением устойчивости к стрессорным воздействиям и формированию сна. Некоторые пептиды выполняют так называемую информационную роль.

На уровне синоптических образований процессы возбуждения и торможения можно регулировать — усиливать, блокировать и даже качественно изменять. По аналогии с техническими электронными устройствами синапсы выступают в роли универсальных усилителей, трансформаторов и выпрямителей.

Строение позвоночника и спинного мозга

Позвонки (vertebrae) числом 33—34, в виде налагающихся друг на друга костных колец складываются в одну колонку — позвоночный столб.

Позвоночный столб подразделяют на следующие отделы: шейную часть, грудную часть, поясничную часть, крестцовую часть и копчиковую часть. В связи с этим позвонки делят на пять групп: шейные позвонки (7), грудные позвонки (12), поясничные позвонки (5), крестцовые позвонки (5), копчиковые позвонки (4 или 5).

Части позвоночного столба взрослого человека образуют четыре искривления — шейное, грудное, поясничное (брюшное) и крестцовое (тазовое). При этом шейное и поясничное искривления выпуклостью обращены кпереди - лордоз; грудное и тазовое — кзади - кифоз.

Все позвонки позвоночного столба делят на две группы: так называемые истинные и ложные позвонки; в первую группу входят шейные, грудные и поясничные позвонки, во вторую — крестцовые позвонки, сросшиеся в крестцовую кость, и копчиковые, сросшиеся в копчиковую кость.

Шейные позвонки, числом 7, за исключением первых двух, характеризуются небольшими низкими телами, постепенно расширяющимися к последнему, 7 позвонку. Они имеют позвоночное отверстие, суставные отростки, поперечные отростки.

От общего типа шейных позвонков отличаются 1 — атлант, 2 — осевой позвонок и 7 — выступающий позвонок.

Первый шейный позвонок, атлант, не имеет тела и остистого отростка, а представляет кольцо.

Второй шейный (осевой) позвонок (axis) характерен наличием направляющегося вверх от тела позвонка зуба, вокруг которого, как вокруг оси, вращается атлант вместе с черепом. 7 шейный позвонок характеризуется длинным остистым отростком, который легко прощупывается через кожу.

Грудные позвонки, числом 12, значительно выше и толще шейных; размер их тел постепенно увеличивается по направлению к поясничным позвонкам.

Дуги грудных позвонков образуют более округлой формы позвонковые отверстия, но сравнительно меньше, чем у шейных позвонков.

Остистые отростки длинные, трехгранны, остроконечны и обращены книзу, располагаются один над другим черепицеобразно.

Нижние грудные позвонки по форме приближаются к поясничным позвонкам.

Поясничные позвонки, числом 5, отличаются от прочих своей массивностью, тело имеет бобовидную форму, дуги сильно развиты, позвоночное отверстие больше, чем у грудных позвонков и имеет неправильно треугольную форму.

Крестцовая кость образована сросшимися крестцовыми позвонками, числом 5. Крестцовая кость имеет форму клина, располагается под последним поясничным позвонком и участвует в образовании задней стенки малого таза. В кости различают переднюю и заднюю поверхности, два боковых края, основание (широкая часть, обращенная вверх), и вершину (узкая часть, направленная вниз). От основания до вершины крестцовая кость пронизана крестцовым каналом, он является непосредственным продолжением книзу позвоночного канала.

Вершина крестцовой кости имеет овальную площадку — место соединения с верхней поверхностью копчиковой кости, здесь образуется крестцово-копчиковое соединение.

Крестцовая кость у мужчин длиннее, уже и более изогнута, чем у женщин.

Копчиковые позвонки, числом 4—5, реже 3—6, срастаются у взрослого человека в копчиковую кость. Копчиковая кость имеет форму изогнутой пирамиды, основание которой обращено вверх, а верхушка вниз. Образующие ее позвонки имеют только тела.

Спинальный мозг, залегающий в канале позвоночного столба, вытянут по его длиннику, и имеет своей верхней границей уровень верхнего края 1 шейного позвонка, нижний располагается на высоте 1 или верхнего края 2 поясничного позвонка.

Спинальный мозг в верхних отделах переходит без резкой границы в продолговатый мозг головного мозга. Эта граница соответствует месту выхода 1 шейного спинномозгового нерва.

В нижних отделах спинальный мозг переходит в мозговой синус.

Спинальный мозг не занимает целиком полость канала позвоночного столба, между стенками канала и мозгом остается пространство, выполненное жировой тканью,

кровеносными сосудами, оболочками мозга и спинномозговой жидкостью. Пространство это на разных уровнях имеет неодинаковые размеры.

Длина спинного мозга у взрослого колеблется в пределах 40—45 см, ширина 1—1,5 см, вес в среднем до 30 г.

Различают четыре поверхности спинного мозга: переднюю, заднюю и две боковые.

По месту отхождения спинномозговых нервов от спинного мозга его подразделяют на 4 части: шейную часть, грудную часть, поясничную часть и мозговой конус. В каждую из этих частей входит определенное число сегментов, т.е. участков спинного мозга, дающих начало одной паре (правой и левой) спинномозговых нервов.

Спинной мозг не на всем протяжении имеет одинаковый диаметр. Снизу вверх он несколько увеличивается в толщине. Наибольшего поперечника, образуя веретенообразной формы утолщения, он достигает в двух местах: в верхних отделах — шейное утолщение, соответствующее выходу спинномозговых нервов, идущих к верхним конечностям, и в нижних отделах — поясничное утолщение, соответствующее месту выхода нервов к нижним конечностям.

На передней поверхности спинного мозга, по всей его длине, имеется глубокая передняя срединная щель, в которую впячивается складка мягкой мозговой оболочки, — передняя срединная перегородка.

На поперечных сечениях спинного мозга видно соотношение расположения белого и серого вещества. Серое вещество занимает центральную часть и имеет форму бабочки с расправленными крыльями, или буквы «Н». Белое вещество располагается вокруг серого, занимая периферию спинного мозга.

Белое вещество спинного мозга в основном представляет собой сложную систему различной протяженности и толщины мягкотных и отчасти безмякотных нервных волокон и нервной опорной ткани — нейроглии, а также кровеносных сосудов, окруженных незначительным количеством соединительной ткани.

Белое вещество одной половины спинного мозга связано с белым веществом второй половины тонкой, поперечно идущей впереди центрального канала белой спайкой. Нервные волокна в белом веществе собраны в пучки.

Указанные, идущие вдоль щели три борозды на каждой половине спинного мозга разграничивают по длиннику.

Главной составной частью серого вещества являются нервные клетки с их отростками. Кроме них в сером веществе имеются отростки тех нервных клеток, которые располагаются в других участках спинного и головного мозга, нейроглия, а также кровеносные сосуды и сопровождающая их соединительная ткань.

Нервные клетки образуют скопления, ядра, или центры, спинного мозга.

В сером веществе различают две боковые части («крылья бабочки»), расположенные спереди назад в половинах спинного мозга, и одну, соединяющую их в виде узкого мостика поперечную часть — центральное серое вещество.

В срединных отделах центрального серого вещества располагается очень узкая полость — центральный канал, который на разных уровнях спинного мозга имеет различную величину и форму. У взрослых полость канала в ряде участков может зарастать. Центральный канал тянется на протяжении всего спинного мозга, переходя вверху в полость IV желудочка. Внизу в области мозгового конуса он расширяется и достигает в среднем 1 мм; этот участок центрального канала получил название концевого желудочка.

Каждая из боковых частей серого вещества образует три выступа: передний, задний и боковой выступ.

Указанные выступы на протяжении всего длинника спинного мозга образуют серые столбы, каждый из которых на поперечном срезе спинного мозга получает название рога. Таким образом, различают передний столб (на поперечном срезе передний рог), задний столб (задний рог) и боковой столб (боковой рог).

Между передними и задними рогами располагается промежуточная часть, занятая промежуточными клетками.

Из передней боковой борозды выходят из каждого сегмента передние корешковые нити, представляющие собой отростки двигательных клеток. Передние корешковые нити образуют двигательный корешок.

В заднюю боковую борозду входят задние корешковые нити, представляющие собой отростки клеток чувствительных клеток и образуют дорсальный или чувствительный корешок; он содержит эффекторные волокна, проводящие чувствительные импульсы от периферии, т.е. от всех тканей и органов тела, в центральную нервную систему.

На заднем корешке располагается веретенообразное утолщение, спинномозговой узел.

Каждый из вентральных и дорсальных корешков соединяется один с другим, образуя спинномозговой нерв.

Каждая пара (правая и левая) спинномозговых нервов соответствует определенному сегменту спинного мозга. Следовательно, в спинном мозге насчитывается такое количество сегментов, сколько пар спинномозговых нервов.

Спинной мозг несет 31 пару симметрично расположенных с обеих его сторон спинномозговых нервов: 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и один копчиковый.