# Первое правило Гальвани

В нейрофизиологии долгое время стоял вопрос о природе нервного импульса и его распространении.

Гальвани, изучая грозовые разряды, использовал нервно-мышечный препарат лягушки. Подвесив его на медном крючке на ограждении балкона, Гальвани заметил, что когда лапки лягушки касались железного ограждения, происходило мышечное сокращение. На основании этого Гальвани делает вывод, который заключается в том, что в биологическом объекте существует электрический сигнал. Но Вольте опроверг это, доказав, что электрический сигнал в результате взаимодействия разноимённых металлов (меди и железа) и электрический сигнал вызывает сокращение нервно-мышечного препарата. Это и есть первое правило, которое доказывает, что при действии электрического сигнала или стимула происходит возбуждение биологического объекта и сокращение мышц.

# Второе правило Гальвани

Пытаясь доказать возможность возникновения электрического импульса в биологическом объекте, Гальвани проделал 2-й опыт. Он брал мышечный препарат, повреждал мышцу и набрасывал нерв на поврежденный участок. При этом мышца сокращалась. Таким образом, Гальвани доказал, что электрический импульс может возникать в биологическом объекте.

# Правило Матиуччи

Матиуччи доказал, что импульс может переходить с одного объекта на другой. Он взял два мышечных препарата и набросил нерв одного препарата на мышцу другого. Раздражая свободный нерв, он заметил, что при этом сокращалась мышца и первого, и второго препарата. На основании этого было приведено доказательство.

**Мембранный потенциал (потенциал покоя)**

С помощью электрофизиологических исследований было доказано, что внутри и снаружи клеточная мембрана заряжена разноимённо. Так, установлено, что в состоянии физиологического покоя, на наружной поверхности мембраны имеется положительный заряд, а на внутренней поверхности – отрицательный. Природу этого явления объяснили Бернштейн и Чаговец. Они доказали, что разноимённость зарядов определяется различной концентрацией ионов натрия, калия, хлора внутри и за пределами клетки. Внутри клетки в 30-50 раз выше концентрация ионов калия, в 8-10 раз ниже концентрация ионов натрия и в 50 раз меньше ионов хлора. Согласно законам физики, если бы живая система не регулировалась, то концентрация этих ионов сравнялась бы с обеих сторон мембраны и мембранный потенциал бы исчезал. Но этого не происходит, т.к. мембрана клетки – это активная транспортная система. В мембране имеются специальные каналы для того или иного иона, каждый канал специфичен и транспорт ионов внутри и за пределы клетки является в значительной мере активным. В состоянии относительного физиологического покоя натриевые каналы закрыты, а калиевые и хлорные – открыты. Это приводит к тому, что калий выходит из клетки, а хлор заходит в клетку, в результате этого увеличивается количество положительных зарядов на поверхности клетки и уменьшается количество зарядов внутри клетки. Таким образом, на поверхности клетки сохраняется положительный заряд, а внутри – отрицательный. Такое распределение электронных зарядов обеспечивает сохранение мембранного потенциала.

**Потенциал действия**

При нанесении раздражения происходит *деполяризация* мембраны, т.е. наружная сторона мембраны заряжена положительно, а внутренняя – отрицательно. Такое распределение зарядов, по сравнению с потенциалом покоя, обусловлено перераспределением ионов натрия, калия, хлора. При деполяризации натриевые и калиевые каналы открыты, и эти катионы устремляются по градиенту концентрации, т.е. натрий перемещается внутрь клетки, а калий – наружу, однако вход катионов натрия в клетку во много раз превышает выход катионов натрия из клетки. Это приводит к тому, что на внутренней поверхности мембраны накапливаются положительные заряды, а на наружной – отрицательные заряды. Такое перераспределение зарядов называется *деполяризацией*.

В этом состоянии клеточная мембрана существует недолго (0,1-5 м.с.). Для того, чтобы клетка опять стала способной к возбуждению, её мембрана должна *реполяризироваться*, т.е. вернуться в состояние потенциала покоя. Для возвращения клетки к мембранному потенциалу, необходимо «откачать» катионы натрия и калия против *градиента концентрации*. Для выполнения такой работы необходима энергия, которая концентрируется в АТФ. Такую работу выполняет натриево-каливый насос. Перемещение ионов натрия и калия обеспечивается специальными ферментами, которые активируются с помощью энергии АТФ (рис.). Фермент *х* способен к катионом калия, калия при этом образует комплекс *Kx*, который распадается и «продвигает» катионы калия внутрь клетки. Фермент *x* снова активируется, при этом меняется его конформация (структура) и он приобретает сродство с ионом натрия. Связанный с ионом натрия, фермент «выталкивается» за пределы клетки, таким образом, натриево-каливый насос восстанавливает исходное состояние концентрации катионов натрия и калия, т.е. восстанавливается мембранный потенциал.

**Строение клеточной мембраны**

Клеточная мембрана – сложная функциональная система. Она обеспечивает связь клетки с внеклеточным пространством. Через мембрану клетка получает координированные сигналы, что приводит к перестройке внутриклеточного метаболизма, соответственно пришедшему сигналу. В настоящее время думают о жидкостно-мозолистом строении мембраны клетки, согласно этой мысли, клетка состоит из 2-х слоев липидных молекул, которые ориентированы в пространстве; у гидрофильных структур молекулы направлены внутрь клетки и наружу, т.е. там, где есть вода; в гидрофобных структурах, молекулы расположены внутри клеточной мембраны. Кроме того, в толще липидного слоя имеются белковые молекулы, которые словно айсберги плавают в липидном слое. Белковые молекулы образуют воротную систему каналов, позволяющих активно регулировать поступление в клетку и из клетки ионов и органических веществ; кроме того, сложные белки – *гликопротеины*, формирующие рецепторные структуры на поверхности мембраны. Рецепторы улавливают биологически активные вещества, кодируют информацию и передают сигнал внутрь клетки.

Если участок нервного или мышечного волокна подвергнуть раздражению, то в этом месте возникает возбуждение. Такое возбуждение обусловлено колебанием мембранного потенциала – *потенциала действия*. Он может быть либо при внутриклеточном или внеклеточном отведении. Долгое время считали, что потенциал действия – это короткое исчезновение потенциала покоя. Дальнейшие исследования показали, что потенциал действия представляет собой не только исчезновение мембранного потенциала, но и последующую деполяризацию мембраны.

На рисунке видно, что разность между наружной и внутренней сторонами мембраны равна 85 Мвт. При раздражении возбудимого образования, мембранный потенциал начинает падать, это обусловлено тем, что катионы натрия начинают заходить в клетку, а катионы калия – выходить из клетки. В результате этих процессов возникает такое состояние, когда величина положительного и отрицательного зарядов уравновешиваются с обеих сторон мембраны и мембранный потенциал становится равен нулю.

Дальнейшее поступление катионов натрия в клетку приводит к деполяризации мембраны, и потенциал действия достигает какой-то величины (пик на графике). В этот момент возникает максимальное возбуждение. После этого срабатывает натриево-калиевый насос и фаза графика идёт вниз. При этом перераспределении натрия и калия приводит к нулевому значению разности потенциалов. В дальнейшем происходит восстановление мембранного потенциала до 85 Мвт. Восходящая фаза графика называется *фазой деполяризации*, а нисходящая фаза графика называется фазой реполяризации.

В точке *О* наблюдается абсолютная рефрактерность тканей, т.е. раздражитель любой силы, нанесенный на ткань, в этот период не вызывает возбуждения. В фазу реполяризации наступает постепенное увеличение возбудимости ткани, т.е. раздражитель большей силы может вызвать дополнительный пик возбуждения – эта фаза называется *фазой относительной рефрактерности*. Участок *КО* называют *овершутом*.

**Порог раздражения**

Для возникновения деполяризации и последующего возбуждения раздражитель должен иметь определённую величину. Минимальная сила действующего раздражителя, способного вызвать возбуждение, называется *порогом раздражения*. Величина выше пороговой называется *сверхпороговой*, а ниже пороговой – *подпороговой.* Возбудимые образования подчиняются закону «всё или ничего», это значит, что при нанесении раздражения по силе, равной пороговой, возникает максимальное возбуждение. Раздражение ниже подпороговой силы не вызывает раздражение.

**Зависимость силы раздражения от времени**

Для характеристики силы действующего раздражителя от времени его действия, выводят кривую, которая отражает, сколько времени должен действовать пороговый или сверхпороговый раздражитель, чтобы вызвать возбуждение.

На графике время действия раздражителя откладывают на оси абсцисс, а силу действующего раздражителя – на оси ординат.

Действие раздражителя пороговой силы вызовет возбуждение только в том случае, если данный раздражитель будет действовать определенное время.

Минимальная сила тока или возбуждения, которые должны действовать на возбудимые образования, чтобы вызвать раздражение называется *реобазой* *(обознач. ОС на графике).*

Минимальное время, в течении которого должен действовать раздражитель силой одной реобазы, чтобы вызвать возбуждение называется *минимальным полезным временем*. *(обознач. ОК на графике).*

Для практического применения закона силы времени вводится понятие *хроноксия* – минимальное время, в течении которого должен действовать раздражитель, равный силе удвоенной реобазы. *(обознач. ОВ на графике).*

**Крутизна нарастания силы раздражителя. Аккомодация.**

Величина порога раздражения зависит не только от длительности действующего стимула, но и от крутизны нарастания. При уменьшении крутизны нарастания раздражителя ниже определённой величины, возбуждения не возникает, до какой бы силы мы не довели раздражитель. Это происходит потому, что в месте нанесения раздражителя постоянно повышается порог, и до какой бы величины не довели раздражитель, возбуждения не возникает. Такое явление-приспособление возбудимого образования к медленно нарастающей силе раздражителя назыв-ся *аккомодацией.*

Разные возбудимые образования имеют разную скорость аккомодации, поэтому чем выше скорость аккомодации, тем крутизна нарастания раздражителя выше.

Этот же закон работает не только для электростимуляторов, но и для других (химических, механических раздражителей/стимуляторов).

**Полярный закон раздражения.**

Это закон впервые был открыт П.Ф. Флюгером. Он установил, что постоянный ток обладает полярным действием на возбудимую ткань. Это выражается в том, что в момент замыкания цепи, возбуждение возникает только под катодом, а в момент размыкания – под анодом. Причем под анодом, *при размыкании цепи, возбуждение значительно выше, чем при замыкании под катодом.* Это обусловлено тем, что положительно заряженный электрод (анод) вызывает *гиперполяризацию* мембраны, когда поверхности касаются катода (отрицательно заряженного), он вызывает деполяризацию.

**Закон «всё, или ничего»**

Согласно этому закону, раздражитель подпороговой силы не вызывает возбуждения (ничего); при пороговом раздражении, возбуждение принимает максимальную величину (всё). Дальнейшёё увеличение силы раздражителя не усиливает возбуждения.

Долгое время полагали, что этот закон является общим принципом возбудимой ткани. При этом считали, что «ничего» - это полное отсутствие возбуждения, а «всё», - это полное проявление возбудимого образования, т.е. его способность к возбуждению.

Однако, с помощью микроэлектронных исследований было доказано, что даже при действии подпорогового раздражителя в возбудимом образовании происходит перераспределения ионов между наружной и внутренней поверхностями мембраны. Если с помощью фармакологического препарата повысить проницаемость мембраны для ионов натрия или снизить проницаемость для ионов калия, то амплитуда потенциалов действия повышается. Таким образом, можно заключить, что этот закон должен рассматриваться лишь, как правило, характеризующее особенности возбудимого образования.

**Проведение возбуждения. Возбудимость.**

В демиелинизированных и миелинезированных волокнах возбуждение передается по-разному, это обусловлено анатомическими особенностями данных волокон. Миелинизированные нервные волокна имеют перехваты Ранвье. *Передача сигналов через такие волокна осуществляется с помощью перехватов Ранвье*. Сигнал проскакивает через миелинизированные участки, и тем самым, проведение возбуждения по ним происходит быстрее, чем в немиелинизированных участках, возврат импульса обратно невозможен, поскольку в предыдущем перехвате повышается порог раздражений.

*Возбудимость –* это способность такни на раздражение или возбуждение и следовательно, возникновением потенциала действия. Чем порог раздражения выше, тем возбуждение выше, и наоборот.

Величина порога раздражения определяется соотношением двух величин: - *величиной* (потенциалом покоя)



- *величиной Eк* – той критической величиной, до которой этот потенциал должен быть доведён для возникновения потенциала действия. Чем ближе к своей критической величине -*Eк*, тем меньшую силу должен иметь раздражимый ток для того, чтобы вызвать потенциал действия.



Минимальный сдвиг минимального потенциала покоя, необходимый для того, чтобы достиг критической величины, называется порогом деполяризации.



**Лабильность нервной ткани**

Понятие лабильности впервые было введено в физиологию Введенским. Это понятие характеризует физико-химические свойства возбудимого образования. Под лабильности понимают способность возбудимого образования усваивать определённое количество импульсов в единицу времени. *Например:* при стимуляции нервного волокна, с частотой 400 импульсов в секунду, по нервному волокну будет проводиться каждый импульс. При увеличении стимуляции до 700 импульсов в секунду, будет проводиться каждый второй импульс. При еще большей частоте (800 импульсов), будет проводиться каждый третий импульс. Однако при повышенной частоте стимуляции лабильность нервной ткани может повыситься и при частоте 700 импульсов вначале будет проводиться каждый второй, а затем каждый импульс. Однако, повышение лабильности не безгранично, и через некоторое время может снизиться проводимость возбудимого образования.

Физиология нервной клетки

Нервная ткань представляет собой гетерогенную структуру. Здесь имеются основные клеточные элементы – различные типы нейронов, глиоцитов, а также нервные волокна.

В сером веществе ЦНС, в основном, клеточные структуры и немиелинизированные нервные волокна.

В белом веществе ЦНС находятся миелинизированные нервные волокна.

Основные физиологические функции в ЦНС выполняют нервные клетки или нейроны. Нейроны могут быть собраны в ядра или рассредоточены в ЦНС. Они могут образовывать слои.

В процессе онтогенеза нейроны развиваются из нейробластов.

*Нейрон* – это сложноустроенная специализированная клетка, которая воспринимает раздражение, перерабатывает информацию и передаёт её другим структурам.

Нервная клетка состоит из 3-элементов:

* сомо (тело нервной клетки)

- аксон

* дендрит

Нервная клетка воспринимает сигналы через дендриты и тело, а передает сигнал через аксон. Нервная клетка имеет сотни входов и один выход.

Тело нейрона содержит плазму, ядро, органоиды и специализированные структуры, присущие только нейронам.

Аксон в нервной клетки бывает только один. Его длина составляет от нескольких сантиметров до нескольких метров. Диаметр аксона по всей длине почти одинаков. От аксона отходят боковые коллатерали, которые на концах дают множество разветвлений.

У нейрона много дендритов, они коротки, сильно ветвятся и словно продолжают тело нейрона. Отходят от тела и широким концом и неожиданно суживаются к концу.

По морфологическим характеристикам нейроны классифицируются:

* мультиполярные
* псевдоуниполярные
* псевдонейроны

По дендритам возбуждение передаётся только к телу нейрона.

Типичным примером мультиполярного нейрона может служить мотонейрон вентролатерального ядра спинного мозга. Аксоны этих нейронов могут достигать до 1,5 метров. Иннервируют мышцы конечностей. Их дендриты сильно ветвятся в сером веществе спинного мозга и соприкасаются с отростками других нейронов.

Типичным примером биполярного нейрона могут служить чувствительные клетки в органах обоняния, сетчатке глаза.

Примером псевдонейрона могут служить нейроны спинномозговых ганглиев.

Ядро нервной клетки обычно округлое. Находится в центре нейрона. В кариоплазме обнаружено небольшое количество хроматиновых зёрен, в них содержатся хромосомы. Чаще обнаруживают в ядре одно или несколько ядрышек. Кареолемма имеет два слоя. В некоторых местах эти слои соприкасаются и образуют поры, через эти поры осуществляется транспорт веществ из ядра в цитоплазму и обратно. Основная особенность ядра нейрона – это отсутствие митотических процессов.

Цитоплазма нейрона представляет собой сложноустроенную структуру, функции которой во многим сходны с другими клетками. Однако в цитоплазме имеются и специальные структуры, которые присущи только нейрону.

Цитоплазма нейрона имеет следующие структуры:

эндоплазматическая сеть

- рибосомы

- митохондрии

- пластинчатый комплекс

- центросома

- лизосомы

- нейрофибриллы

- нейротугулы

- Нейролемма кроме обычного для всех типов клеток строения, обладает особенностями, присущими только нейрону:

- Наличие специфических ионных каналов, которые обеспечивают перемещение ионов калия, натрия, хлора, кальция внутрь клетки и за её пределы. Этим обеспечивается одно из основных свойств нейрона - способностью к возбуждению. Этим обусловлены также процессы реполяризации и деполяризации, проведение нервного импульса по нервному волокну и передача сигнала от одной нервной клетки к другой.

- В цитоплазме нейронов хорошо развиты клеточные органоиды, это обусловлено синтетической активностью нейрона.

- В нейронах, вокруг ядра, располагается аппарат Гольджи, он в виде корзинки охватывает ядро.

- Специфическими структурами нервной клетки является тигроидное вещество и нейрофиблриллы. Тигроидное вещество (вещество Нисля), сконцентрировано в теле нейрона и в основании дендритов. В световом микроскопе тигроид представляет собой глыбки и зерна. Они придают цитоплазме пятнистый вид. Тигроидное вещество принадлежит эндоплазматической сети, здесь формируются канальца. На шероховатой эндоплазматической сети нейрона содержатся рибосомы, при функциональных нагрузках, в цитоплазме нейрона резко увеличивается количество тигроидного вещества, что свидетельствует о высокой синтетической активности нервной клетки. При функциональной перегрузке нейрона и его истощении, количество тигроида резко уменьшается, причем, вначале исчезает тигроид дендритов, в затем, в телах нейронов, все это даёт основание оценивать состояние нейрона по количеству тигроида.

Нейрофибриллы – это специфические структуры нейрона. На гистологическом препарате они видны в виде тонких нитей в отростках и теле нейрона. Этот тонкие фибриллярные структуры из трубочек, диаметром 200-300 ангстрем\*. Нейрофибриллы часто образуют густую сеть, которая наиболее выражена в отростках. Однако в некоторых нейронах нейрофибрилламенты образуют не сеть, а пучки. Распределение нейрофилламентов в нейроне в значительной мере связано с функциональным состоянием нервной клетки. Известно, что в нейронах бешеных животных, нейрофилламенты образуют пучки, такое же распределение нейрофилламентов обнаружено у животных в спячке, поэтому, состояние нейрофилламентов не может быть специфическим показателем какого-то состояния. Предполагают, что функция нейрофилламентов связана с проведением возбуждения.

**Нейросекреторные клетки**

Функциональные возможности организма обеспечивают взаимодействие 2-х систем: нервной и гуморальной. Возможности таких взаимоотношений этих 2-х систем могут осуществляться благодаря наличию в межуточном мозге *нейросекреторных клеток*. Последние обладают способностью выполнять функции нервных клеток и секреторных клеток.

Будучи нервными клетками, они воспринимают сигнал, обрабатывают его и передают другим клеточным структурам. Однако, в отличие от нервных клеток, нейросекреторные клетки способны синтезировать и секретировать различные гормоны – *нейрогормоны*; они являются веществами белковой природы, и работа нейросекреторных клеток осуществляется циклично. Поленов выделил в функции нейросекреторных клеток 3 фазы:

* фаза накопления
* фаза синтеза
* фаза опустошения

Эти фазы меняют друг друга, после последней фазы, гранулы нейрогормонов выводятся в кровь и в ликвор (спинномозговую жидкость). Нейрогормоны регулируют функции эндокринных желез, которые, в свою очередь, выбрасывают гормоны в кровь и осуществляют регуляцию активности различных органов и систем.

Объединение нервных эндокринных механизмов регуляции осуществляется на уровне гипоталамуса и гипофиза. Гипоталамус – это высший вегетативный центр. Здесь находятся нейросекреторные ядра нейросекреторных клеток, которые функционально связаны между собой. В медиа-базальной области гипоталамуса синтезируются и секретируются 2 группы нейрогормонов: *либирины* и *статины*. Эти нейрогормоны по портальной системе попадают в гипофиз. Либирины активируют функцию нейросекреторных клеток гипофиза, а статины – уменьшают. Попав в гипофиз, либирины активируют синтез тропных гормонов гипофиза. Тропные гормоны попадают в общий ток крови, разносятся по всему организму и находят свои «мишени» на соответствующих эндокринных железах. Например: адренокортикотропный гормон (АКТГ) находит свои «мишени» в корковой части надпочечников и активирует синтез и секрецию корковым веществом надпочечников стероидных гормонов. Тириотропный гормон (ТГ) находит свои «мишени» на щитовидной железе. Лютенизирующий гормон (ЛГ) и фолликулостимулирующий гормон (ФСГ), находит свои мишени в половых железах и т.д.

Под действием тропных гормонов активируется синтез гормонов периферическими железами. Однако между гипоталамусом, гипофизом и периферическими железами существует не только прямая, но и обратная связь. К примеру: под действием тириотропных гормонов (ТГ), активируется щитовидная железа, которая синтезирует и секретирует в кровь тироксин. Уровень тироксина в крови анализируется специальными клетками гипоталамуса, которые, в свою очередь, превышают секрецию либиринов и статинов.

# Нейроглия

## В отличие от нервных клеток, глиальные клетки обладают большим разнообразием. Их количество в десятки раз превышает количество нервных клеток. В отличие от нервных клеток, глиальные способны делиться, их диаметр значительно меньше диаметра нервной клетки и составляет 1,5-4 микрона.

## Долгое время считали, что функция глиоцитов несущественна, и они выполняют лишь опорную функцию в нервной системе. Благодаря современным методам исследования, установлено, что глиоциты выполняют ряд важных для нервной системы функций:

## опорная

## разграничительная

## трофическая

## секреторная

## защитная

## Среди глиоцитов, по морфологической организации, выделяют ряд типов:

## эпендимоциты

## астроциты

### *Эпендимоциты* образуют плотный слой клеток, элементов, выстилающих спинномозговой канал и желудочки мозга. В процессе онтогенезе, эпендимоциты образовывались из спонгиобластов. Эпендимоциты представляют собой слегка вытянутые клетки с ветвящимися отростками. Некоторые эпендимоциты выполняют секреторную функцию, выделяя биологически активные вещества в кровь и в желудочки мозга. Эпендимоциты образуют скопления на капиллярной цепи желудочков мозга; при введении в кровь красителя, он накапливается эпендимоцитах, это свидетельствует о том, что последние выполняют функцию гематоэнцефалического барьера.

### *Астроциты* выполняют опорную функцию. Это огромное количество глиальных клеток, имеющих множество коротких отростков. Среди астроцитов выделяют 2 группы:

### плазматические клетки

### волокнистые астроциты

Олигодендроциты – крупные глиальные клетки, часто сконцентрированы вокруг нервной клетки и поэтому называются *сатиллитными* глиацитами. Их функция очень важна для трофики нервной клетки. При функциональных перенапряжениях нервной клетки, глиоциты способны прореферировать вещества поступающие путем пиноцитоза в нервную клетку. При функциональных нагрузках, вначале происходит истощение синтетического аппарата глиальных клеток, а затем нервных. При восстановлении (репарации), вначале восстанавливаются функции нейронов, а затем – глиальных клеток. Таким образом, глиоциты принимают участи1е в обеспечении функций нейронов. Глиальные клетки существенным образом способны влиять на трофику мозга, а также на функциональный статус нервной клетки.

Функционально морфологическая организация синаптических структур. Типы синапсов. Медиаторы и их функциональное значение

#### Передача сигнала от одной клетки к другой или от нервной клетки к эффекторной клетки осуществляется через синапсы. Синапс состоит из 3-х элементов: пресинаптическая мембрана (1); постсинаптическая мембрана (2); синаптическая щель (3).

Проходящий по аксону импульс достигает пресинаптической мембраны, что приводит к её деполяризации. При этом пресинаптическая мембрана открывает кальциевые каналы, кальций мигрирует через эти каналы и связывается с белком. У пресинаптической мембраны находятся визикулы (шарики, пузырьки) с медиатором. Комплекс белка и кальция (*кальмодулин*), приводит к слиянию везикул с пресинаптической мембраной и кванты медиатора экзоцитозом выбрасываются в синаптическую щель, достигает постсинаптической мембраны, на которой находятся рецепторы. Медиатор связывается с рецептором и возникает деполяризация постсинаптической мембраны. Так работает возбуждающий синапс, медиатором у которого может быть *ацетилхолин*.

Однако передача сигнала по нервному волокну осуществляется импульсами и к каждому последующему импульсу на постсинаптической мембране должен восстановиться мембранный потенциал. Это возможно благодаря тому, что в синаптической щели находится фермент, разрушающий медиатор, благодаря чему восстанавливается мембранный потенциал. Для каждого медиатора имеются специфические ферменты. Таким образом, мы описали работу возбуждающего синапса.

Однако кроме возбуждающих синапсов имеются тормозные, которые имеют специфические медиаторы (допомин, ГАМК и др.). В катехоламинергических синапсах, где медиатором является норадреналин, серонин, дофомин. После каждого импульса часть медиатора разрушается ферментом, а остальная – захватывается обратно через пресинаптическую мембрану.

В возбуждающих синапсах медиатор вызывает деполяризацию постсинаптической мембраны, а в тормозных – гиперполяризацию (т.е. увеличивается величина мембранного потенциала).

Синапсы бывают химические и электрические, выше мы рассматривали работы химических синапсов. В химических синапсах величина синаптической щели составляет от 100 до 40 ангстрем. В электрических синапсах эта величина составляет от 20 до 59 ангстрем. У человека в ЦНС находятся химические синапсы.

Рефлекс как основной факт нервной деятельности. Рефлекторная дуга и рефлекторное кольцо

Деятельность нервной системы осуществляется с помощью рефлекторных актов. Благодаря рефлексам возникает или исчезает, усиливается или ослабевают функции тех или иных органов. Путь, по которому осуществляется рефлекс, называется *рефлекторной дугой*.

Рефлекторная дуга состоит из ряда звений:

1. Рецептор
2. Афферентное звено
3. Чувствительные спинномозговой ганглии
4. Переключающие структуры мозга
5. Исполнительный орган

Спинальная рефлекторная дуга осуществляется при участии определённых отделов спинного мозга.

При раздражении *рецепторов* (1), сигнал поступает к *чувствительным ганглиям* (2), аксоны этих ганглиев формируют задние корешки спинного мозга, *они переключаются на нейронах задних рогов спинного мозга* (4). Затем через ряд *вставочных нейронов* (5) сигнал поступает к мотонейронам *передних рогов* *спинного мозга* (6), из передних рогов спинного мозга выходят *передние корешки спинного мозга* (7), которые иннервируют *эффекторный орган* (8).

Рефлекторное кольцо

Для коррекции выраженности рефлекторного фактора в организме имеется другая структура – морфологическая организация, которая называется *рефлекторным кольцом*.

Суть работы рефлекторного кольца заключается в том, что сигналы, поступающие через задние рога спинного мозга, переключаются не только на мотонейронах передних рогов, но и по восходящим путям спинного мозга попадает в стволовую структуру головного, подкорковые структуры и в кору. Здесь происходит анализ и синтез поступившей информации и далее она поступает по нисходящим структурам и мотонейронам передних рогов. Эти сигналы могут усилить работу нейронов, либо затормозить.

Типы рецепторов

Для восприятия сигналов из внешней среды на теле человека существуют определённые структуры – рецепторы.

Для раздражителя различной природы (светового, звукового, теплового\_ существуют специфические рецепторы, которые воспринимают адекватные раздражители только одной природы. Чаще всего для каждого раздражителя существуют определённые параметры восприятия. *К примеру: человеческое ухо воспринимает сигналы частотой от 20 до 20 тыс. Гц.*

Кроме того, рецепторы обладают способностью адаптироваться к воздействию внешних раздражителей. При действии сильных раздражителей, порог чувствительности повышается. *Например: если человек вышел из тепла сразу в холод – то человеку вначале холодно, но затем рецепторы повышают свой порог и человеку становится тепло.*

Также рецепторы кодируют силу действующего раздражителя и транспортируют его в определённую частоту электрических импульсов. Эти импульсы воспринимают соответствующие структуры головного мозга, и они формируют адекватную реакцию организма на раздражитель.

По расположению рецепторов в человеческом теле их делят на:

* *экстерорецепторы* (расположены на поверхности тела)
* *интрорецепторы* (направляют сигнал от внутренних органов)
* *проприорецепторы* (сигнализируют ЦНС о степени напряжения мышц).

В зависимости от того, какие отделы мозга принимают участие в осуществлении того или иного рефлекса, существуют следующие типы рефлексов:

* *бульбарные* (для их осуществления необходима целостность продолговатого мозга)
* *спинальные*
* *кортикальные*

по биологическому значению классифицируют:

* *пищевые рефлексы*
* *половые рефлексы*
* *локомоторные рефлексы*

Рефлекторные дуги бывают:

* *моносинаптические*. Имеют один синапс при переключении от мотонейронов задних рогов к мотонейронам передних рогов.
* *полисимпатические*. Имеют много синапсов и переключение осуществляется через ряд вставочных нейронов.

**Нервные центры и свойства нервных центров**

Сигналы от внешних воздействий, в конечном счете, поступают в соответствующий отдел головного мозга. Здесь происходит анализ и синтез информации, и сигналы передаются к исполнительным органам. Такие нервные структуры получили название *нервных центров*. При разрушении отдельных центров у человека выпадают те или иные функции.

Однако такое узколокализованное (анатомическое) понимание нервного центра не всегда соответствует действительности. На самом же деле, в функциональном плане, нервные центры всегда взаимодействуют с другими структурами мозга. Они получают соответствующие сигналы, усиливающие или тормозящие функцию нервных центров. При этом проявление той или иной функции осуществляется адекватно внешним воздействиям или функциональному состоянию организма.

**Свойства нервных центров. Сеченовская теория**

1. Одностороннее проведение возбуждения. Сигнал проходит от пресинаптической мембраны к постсинаптической и никогда не проходит обратно.
2. Замедление проведения возбуждения. Наличие латентного периода – периода от начала действия сигнала до проявления рефлекторного акта.
3. Рефлекторный ответ зависти от силы и продолжительности действующего раздражителя.
4. Суммация возбуждений.
5. Трансформация ритма. Сигналы, которые уходят от нервного центра по своим параметрам (частота, сила) отличаются от таковых пришедших к нервному центру.
6. Утомление нервных центров.
7. Нервные центры очень чувствительны к недостатку кислорода
8. Нервные центры чувствительны к токсинам, которые проходят через гематоэнцефалличсекий барьер.
9. нервные центры всегда находятся в тонусе. Это обусловлено тем, что они постоянно получают импульсацию от других структур мозга.

**Торможение в ЦНС**

Изучая нервные процессы, физиологов долго интересовал вопрос о том, что представляет собой процесс торможения. Они считали, что процесс торможения возникает в результате перевозбуждения пресинаптической постсинаптической мембран. При этом поступающие электрические импульсы блокируются в синапсе и не передаются следующим структурам. При этом утверждали, что нет специальных структур, которые вызывали бы торможение. Другие учёные полагали, что процесс торможения – это активный процесс, он обеспечивается специальными мембранами и что существуют в ЦНС специальные тормозные структуры. Эту точку зрения поддерживал И.М. Сеченов. В своём блестящим эксперименте Сеченов показал, что при возбуждении определённых структур головного мозга, тормозится проявление рефлекса. В эксперименте на лягушке Сеченов удалил кору головного мозга, после этого, у такой лягушки он определил время реализации рефлекса на действие раздражителя. После этого он положил кристаллик соли на зрительные бугры декортицированной (без коры) лягушки и опять проверил время реализации рефлекса на действие того же раздражителя. Оказалось, что во втором случае время реализации рефлекса было больше. На основании этого Сеченов делает вывод о том, что в этой области подкорковых структур имеются нейроны, которые тормозят реализацию рефлекса. Впоследствии было выяснено, что существует не только специальные тормозящие нейроны, но и специфические тормозные синапсы, и тормозные медиаторы (ГАМК, серотонин, некоторые пептиды и др.).

Выделяют 2 вида торможения:

1.Пресинаптическое торможение.

2.Постсинаптическое торможение.

При *пресинаптическом* торможении тормозной эффект реализуется на пресинаптической мембране. При *постсинаптическом*, торможение осуществляется на постсинаптической мембране.

**Координация реакций организма**

Каждый рефлекс представляет собой реакцию всей ЦНС и зависит от всей совокупности межцентральных взаимоотношений. Эти взаимоотношения обеспечивают согласованную деятельность и носят название координации функций. Координация функций обеспечивает рефлекторные акты, соответствующие воздействиям внешней среды. Эти рефлекторные акты могут проявляться со стороны различных систем (мышечной, эндокринной, сердечно-сосудистой).

К примеру: При беге рефлекторно работают мышцы сгибателей и разгибателей. Повышается артериальное давление, просвет сосудов, учащается биение сердца и дыхания. Все это скоординированно. Координация функций определяется характеристикой взаимоотношений между рефлекторными проявлениями со стороны различных систем организма для реализации определённого физического акта.

Для координации функций организма существуют определенные принципы таких взаимоотношений:

*1. Конвергенция.* При конвергенции импульсы, идущие по разным афферентным волокнам, сходятся (или конвергируют) к одни и тем же вставочным или эфферентным нейронам. Этот принцип конвергенции был впервые открыт Шеррингтоном и назван «*воронкой Шеррингтона*». Таким образом, один и тот же нейрон может возбудиться импульсами, поступающими от зрительных, слуховых, кожных рецепторов.

*2. Окклюзия*. Окклюзия состоит в том, что при одновременном раздражении 2-х афферентных волокон возникает сокращение мышцы, меньшее, чем сумма от каждого раздражения. Если раздражены сразу два волокна, то мышца возбуждена меньше, чем, если бы мы раздражали каждое из волокон.

*3. Иррадиация* *возбуждения*. Смысл этого принципа заключается в том, что при сильном и длительном раздражении импульсы, поступающие в ЦНС, возбуждают не только данный рефлекторный центр, но и другие центры. Возьмем пример с бегом: в этом примере задействовано много центров. Иррадиация гасится благодаря тормозным нейронам. Чтобы иррадиация не происходила в ЦНС, существуют тормозные нейроны, которые препятствуют иррадиации возбуждения и обеспечивают попадание импульсов в строго определенный нервный центр.

*4. Рецепторная (сопряженная) иннервация*. Впервые такая иннервация была замечена в 1896 г. Введенским. Он, раздражая моторную зону коры головного мозга, обнаружил, что на противоположной стороне тела происходило сокращение мышц-сгибателей и расслабление мышц-разгибателей. Это явление объясняется тем, что возбуждение центра сгибатель ной мускулатуры одной конечности тормозит центр разгибания этой же конечности.

*5. Принцип обратной связи*. Всякий двигательный акт, вызванный афферентным раздражителем, сопровождается возбуждением рецепторов мышц, сухожилий, суставных сумок. Эти сигналы с проприорецепторов поступают в ЦНС. Таким образом, осуществляется координация двигательных реакций.

*6. Принцип доминанты*. Этот принцип впервые был сформулирован Ухтомским. Сущность его заключается в том, что среди множества возбужденных очагов в ЦНС, существует очаг максимального (господствующего) возбуждения. Этот доминантный очаг подчиняет себе все другие очаги возбуждения. Доминантный очаг возбуждения характерен следующими свойствами: Повышенной возбудимостью. Стойкостью возбуждения. Способностью к суммированию возбуждений. Инерцией, т.е. способностью к длительному удержанию возбуждения после окончания стимула.

**Физиология спинного мозга**

Спинной мозг является физиологически наиболее древним отделом мозга. Он осуществляет в основном 2 функции: проводниковую и рефлекторную. Спинной мозг иннервирует всю скелетную мускулатуру, за исключением мышц головы, которые инервируются черепно-мозговыми нервами. Спинной мозг участвует в осуществлении всех сложных двигательных реакций. Многие из них могут быть результатом рефлекторной функции самого спинного мозга, другие осуществляются через спинной мозг и являются результатом деятельности вышележащих отделов мозга, т.е. в этом случае спинной мозг выполняет проводниковую функцию.

Спинной мозг воспринимает импульсы от рецепторных структур через задние рога спинного мозга. Они попадают к мотонейронам передних рогов спинного мозга. Импульсы передаются к эффекторным органам, т.е. реализуется спинальная рефлекторная дуга.

Важнейшая функция спинного мозга – это проведение возбуждения от нижележащих отделов спинного мозга к вышележащим и обратно. Пре перерезки задних корешков спинного мозга, животное теряет чувствительность к внешним воздействиям, но у него сохраняются двигательные реакции. При перерезки передних корешков спинного мозга, животное теряет возможность двигаться, но сохраняется возможность воспринимать внешние раздражения.

Нервные волокна чувствительных клеток по скорости проведения возбуждения и диаметру этих волокон делятся на 3 группы: *а, в, с*. Волокна типа *а* обычно толстые, миелинизированные, с диаметром 3-22 мкр. Скорость проведения возбуждения в этих волокнах 12-120 м.с. К волокнам группы *в* относятся миелинизированные волокна средней толщины со скоростью проведения возбуждения 3-14 м.с.; по ним передаются в основном ощущения боли. К эфферентным волокнам типа *с* относят безмиелиновые волокна с диаметром не более 2 микрон, скорость проведения возбуждения по ним составляет 2 м.с.; эти волокна проводят возбуждение от хемо- механорецепторов и т.д. Спинной мозг состоит из следующих сегментов: 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых, 1-3 копчиковых Спинной мозг человека содержит до 12 млн. нейронов, из которых всего 3% составляют эфферентные (двигательные) нейроны, 97% приходится на долю интернейронов (вставочных). В боковых рогах спинного мозга находятся центральные нейроны вегетативной нервной системы (симпатической, парасимпатической). В спинном мозге важнейшие рефлексы сосредоточены в шейном, грудном и позвоночном отделах, где находятся двигательные мотонейроны. В спинном мозге сосредоточены все центры двигательных рефлексов, за исключением мускулатуры головы: - здесь сосредоточены рефлексы мочеполовой системы, прямой кишки. Здесь находятся центры большинства терморегуляторных рефлексов, рефлексов диафрагмы и т.д. Однако проявление этих рефлексов зависит от целостности того или иного отдела спинного мозга. При перерезки вышележащих отделов мозга сохраняются спинальные рефлексы и исчезают рефлексы высших отделов головного мозга. Однако проведение рефлексов в этом случае зависит от уровня организации животного: при перерезки вышележащих отделов спинного мозга у лягушки, она способна сидеть в естественной позе, тогда как перерезка этих отделов у собаки приводит к полной потере тонуса мускулатуры и животное способно только лежать. Помимо рефлекторной деятельности ЦНС, важнейшей функцией спинного мозга является проводниковая функция, она осуществляется через белое вещество спинного мозга по восходящим и нисходящим спинальным трактам.

В соответствии с функциональными особенностями, различают 3 группы нервных волокон: *ассоциативные, комиссуральные* и *проекционные*. *Ассоциативные* волокна или их пучки осуществляют одностороннюю связь между отдельными частями спинного мозга. *Комисуральные* – соединяют в единое целое противоположно лежащие участки спинного мозга. *Проекционные* нервные волокна связывают спинной мозг с внешними отделами головного мозга и образуют афферентные восходящие пути и эфферентные нисходящие пути.

**Задний мозг**

Задний мозг состоит из продолговатого мозга и моста. Серое вещество продолговатого мозга представлено в виде ядер (ядра Бяктеревой, Дейторса, ядра тройничного узла). В продолговатом мозге находятся жизненоважные центры (дыхательный, сосудодвигательный и др.). В центральной части продолговатого мозга сосредоточена ретикулярная формация. Она представляет собой сеть нервных клеток и здесь происходит диффиренцировка сигналов, поступающих в ЦНС и из этих центров.

**Дыхательный центр**

Дыхательный центр состоит из 2-х отделов: *инспираторного* и *экспираторного*. Инспираторный отдел обеспечивает вдох, а инспираторный – выдох. Эти два отдела находятся в онтогонестических (противоположных) отношениях. Если возбуждает инспираторный, то тормозит экспираторный и наоборот. В инспираторном отделе импульсы поступают к дыхательной мускулатуре, грудная клетка поднимается, увеличивается в объёме, купол диафрагмы утолщается, давление грудной клетки снижается и воздух попадает в легкие, насыщение крови кислородом приводит к возбуждению хеморецепторов сосудов, импульсы поступают в экспираторный центр, происходит возбуждение его нейронов, что приводит к торможению инспираторных нейронов. При этом, дыхательная мускулатура теряет напряжение, давление в легких увеличивается, и воздух через воздухоносные пути удаляется из легких. При этом концентрация углекислого газа в крови увеличивается. Импульсы от хеморецепторов поступают к инспираторным нейронам, возбуждают дыхательную мускулатуру и вновь происходит вдох.

К рефлексам продолговатого мозга относят рефлексы кашля, моргания, глотания, рвоты и другие рефлексы.

**Энцефалография**

Сущность её заключается в регистрации суммарной электрической активности мозга с поверхности головы человека. При этом, на энцефалограмме с помощью регистрирующих устройств записываются типы различных волн. Такая запись называется электроэнцефалографией.

Электрические потенциалы на поверхности мозга возникают в результате того, что в различных возбужденных участках мозга наблюдается разность ионных процессов, при этом, между различными участками мозга возникает разность потенциалов. Эта разность потенциалов очень мала, её необходимо усиливать с помощью усилителей.

В настоящее время используют многоканальные энцефалографы, позволяющие одновременно отводить потенциал от многих отделов мозга. С этой целью используют серебренные и оловянные электроды. Их закрепляют в нужных участках мозга. В настоящее время используют монополярные и биполярные отведения. При монополярном отведении активный электрод располагают на нужном отделе мозга, а индифферентный – на мочке уха. При биполярном отведении электроды располагают в нужных отделах мозга.

Обычно при энцефалографии используют сенсорную стимуляцию, т.е. дают нагрузку на исследуемый отдел мозга и выясняют его функционирование. Энцефалографию проводят в экранизированной комнате.

При энцефалографии выделяют три типа волн:

*Альфа* волны

*Бетта* волны

*Тетта* волны

*Дельта* волны

Соотношение этих волн на энцефалограмме свидетельствует о наличии или отсутствии патологии. Хотя нельзя точно сказать что той или иной патологии соответствует точное соотношение этих волн.

*Альфа* –ритмы имеет частоту 8-12 Гц, а амплитуду – 40-70 Мквт. Этот ритм наблюдается в состоянии физиологического, эмоционального и интеллектуального расслабления. Кроме того, *Альфа*-ритмы наблюдаются при медленоволновой фазе сна. *Альфа*-ритм преобладает у 85-95% здоровых людей старше 9 лет. Наиболее выражен этот ритм в затылочной области и в области переднецентральной извилины.

*Бетта-*ритм имеет нерегулярную частоту, которая колеблется от 10 до 30 Гц, низкую амплитуду – 10-30 Мквт. *Бетта-*ритм отражает высокий уровень активности мозга.

*Альфа-*ритмобычно сменяет *Бетта*-ритм и этот процесс смены ритмов называется *десинхронизацией.*

*Тетта*-ритм обычно характеризуется низкой частотой 4-7Гц и высокой амплитудой – 100-200Мквт. У бодрствующего человека *Тетта-*ритм наиболее выражен в переднем мозге. Он отражает высокую эмоциональную активность человека. Обычно он наблюдается при переходе от медленоволновой к быстроволновой фазе сна.

*Дельта*-ритм характеризуется еще более низкой частотой – 1-3 Гц и высокой амплитудой – 200-300 Мквт. Этот ритм характеризует глубокую фазу медленоволнового сна.

**Метод вызванных потенциалов**

Этот метод применяют для того, чтобы создать функциональную нагрузку на нужный отдел мозга. При создании вызванных потенциалов учитывают 1-е и 2-е ответы. 1-й ответ регистрируется в корковых зонах соответствующих отделов мозга. Первичный ответ – это регистрация специфических ритмов сразу после воздействия раздражителя. Вторичный ответ – это неспецифический ответ. Он возникает через некоторое время после действия раздражителя.

**Эндокринная система**

Регуляция деятельности организма осуществляется с помощью нейрогуморальных механизмов. Одним из элементов нейрогуморальных процессов являются гормоны. Они синтезируют и секретируют железы внутренней секреции (щитовидная, поджелудочная железы, тимус, надпочечники, половые железы и другие).

Для гормонов характерны отдельные специфические свойства:

1.Каждый гормон действует на определенный орган или функцию

2.Гормоны обладают высокой биологической активностью

3.Гормоны обладают дистанционным действием

4.Гормоны имеют сравнительно небольшие размеры молекул

5.Гормоны быстро разрушаются в тканях

6.Большинство гормонов небелковой природы не обладают видоспецифичностью и поэтому их можно вводить от животных человеку.

Эффект гормонов всегда контролируется ЦНС c помощью обратной связи (+добавить схему гипотоламо-гипофизарной системы).

**Механизм действия гормонов**

Действие гормонов на клеточные структурыосуществляется по трем механизмам:

1.Через рецепторные структуры клетки (аденилатциклазную систему).

2.Непосредственно через мембрану клетки и воздействует на клеточные геномы (цитозольный путь)

3.Смешанный путь.

- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - - - - - -- - - - -