

Вестибулярный анализатор. Механизмы поддержания равновесия. Мышечный тонус.

Лекция для студентов стоматологического факультета

Человек, как и все на Земле, находится под воздействием гравитационного поля, которое стремится прижать нас к земной поверхности. Любая поза тела, за исключением лежания, представляет собой результат непрерывной "борьбы" систем регуляции активности скелетных мышц с действием силы тяжести. Это осуществляется благодаря тоническому напряжению мышц тела, которые крепятся к многочисленным подвижным звеньям скелета и обеспечивают их фиксацию.

Вертикальное положение тела (стояние), к примеру, возможно только в том случае, если напряжены мышцы ног, препятствующие тыльному сгибанию стопы, сгибанию в коленных и тазобедренных суставах. Напряжены должны быть и разгибатели спины, удерживающие туловище в выпрямленном состоянии, и разгибатели шеи, препятствующие наклону головы вперед. Сила тяжести стремится растянуть все эти мышцы, но они сохраняют свое напряжение, препятствуя растяжению.

Однако, фиксация звеньев скелета еще не обеспечивает позы стояния человека. Равновесие тела человека, находящегося в положении "стоя", является неустойчивым. Причина заключается в том, что центр тяжести тела человека проецируется на очень малую площадь поверхности опоры. Даже простое отведение руки от туловища или поворот головы приводят к изменению положения центра тяжести тела. Для восстановления устойчивого состояния проекция центра тяжести должна быть возвращена в прежнее положение, для чего производятся компенсаторные перестройки позы тела. Движение крови, дыхательные движения и другие "возмущающие" воздействия также изменяют условия равновесия. Поэтому тело совершает непрерывные качания, и эти качания должны компенсироваться увеличением напряжения соответствующих мышц, препятствующих падению.

Еще более сложными оказываются условия сохранения равновесия при выполнении двигательных актов: человек, нагибающийся к земле, даже при максимальном увеличении площади опоры ("ноги на ширине плеч"), сохранит равновесие только при увеличении фиксации суставов нижних конечностей.

Таким образом, способность сохранять равновесие является одним из важнейших условий активного взаимодействия человека с внешней средой. Вся трудовая деятельность, умение осуществлять сложные координированные движения - ходьбу, бег и другие виды локомоций, в значительной степени определяются способностью длительное время удерживать равновесие и сохранять позу.

Запомните:

1. Чтобы сохранить нужную позу или вернуться в исходную позу, сохранив при этом равновесие, необходимо обеспечить фиксацию суставов в определенном положении.
2. Это достигается за счет тонуса мышц, крепящихся к этим суставам.
3. Любое изменение позы тела требует перераспределения мышечного тонуса.
4. Поза, обеспечивающая противодействие силе тяжести, благодаря которой удерживается вертикальное положение, называется "антигравитационная поза". Основную антигравитационную службу несут мышцы-разгибатели.

За регуляцию поз и движений отвечают разные отделы центральной нервной системы (ЦНС) от спинного мозга до коры больших полушарий. Эти отделы в каждый момент времени должны получать информацию о положении головы и тела в пространстве и о том, как выполняется движение.

Информацию поставляют два вида рецепторов: вестибулярные рецепторы и рецепторы скелетных мышц, сухожилий и связок.

Вестибулярный аппарат является периферическим отделом вестибулярного анализатора. Он располагается внутри пирамиды височной кости и состоит из костного лабиринта, внутри которого находится повторяющий его форму перепончатый лабиринт. Между стенками перепончатого и костного лабиринта находится жидкость - перилимфа. Полость перепончатого лабиринта заполнена эндолимфой. Лабиринт состоит из двух частей, выполняющих разные функции, - улитки, в которой находится орган слуха, и преддверия, в котором и находится вестибулярный аппарат.

Вестибулярный аппарат состоит из двух отделов - маточки и мешочка, содержащих так называемый отолитов прибор, и трех полукружных каналов (рис. 1А).

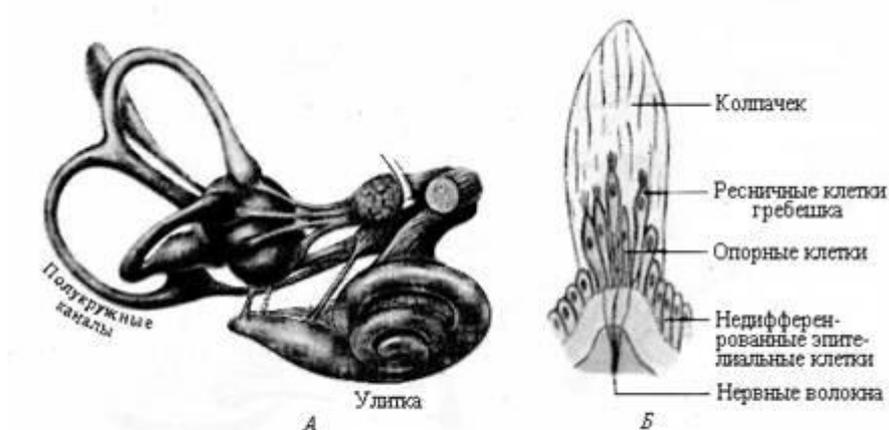


Рис. 1. Вестибулярный аппарат. А - полукружные каналы; Б - схема гребешка лабиринта.

В области макул (пятен) маточки и мешочка, вблизи от так называемых ампул, расположен содержащий рецепторы сенсорный эпителий, который покрыт желеобразной массой. Эта масса как бы подушкой покрывает сенсорные клетки и содержит отложения карбоната кальция в форме небольших кристаллов кальцита. Благодаря наличию этих каменистых включений она называется отолитовая мембрана.

При изменении положения головы студенистая масса, содержащая отолиты, смещается под действием собственного веса, при этом возбуждаются волосковые клетки. Рецепторы маточки и мешочка воспринимают линейное ускорение, вызванное изменением скорости движения вперед или назад, вверх или вниз. Наиболее распространенной формой линейного ускорения является ускорение силы тяжести.

Полукружные каналы (их три) отходят от маточки под прямыми углами. Расположение их таково, что каждый из них реагирует на угловое ускорение в одной из трех плоскостей - фронтальной, сагитальной и горизонтальной. В каждом канале есть расширенный участок - ампула. В ампуле находится рецепторная структура - сенсорный гребешок или криста с чувствительными волосковыми клетками. Реснички этих клеток покрыты желеобразным колпачком - купулой (рис. 1Б). Купула выступает в просвет канала и легко смещается при движении эндолимфы, заполняющей канал. Смещение купулы приводит к возбуждению

погруженных в эндолимфу волосковых клеток. Волосковые клетки реагируют на угловое ускорение, возникающее при поворотах головы. Когда голова начинает внезапно вращаться в любом направлении, эндолимфа перепончатых полукружных каналов из-за своей инертности остается неподвижной, в то время как сами стенки полукружных каналов поворачиваются. Это вызывает относительный ток жидкости в каналах в направлении, противоположном вращению головы, и возбуждение рецепторных клеток.

У человека чувствительность вестибулярного аппарата очень высока. Отолитов аппарат воспринимает линейное ускорение равное 2 см/с^2 . Порог различения наклона головы в сторону составляет всего 1° , а вперед-назад - $1,5-2^\circ$. Рецепторы полукружных каналов позволяют человеку замечать ускорение вращения $2-3 \text{ см/с}^2$.



Информация от вестибулярного аппарата направляется в составе вестибулярного нерва в продолговатый мозг, где адресуется вестибулярным ядрам, и в мозжечок.

Вестибулярный аппарат определяет ориентацию и движения в основном головы. Однако, для определения положения тела в целом необходимо иметь информацию о положении головы относительно туловища и различных частей туловища относительно друг друга. Эту информацию поставляют мышечные рецепторы.

Существуют два вида рецепторов двигательных систем - мышечные веретена и сухожильные органы Гольджи.

Мышечные рецепторы. Проприорецепторы или собственные рецепторы скелетных мышц представлены мышечными веретенами. В скелетных мышцах существует две группы волокон. Первая группа, так называемые **экстрафузальные волокна**, образуют основную массу мышцы и являются рабочими. Вторая группа волокон тоньше и короче остальных - так называемые **интрафузальные волокна** - входят в состав мышечного веретена. Они выполняют исключительно рецепторную функцию. Интрафузальные волокна заключены в соединительно-тканную капсулу. В целом получается вытянутая структура, расширяющаяся посередине за счет капсулы и по форме напоминающая веретено, что и обусловило его название. Мышечные веретена прикрепляются к экстрафузальным волокнам при помощи маленьких полосок соединительной ткани параллельно волокнам мышцы (рис.2).

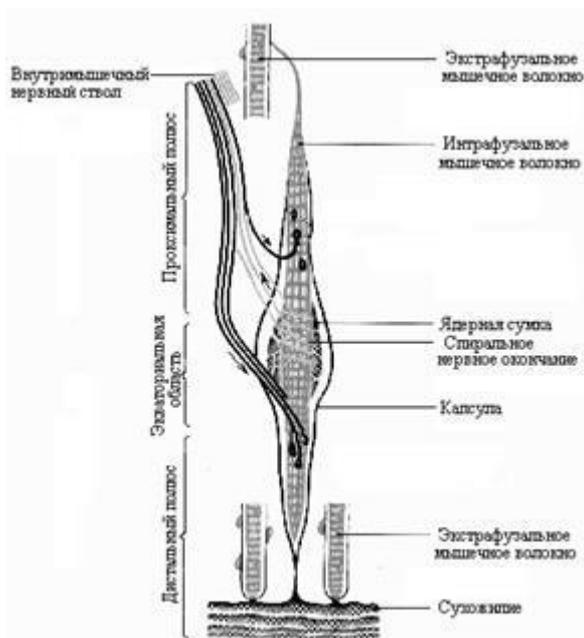


Рис. 2. Мышечный рецептор.

В центральной части мышечного веретена располагаются спиральные окончания сенсорных нейронов. Они служат главным каналом передачи информации об изменении длины мышцы и скорости ее удлинения. Моторная иннервация интрафузальных волокон осуществляется гамма-эфферентными (g-эфферентными) волокнами. Эти волокна являются аксонами соответствующих мотонейронов спинного мозга. Подробнее мы об этом поговорим позже.

Сухожильные органы Гольджи. Эти органы располагаются в зоне соединения мышечных волокон с сухожилием. Они представляют собой структуру вытянутой или цилиндрической формы, длина которой у человека может быть до 1 мм.

И мышечные веретена и сухожильные органы являются рецепторами растяжения. Однако их расположение в мышце различно: мышечные веретена соединены с экстрафузальными мышечными волокнами параллельно, а сухожильные органы - последовательно. В результате характер возбуждения этих двух типов рецепторов, особенно во время сокращения, различен. Полагают, что мышечные веретена воспринимают, главным образом, длину мышцы, а сухожильные органы - ее напряжение. Информация от мышечных веретен и сухожильных рецепторов направляется в спинной мозг и вышележащие центры.

После того, как мы познакомились с устройством мышечных рецепторов, можно перейти к изучению механизмов регуляции длины и напряжения мышцы, которые будут рассмотрены совместно с участием спинного мозга, контролирующего эти процессы.

Регуляция длины мышцы. Спинальное животное обладает слабым мышечным тонусом. Этот тонус имеет рефлекторную природу. Доказать это можно, нарушив связь мышцы с ЦНС (спинным мозгом), перерезав задние чувствительные корешки у лягушки (опыт Бронжеста). При этом тонус мышц задней лапки исчезает и естественное взаимоотношение бедра и голени нарушается. То есть тоническое напряжение мышца сохраняет только до тех пор, пока она связана со спинным мозгом.

В основе тонуса лежит спинномозговой тонический или другое название - миотатический рефлекс. Этот рефлекс включает в себя несколько звеньев. Рецепторами растяжения являются проприорецепторы самой мышцы. Раздражителем для них служит растяжение мышцы. Вследствие того, что экстрафузальные и интрафузальные мышечные волокна

расположены параллельно (о чем мы уже говорили) при растяжении мышцы удлиняются и те и другие. Происходит возбуждение нервных окончаний, по афферентным волокнам возбуждение направляется в спинной мозг, где происходит активация альфа-мотонейронов (α-мотонейронов). Эти мотонейроны иннервируют экстрафузальные мышечные волокна. В результате их возбуждения экстрафузальные волокна сокращаются, это приводит к уменьшению растяжения мышцы. И наоборот, при чрезмерном сокращении мышцы, степень возбуждения веретен уменьшается, уменьшается их активирующее влияние на α-мотонейроны и в результате тонус мышцы снижается (рис.3).

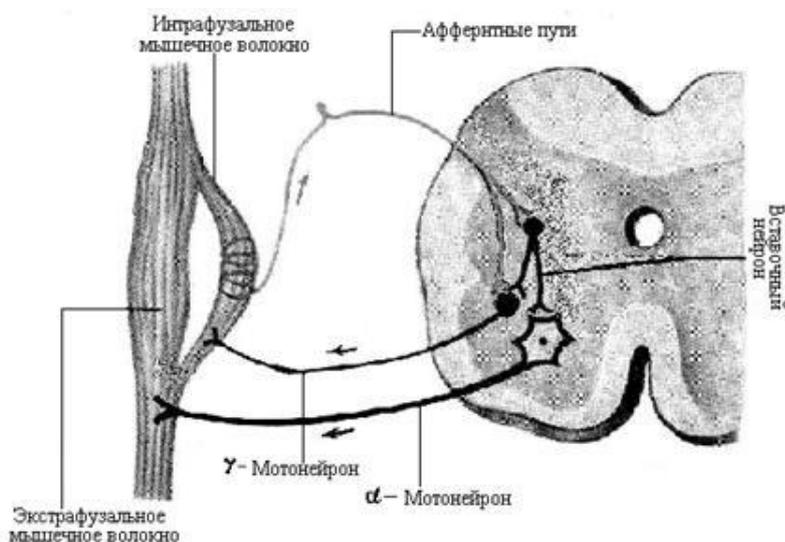


Рис.3. Рефлекторная дуга спинномозгового тонического рефлекса.

Вы видите, что это своеобразный механизм поддержания длины мышцы, в котором использована обратная связь от мышечных веретен. Этот механизм автоматически компенсирует изменение нагрузки на мышцу.

Мы упоминали о том, что интрафузальные волокна имеют свою иннервацию. Она исходит от более мелких нейронов, тоже расположенных в передних рогах спинного мозга - γ-мотонейронов. Для чего же служат γ-мотонейроны, иннервирующие сам проприорецептор?

1. Повышают чувствительность мышечных веретен к растяжению, что способствует усилению рефлекторной реакции на изменение длины мышцы.
2. Возбуждение γ-мотонейронов приводит к сокращению интрафузальных волокон, что в свою очередь вызывает усиление афферентной импульсации и активацию α-мотонейронов. Активация α-мотонейронов через γ-мотонейроны называется γ-петля.

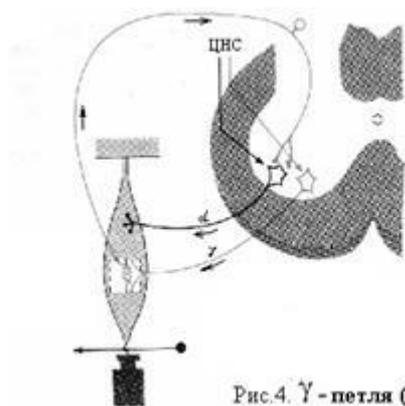


Рис.4. γ-петля (показана светлым)

3. Препятствуют полному расслаблению мышечных веретен в сокращенной мышце.

4. Через них вышележащие отделы ЦНС оказывают влияние на тонус мышц.

Следовательно, одна из основных задач, выполняемых γ -мотонейронами и γ -эфферентными волокнами, заключается в настройке чувствительности измерительных приборов (веретен) для того, чтобы они могли работать при самой различной длине мышцы.

Таким образом, существуют два механизма, приводящих к возбуждению мышечных веретен: 1)растяжение мышцы и 2)сокращение интрафузальных волокон.

При осуществлении сложных двигательных актов происходит одновременная активация α - и γ -мотонейронов. Она состоит в том, что одновременно активируются α -мотонейроны (обеспечивая само движение) и γ -мотонейроны (поддерживая возбуждение α -мотонейронов).

Регуляция напряжения мышцы: Как мы уже отметили, в участках сухожилий, примыкающих к мышце, расположены особые рецепторы - сухожильные органы Гольджи. С мышечными экстрафузальными волокнами они соединены последовательно. Они возбуждаются при увеличении напряжения мышцы. В этих условиях афферентный нейрон, связанный с рецепторами сухожилий, передает возбуждение на тормозные вставочные нейроны, которые в свою очередь образуют тормозные синапсы на α -мотонейронах,- происходит торможение мотонейронов соответствующей мышцы. Одновременно посредством возбуждающих клеток происходит активация мотонейронов мышц-антагонистов.

Тормозные сухожильные рефлексy, в отличие от рефлексов поддержания длины скелетных мышц, адресуются не к одной мышце, а к группе мышц-антагонистов.

Таким образом, сухожильные рефлексy играют двоякую роль: 1. Участвуют в регуляции напряжения в мышце. Когда напряжение достигает значения, при котором возбуждаются сухожильные органы Гольджи, α -мотонейроны, иннервирующие сокращающуюся мышцу, тормозятся, что приводит к ее расслаблению и падению в ней напряжения; 2. Способствуя быстрому расслаблению мышцы, они защищают ее от повреждения при сильных сокращениях. Несмотря на это, при чрезмерных нагрузках и напряжении икроножной мышцы в ряде случаев у спортсменов и артистов балета может происходить отрыв ахиллова сухожилия от места прикрепления.

Из наших рассуждений следует, что в регуляции деятельности каждой мышцы участвуют две регулирующие системы обратной связи: система регуляции длины, роль датчика в которой играют мышечные веретена, и система регуляции напряжения, датчиками которой служат сухожильные органы.

Наиболее известный рефлекс растяжения - коленный, возникает в ответ на кратковременное растяжение четырехглавой мышцы бедра легким ударом неврологическим молоточком по ее сухожилию ниже коленной чашечки. После короткого латентного периода происходит сокращение, в результате которого происходит разгибание конечности.

Запомните! СПИННОЙ МОЗГ

---является центром тонических рефлексов, обеспечивающих поддержание длины и ограничение напряжения скелетных мышц;

---создает исходный тонус мышц, который недостаточен, чтобы обеспечить стояние и вертикальное положение головы (“антигравитационную позу”);

---осуществляет простейшие двигательные рефлексy (рефлексy сгибания и разгибания

конечностей, шагательные движения);

---является исполнительной структурой по отношению к расположенным выше двигательным центрам, нисходящие влияния которых в конечном итоге сходятся на мотонейронах спинного мозга.

ДВИГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СТВОЛА МОЗГА

Структуры ствола мозга обеспечивают более высокий уровень регуляции движений. Их деятельность состоит не только в реализации программ действия, запускаемых высшими двигательными центрами. Для них характерны собственные сложные рефлексы координации тонуса разных групп скелетных мышц. Тем самым структуры ствола мозга участвуют в регуляции позы и разнообразных двигательных актов.

ПРОДОЛГОВАТЫЙ МОЗГ

В продолговатом мозге расположены вестибулярные ядра, главным из которых является ядро Дейтерса и бульбарная часть ретикулярной формации (РФ). Эти отделы ЦНС получают информацию от вестибулярного аппарата и проприорецепторов мышц.

Роль этого отдела в регуляции тонуса мышц можно продемонстрировать в опыте с перерезкой ствола мозга между буграми четверохолмий. При этом перерезка отделяет продолговатый мозг от среднего и проходит ниже уровня красных ядер. Эта операция называется децеребрация, а состояние, которое при этом развивается - децеребрационная ригидность (рис.5).

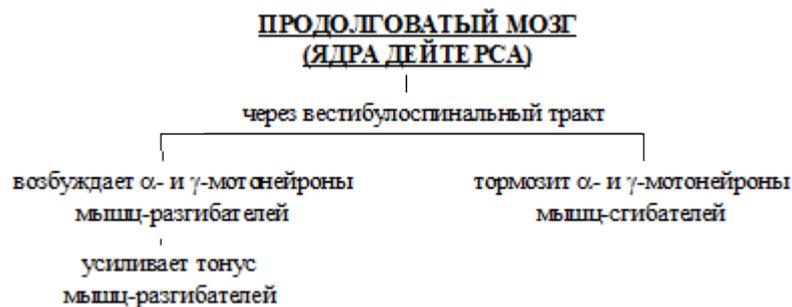


Рис.5. Децеребрационная ригидность.

Это состояние характеризуется резким усилением тонуса мышц-разгибателей. При этом животное (кошка) принимает характерную позу - голова запрокинута, конечности вытянуты, хвост изогнут. Если такое животное поставить так, чтобы лапы выполняли роль распорок, оно сможет "стоять", так как тонус разгибателей настолько велик, что сгибания в суставах под действием силы тяжести не происходит. Тонкая регуляция позы отсутствует и при малейшем толчке животное падает.

Таким образом, мы видим, что усиление тонуса антигравитационных мышц (преимущественно мышц-разгибателей) обеспечивает противодействие гравитации. Однако антигравитационная поза еще не является состоянием устойчивого равновесия.

Основной причиной развития децеребрационной ригидности является преобладающее действие ядра Дейтерса на мотонейроны экстензорных мышц при отсутствии влияния красных ядер и вышележащих центров. Доказательством служит устранение ригидности после перерезки мозга ниже продолговатого мозга.

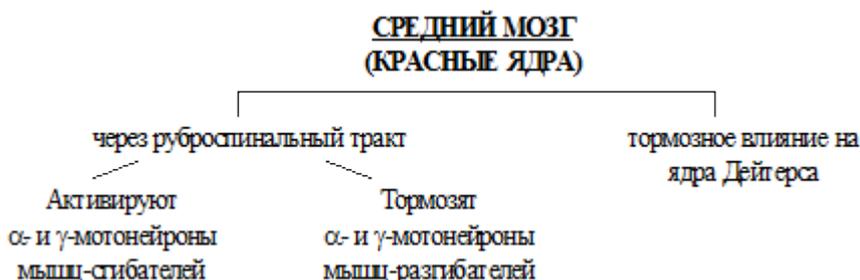


Запомните! ПРОДОЛГОВАТЫЙ МОЗГ

---усиливает спинномозговые тонические рефлексы преимущественно мышц разгибателей и тем самым обеспечивает антигравитационную позу;

---является центром статических рефлексов позы (см. далее).

СРЕДНИЙ МОЗГ. В состав этого отдела ЦНС входят красные ядра, черная субстанция и мезенцефалическая часть РФ. Мы только что установили, что при отделении красных ядер от продолговатого мозга развивается состояние децеребрационной ригидности. При сохранении влияния красных ядер двигательная активность нарушается не так глубоко, как при децеребрационной ригидности: животное способно самостоятельно стоять, ригидность у него выражена слабее. Раздражение красных ядер вызывает активное сгибание (флексию) в конечностях. При этом происходит возбуждение мотонейронов мышц-сгибателей и торможение мышц-разгибателей.



Красные ядра среднего мозга являются одной из структур, ответственных за надсегментарный контроль мышечного тонуса, “уравновешивают” тоническую активность ядер Дейтерса. Благодаря влиянию красных ядер тонус мышц становится пластичным, поскольку создается возможность его перераспределения. Будучи составной частью организующей движения экстрапирамидной системы (ЭПС) (см.далее), красные ядра получают информацию от моторной коры, ядер мозжечка, черной субстанции среднего мозга и дают начало руброспинальному тракту, который как общий путь обеспечивает регуляцию тонуса скелетных мышц.

Запомните! СРЕДНИЙ МОЗГ:

---усиливает активность мотонейронов и тонус мышц сгибателей и тормозит мышц разгибателей;

---создает возможность нормального распределения мышечного тонуса благодаря его перераспределению между флексорными и экстензорными группами мышц;

---является центром установочных рефлексов статических
выпрямительных статокинетических рефлексов рефлексов см. далее.

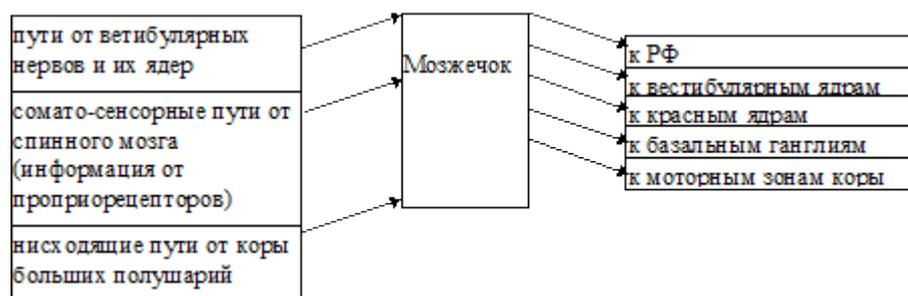
Мы упоминали, что в регуляции тонуса принимает участие ретикулярная формация. Ретикулярная формация продолговатого и среднего мозга через ретикулоспинальные пути оказывает нисходящие как облегчающие, так и тормозные влияния на нейроны спинного мозга и воздействует таким образом на тонус экстензорных и флексорных групп мышц. Ретикулярная формация как один из двигательных центров может выступать не только в роли регулятора возбуждения спинномозговых мотонейронов, но и принимать участие в процессах, связанных с поддержанием позы и организацией целенаправленных движений.

Таким образом, ядра ствола мозга через проводниковые пути регулируют тонус антагонистических групп мышц и являются центрами установочных тонических рефлексов (см. далее). Эти рефлексы обязательно будут использоваться в сложных движениях (ходьба, бег, плавание и др.).

Стволовые центры являются высшими центрами, обеспечивающими непосредственное действие. Сложные же двигательные акты, связанные с реализацией программ действия, осуществляются с участием высших двигательных центров, к рассмотрению которых мы перейдем далее.

МОЗЖЕЧОК. Мозжечок имеет богатейшие афферентные и эфферентные двухсторонние связи с моторной корой базальными ганглиями и всеми двигательными центрами (предполагается, что функциональную анатомию мозжечка и его связей вы помните из курса нормальной анатомии и гистологии).

афферентные связи эфферентные связи



Главные связи мозжечка показаны на рисунке 6.

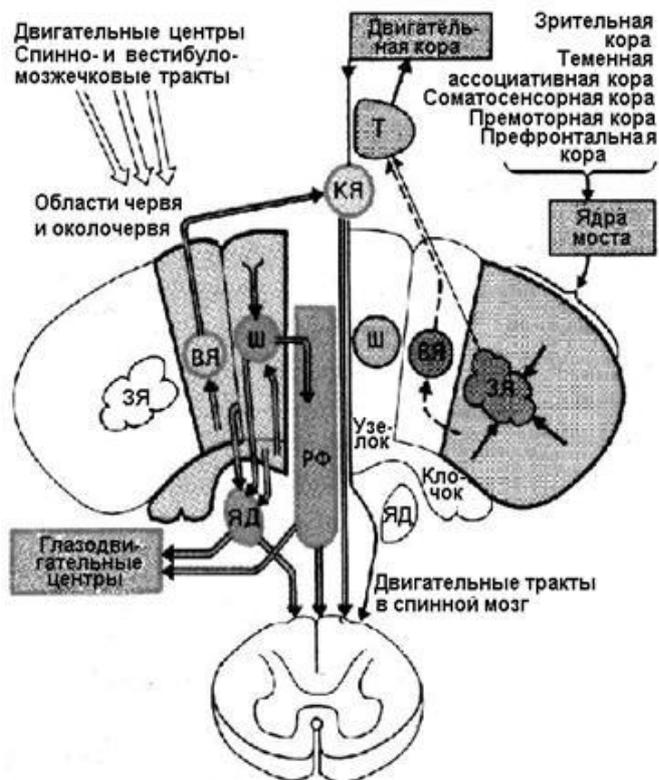


Рис 6. Главные связи медиальной (слева) и латеральной (справа) частей мозжечка. Проекция первой идет преимущественно в двигательные центры ствола мозга, а второй - через вентролатеральный таламус (Т) в двигательную кору больших полушарий. Ш - ядро шатра; ВЯ - вставочное ядро; ЗЯ - зубчатое ядро; КЯ - красное ядро; РФ - ретикулярная формация; ЯД - ядро Дейтерса.

Полушария и червь мозжечка состоят из коры и белого вещества, в котором заложены скопления нервных клеток, образующие ядра мозжечка. В коре находится набор клеточных элементов. Информация поступающая в мозжечок от коры больших полушарий (КБП), ствола мозга и спинного мозга, передает сведения о положении конечностей, туловища, головы, шеи и глаз. Всю эту информацию интегрируют клетки Пуркинью. Единственный эфферентный выход сигналов из коры мозжечка обеспечивают аксоны клеток Пуркинью, образующие синапсы с нейронами внутримозжечковых ядер и нейронами ядер Дейтерса, причем следует запомнить, что клетки Пуркинью оказывают исключительно тормозное действие на эти структуры.

Еще раз подчеркнем, что мозжечок имеет обширные связи со всеми моторными системами. Это и объясняет столь важное его значение. Дело в том, что мозжечок сопоставляет и увязывает информацию, приходящую к нему от проприорецепторов мышц, сухожилий, суставов, с информацией от вестибулярного аппарата. На основании этой аналитико-синтетической деятельности он вносит корректирующие указания в двигательную активность, осуществляемую другими отделами мозга, и через них влияет на мотонейроны. Благодаря многочисленным обратным связям к мозжечку постоянно поступает информация о состоянии тех структур, на которые он действует. Другими словами, мозжечок получает копию команд, посылаемых двигательными центрами по нисходящим двигательным путям в спинной мозг (копию эфферентации). С другой стороны, мозжечок получает также копию сенсорной афферентации по коллатералям от восходящих путей. Согласно существующей гипотезе, сопоставляя два входа, он может оценивать отклонения от намеченной точки (ошибку). Сигнал об этом передается в двигательные центры, за счет чего после начала движения происходит непрерывная коррекция двигательной программы.

Последствия повреждения или удаления мозжечка.

Поражение или удаление мозжечка не вызывает выпадения какого-либо класса движений или паралича двигательной активности. При этом происходит лишь нарушение координации движений, рассогласование работы отдельных мышц или групп мышц, чрезмерное усиление или ослабление движений, исчезновение сопряжения между выполняемым движением и позой (рис.7).

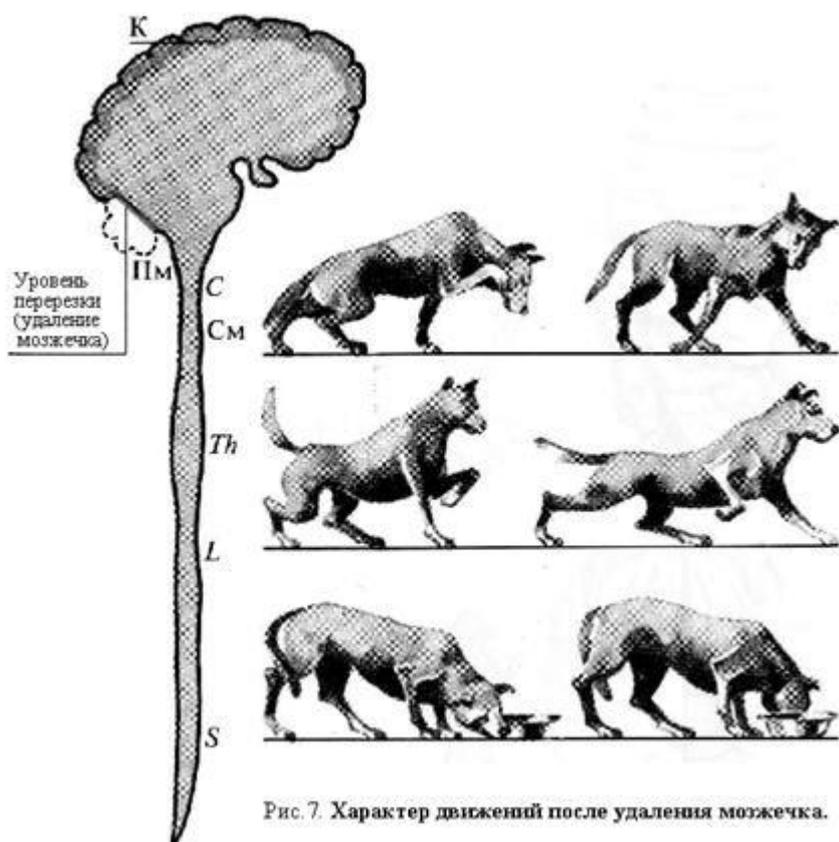


Рис. 7. Характер движений после удаления мозжечка.



Пояснения:

Дисметрия - утрата соразмерности движений, что особенно наглядно проявляются при совершении целенаправленных движений, когда конечность либо не достигает цели, либо проносится мимо нее;

Атаксия - нарушение точности и координации движений;

Астазия - нарушение равновесия, качательные движения при стоянии;

Асинергия - нарушение содружественных движений. Целостное движение состоит не из одновременных содружественных актов, а из последовательного ряда простых движений. Так, например, касание кончика носа мозжечковый больной осуществляет в три приема (сначала опускает руку, затем сгибает ее в локте и только после этого подносит палец к носу);

Адиадохокинез - неспособность быстро и равномерно выполнять противоположенные движения, например, быстро поворачивать руку то ладонью вверх, то ладонью вниз;

Деэквилибрация - нарушение равновесия (выявляется проведением пробы Ромберга, с помощью которой проверяется способность удерживать равновесие при закрытых глазах, когда ноги поставлены пятками вместе, а руки вытянуты вперед);

Дизартирия - расстройство артикуляции. Речь становится медленной, невыразительной, монотонной.

Следует отметить, что у млекопитающих, перенесших травму мозжечка, со временем наступает довольно эффективная компенсация его функций, что, по всей вероятности, осуществляется за счет высокой пластичности систем регуляции движений.

Запомните: МОЗЖЕЧОК:

---участвует в регуляции позы, мышечного тонуса и равновесия;

---осуществляет координацию целенаправленных движений с рефлексамии поддержания позы;

---производит координацию быстрых целенаправленных движений, осуществляемых по команде из коры больших полушарий, таких как бег, прыжки, игра на фортепьяно и даже речь ;

---является хранилищем центральных двигательных программ. Мозжечок обучается различным программам движения, а затем сохраняет их. В нем хранятся программы сложных и автоматически выполняемых двигательных актов. Он также корректирует выполнение двигательных программ.

БАЗАЛЬНЫЕ ГАНГЛИИ. Базальные ганглии рассматривают в качестве другой центральной структуры, связанной с хранением центральных моторных программ. Полагают, что они имеют отношение как к хранению программ врожденных двигательных актов, так и двигательных автоматизмов. Базальные ганглии - это крупный комплекс ядер, расположенных под корой больших полушарий в глубине мозга. В состав базальных ганглиев входит - полосатое тело (стриатум), состоящее из двух частей - скорлупы и хвостатого ядра, и бледный шар (паллидум). Сюда же часто относят субталамическое ядро и черную субстанцию среднего мозга. Эти анатомические образования формируют так называемую стриопаллидарную систему.

Базальные ганглии имеют многочисленные связи с различными отделами мозга. Стриатум является своеобразным коллектором афферентных входов от сенсомоторной области коры, неспецифических ядер таламуса и дофаминэргических путей от черной субстанции. Из стриатума информация поступает в ядра таламуса либо через бледный шар, либо сетчатую

часть черной субстанции. Через бледный шар выходные эфферентные пути этой системы подходят к красному ядру, к ядрам таламуса, а оттуда к двигательным областям коры головного мозга. Многие связи стриатума - тормозные.

Формируется многозвеньевая петлеобразная связь между соматосенсорными и двигательными областями коры с участием полосатого тела и бледного шара (рис.8).

Представление об участии базальных ганглиев в контроле движений основаны, главным образом, на многочисленных клинических наблюдениях. При поражении этих образований наблюдаются две категории нарушений. К первой относят акинезию (буквально - отсутствие движений) и ригидность (повышение мышечного тонуса); ко второй - баллизм (крупноразмашистый гиперкинез конечностей), атетоз ("червеобразные" движения), хорюю (быстрые подергивания), тремор (дрожание). Симптомы второй категории - признаки избыточной возбудимости двигательной системы, объясняемой растормаживанием.

Наиболее распространенное неврологическое заболевание базальных ганглиев болезнь Паркинсона (паркинсонизм) - характеризуется триадой симптомов (ригидность, тремор, акинезия). Все эти симптомы обусловлены гиперреактивностью базальных ганглиев, которая возникает при повреждении дофаминэргического (по всей вероятности тормозного) пути, который идет от черной субстанции к стриатуму.

Когда выяснилось, что симптомы паркинсонизма вызваны нарушением дофаминэргической иннервации стриатума, удалось разработать чрезвычайно эффективный метод заместительной терапии. Введение больному L-дофа (L-диоксифенилаланина) оказалось эффективным средством патогенетического лечения этого тяжелого неврологического заболевания. Это вещество проникает через гематоэнцефалический барьер, поступает в мозг, где из него образуется дофамин (сам дофамин не проникает через гематоэнцефалический барьер, поэтому введение его больному не имеет смысла).

Запомните: БАЗАЛЬНЫЕ ГАНГЛИИ:

---участвуют в интеграции тонических рефлексов;

---являются одним из уровней системы регуляции движений, передают в основном тормозные влияния к моторной коре и в ствол мозга;

---участвуют в создании программ целенаправленных движений. Их роль важна в переходе от замысла движений (фаза подготовки) к выбранной программе действия (фаза выполнения).

Мозжечок и базальные ганглии относят к структурам программного обеспечения движений. В них заложены генетически детерминированные и приобретенные программы взаимодействия разных групп мышц в процессе выполнения движений.

РОЛЬ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ В РЕГУЛЯЦИИ ТОНУСА И УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЯМИ.

Кора больших полушарий организует формирование программ движений и их реализацию в действии. Нейроны коры, непосредственно связанные с мотонейронами спинного мозга, называются клетки Беца или гигантские пирамидные клетки. Они расположены в моторной зоне в области прецентральной извилины. Именно оттуда берет начало кортико-спинальный путь или так называемая пирамидная система. Этот путь служит прямым каналом регуляции

двигательной активности спинного мозга со стороны коры, так как нейроны коры оказываются непосредственно связанными с мотонейронами спинного мозга. Этот путь частично перекрещивается, поэтому инсульт или иное повреждение правой моторной зоны вызывает паралич левой половины тела, и наоборот. Пирамидный путь, пройдя через ствол мозга и отдав при этом значительное количество коллатералей к стволовым ядрам, подходит к мотонейронам спинного мозга. Пирамидная система играет важную роль в поддержании и регуляции мышечного тонуса, оказывает преимущественно возбуждающие влияния на тонус мышц-сгибателей.

Нейроны в двигательной коре, также как и в сенсорных областях, по-видимому, организованы в вертикальные колонки. Клетки двигательной коры, связанные по вертикали и образующие функциональную моторную колонку, контролируют группу связанных между собой мышц. Как сейчас полагают, важная функция корковых двигательных колонок состоит в том, чтобы обеспечивать определенное положение сустава, а не просто активировать те или другие мышцы. Кортиковая моторная колонка - это небольшой ансамбль двигательных нейронов, влияющих на все мышцы данного сустава. В несколько общей форме можно сказать, что кора кодирует наши движения не путем приказов о сокращении отдельных мышц, а путем команд, обеспечивающих определенное положение суставов. Одна и та же группа мышц может быть представлена в разных колонках и участвовать в разных движениях. Соматосенсорная кора получает информацию от рецепторов кожи, мышц, суставов, производит оценку этой информации и в результате возникает чувство позиции и движения конечностей. Одновременно поступает информация от зрительных и слуховых рецепторов, что важно для управления движениями.

Пирамидная система является основой наиболее сложной формы двигательной активности - произвольных, целенаправленных движений. В коре хранят

После изучения лекции **необходимо** пройти тестирование при помощи сервиса Гугл-формы.

Пожалуйста, корректно заполняйте поля ФИО, факультет и номер группы.

[Ссылка для прохождения тестирования](#)