

## Проводящие пути спинного мозга.

### Методическая разработка для самостоятельного изучения.

Спинальный мозг участвует в осуществлении всех сложных двигательных реакций организма. Он получает импульсы от экстерорецепторов кожной поверхности, проприорецепторов и висцерорецепторов туловища и конечностей (за исключением тех висцерорецептивных импульсов, которые приходят в ЦНС по блуждающим нервам). Спинальный мозг иннервирует всю скелетную мускулатуру, кроме мышц головы, иннервируемых черепномозговыми нервами.

Многие двигательные реакции организма осуществляются благодаря рефлекторной функции спинного мозга, дуги этих рефлексов замыкаются в сером веществе спинного мозга. Другие же двигательные реакции возникают в результате рефлексов, осуществляемых вышележащими отделами ЦНС. Спинальный мозг в этом случае является промежуточной станцией, через которую проходят импульсы.

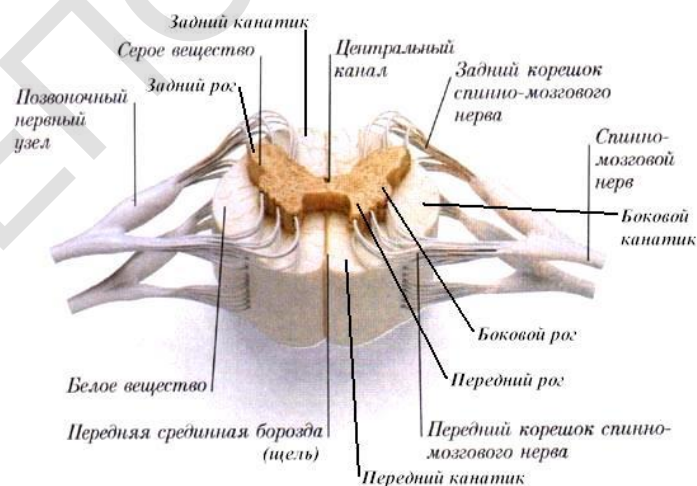
Информация, поступающая в спинной мозг от рецепторов, передается по многочисленным проводящим путям, расположенным в задних и боковых столбах спинного мозга, к центрам мозгового ствола и достигает коры больших полушарий и мозжечка. В свою очередь от вышележащих отделов ЦНС спинной мозг получает импульсы, которые проходят к нему по проводящим путям передних и боковых столбов, эти импульсы оказывают возбуждающее или тормозящее действие на вставочные и моторные нейроны спинного мозга, в результате чего изменяется деятельность скелетной мускулатуры и внутренних органов. В проведении импульсов от периферических рецепторов к головному мозгу и от него к эффекторам заключается важная **проводящая функция спинного мозга**.

Для изучения физиологии спинного мозга необходимо напомнить важнейшие сведения по его анатомической структуре. Спинальный мозг с его оболочками располагается в позвоночном канале от уровня большого затылочного отверстия до 2-го поясничного позвонка. Спинальный мозг подразделяется на сегменты: 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и 1 копчиковый. Сегментом называют участок, от которого симметрично отходят левая и правая пары спинномозговых корешков. В каждой паре есть так называемый **задний** (дорсальный) и **передний** (вентральный) корешок.

Через **задние** корешки в спинной мозг входят **афферентные** (центростремительные,

чувствительные) волокна. Они являются отростками нейронов, тела которых располагаются в спинальных ганглиях.

**Передние** корешки начинаются от вентральной поверхности сегментов спинного мозга. Они образованы аксонами **эфферентных** (центробежных, двигательных) нейронов, тела которых находятся в передних рогах спинного мозга, а также отростками вегетативных нейронов,



тела которых расположены в боковых рогах.

Перед выходом из межпозвоночных отверстий передний и задний корешки объединяются в спинномозговой нерв, который идет к строго определенным сегментам кожи, мышцам и внутренним органам.

Важнейшие функции спинного мозга: рефлекторная (замыкательная), проводниковая и интегративная. Эти функции осуществляются благодаря спинальным нейронам и нервным волокнам, формирующим проводящие пути.

### **Нейроны спинного мозга.**

Нейроны расположены в тяжах серого вещества, которое в совокупности с промежуточным веществом располагается вокруг центрального спинномозгового канала, заполненного цереброспинальной жидкостью. Поперечный срез серого вещества по форме напоминает крылья бабочки.

В нем выделяют передние и задние рога, содержащие нейроны, различающиеся по морфологии и функциям.

В грудных и двух верхних поясничных сегментах имеются также **боковые рога** (выступы) серого вещества. В них располагаются вегетативные нейроны, эфферентные волокна от которых идут к вегетативным ганглиям.

**В задних рогах** сосредоточены тела вставочных нейронов, выполняющих замыкательную функцию. Эти нейроны передают нервные импульсы от афферентных к эфферентным нейронам в пределах одного спинального сегмента. Здесь же имеются многочисленные ассоциативные нейроны, передающие импульсацию от афферентных нейронов к выше и ниже расположенным сегментам спинного мозга.

Эфферентные нейроны спинного мозга представлены  $\alpha$ - и  $\gamma$ -мотонейронами, расположенными в **передних рогах** серого вещества, и вегетативными нейронами, находящимися в **боковых рогах**. Большинство  $\alpha$ -мотонейронов имеют крупные тела. Максимальная частота потенциалов действия, которую они могут генерировать, составляет лишь 50 импульсов в секунду. Это вызвано тем, что потенциал действия  $\alpha$ -мотонейронов имеет длительную следовую гиперполяризацию (до 150 с), во время которой возбудимость клетки снижена. Кроме того, имеется еще специальный тормозной механизм в виде простейшей нейронной цепи:  $\alpha$ -мотонейрон – **клетка Реншоу**. Благодаря ветвлению аксона мотонейрона каждый проходящий по нему потенциал действия активирует клетку Реншоу, а она тормозит мотонейрон.



### **Проводниковая функция спинного мозга.**

**Проводящий путь** – это цепь анатомически и функционально взаимосвязанных нейронов, обеспечивающих проведение одинаковых по функции нервных импульсов в строго определенном направлении. В соответствии с частями рефлекторной дуги выделяют афферентные, ассоциативные и эфферентные проводящие пути.

### Проводящие пути нервной системы (схема)

**Афферентные пути** обеспечивают проведение нервных импульсов от рецептора до интеграционного центра головного мозга.

**Ассоциативные пути** обеспечивают связь между интеграционными центрами головного мозга, например, между мозжечком и корой полушарий большого мозга.

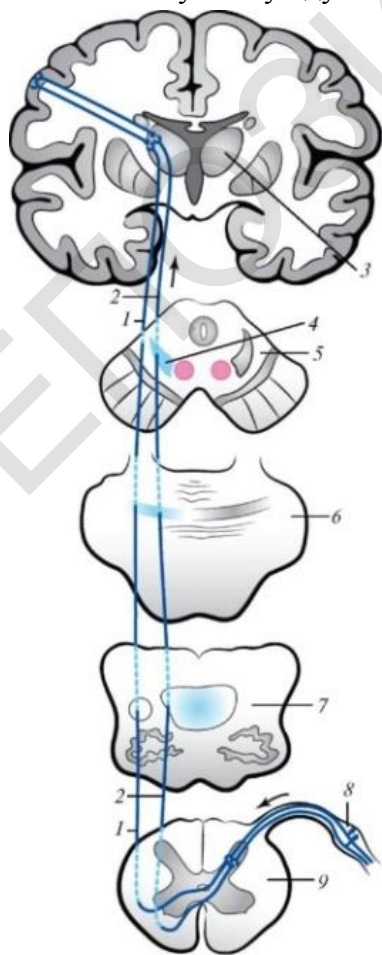
**Эфферентные пути** обеспечивают проведение нервного импульса от интеграционного центра до эффектора (рабочего органа). Эфферентные проводящие пути, берущие начало от нейронов коры полушарий большого мозга, называют **корковыми**. По своей форме большинство нейронов, образующих эти пути, являются пирамидными. В связи с этим корковые пути называют так же **пирамидными**. Корковые пути обеспечивают выполнение сложных произвольных (сознательных) двигательных актов. Эфферентные проводящие пути, начинающиеся от нейронов стволовых интеграционных центров, называют **экстрапирамидными**. По этим путям проводятся нервные импульсы, обеспечивающие тонус мускулатуры и сложные, безусловно-рефлекторные двигательные акты (непроизвольные).

Спинальный мозг проводит нервные импульсы в восходящем направлении к головному мозгу и в нисходящем – от головного мозга к спинальным сегментам. Значительную часть проводящих путей спинного мозга составляют аксоны так называемых проприоспинальных нейронов. Волокна этих нейронов создают связи между спинальными сегментами и не выходят за пределы спинного мозга.

### Восходящие пути.

К головному мозгу идут импульсы от:

- Органов чувств
- Опорно-двигательного аппарата
- Внутренних органов и сосудов



**Восходящие (чувствительные) пути** образуются волокнами, являющимися отростками:

- 1) афферентных нейронов, тела которых располагаются в спинальных ганглиях;
- 2) ассоциативных нейронов, тела которых находятся в задних рогах спинного мозга, а аксоны идут к структурам ствола мозга таламуса и мозжечка.

**Схема проводящих путей болевой и температурной чувствительности. Это латеральный спинно-таламический путь - состоит из трех нейронов.**

1. Латеральный спинно-таламический путь
2. Передний спинно-таламический путь
3. Зрительный бугор
4. Медиальная петля
5. Поперечный срез среднего мозга
6. Поперечный срез моста

7. Поперечный срез продолговатого мозга
8. Спинномозговой узел
9. Поперечный срез спинного мозга

Тело первого чувствительного нейрона расположено в межпозвоночном узле (спинальный ганглий), дендрит его связан с рецепторами, воспринимающими боль и температуру, а центральный отросток – в составе заднего корешка входит в задний рог спинного мозга и заканчивается синапсом на втором нейроне, расположенном в собственном ядре заднего рога.

Аксон второго нейрона направляется на противоположную сторону спинного мозга через переднюю серую спайку и входит в боковой канатик, и в нем поднимаются вверх через весь спинной мозг и ствол головного мозга до ядер промежуточного мозга. Аксон второго нейрона заканчивается на латеральном ядре зрительного бугра. Здесь лежит тело третьего нейрона.

Далее нейроны третьего порядка (нейроны промежуточного мозга) переносят импульсацию в кору больших полушарий и оканчивается в постцентральной извилине. Таким образом, если кора больших полушарий мозга всегда связана с афферентными волокнами противоположной стороны тела, то кора мозжечка получает волокна преимущественно от нейронных структур одноименной стороны.

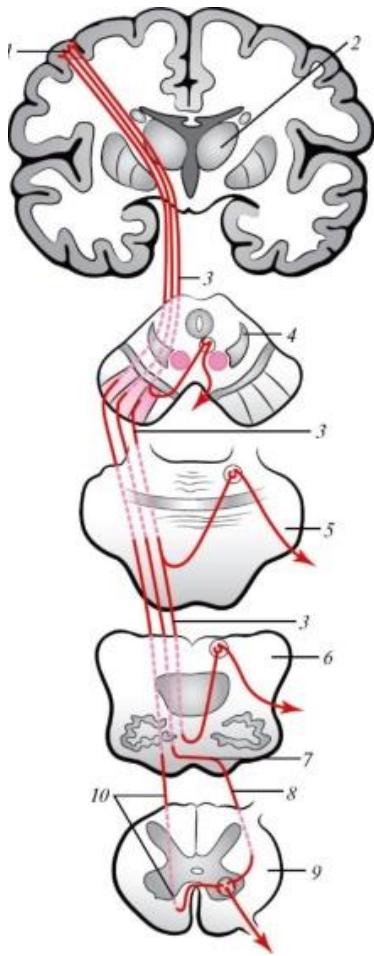
Проводящие волокна от проприорецепторов передают к головному мозгу сигнализацию о состоянии мышц, сухожилий, суставов. Эти волокна являются отростками нейронов спинальных ганглиев. Войдя через задние корешки в спинной мозг, они по той же стороне спинного мозга (не делая перекреста), в составе тонкого и клиновидного пучков восходят до нейронов продолговатого мозга, где передают импульсацию на второй афферентный нейрон. Этот нейрон проводит импульсацию к ядрам таламуса. После переключения на нейронах таламуса импульсация доходит до коры мозга и обеспечивает возникновение ощущения степени напряжения мышц, положения конечностей и угла сгиба в суставах, пассивного движения, вибрации. В составе тонкого пучка также проходит часть волокон от рецепторов кожи, обеспечивающих тактильную чувствительность: прикосновение, давление, вибрацию. Остальные спинальные чувствительные пути образованы отростками вторичных афферентных нейронов, тела которых находятся в задних рогах спинного мозга.

Аксоны этих нейронов делают перекрест и по противоположной стороне спинного мозга в составе латерального спиноталамического тракта идут к таламусу.

В боковых канатиках также находятся передний и задний спинномозжечковые тракты. Они передают импульсацию от проприорецепторов к мозжечку. Здесь же проходят пути от спинальных сегментов к покрывке, оливе и ретикулярной формации ствола мозга.

### **Нисходящие пути.**

Волокна, идущие в нисходящем направлении, подразделяют на несколько путей. В основе названий этих путей лежит название отделов ЦНС, которые они связывают.



**Нисходящие (двигательные) проводящие пути,** регулирующие произвольные движения, представлены двумя корково-спинальными трактами.

**Схема корково-спинно-мозгового (пирамидного) проводящего пути.**

1. Предцентральная извилина
2. Зрительный бугор
3. Корково-ядерный путь
4. Поперечный срез среднего мозга
5. Поперечный срез моста
6. Поперечный срез продолговатого мозга
7. Перекрест пирамид
8. Латеральный корково-спинальный (пирамидный) путь
9. Поперечный срез спинного мозга
10. Передний корково-спинальный (пирамидный) путь

### 3 части пирамидного пути:

**1. Корково-ядерный** путь представляет собой пучок отростков пирамидных клеток, который из коры спускается к внутренней капсуле. Далее его волокна проходят в основании ножек мозга и заканчиваются на клетках двигательных ядер среднего мозга, в мосту, в продолговатом мозге. Отростки клеток этих ядер иннервируют скелетные мышцы головы и шеи.

**2. Латеральный корково-спинальный** путь идет в боковых канатиках белого вещества мозга,

**3. а передний корково-спинальный путь** – в передних канатиках.

Они проходят от пирамидных нейронов Беца моторной зоны коры больших полушарий (прецентральная извилина) и направляются к двигательным ядрам черепных нервов. и передним рогам спинного мозга и передают импульсацию (как прямо, так и через вставочные нейроны) на мотонейроны.

В нижней части продолговатого мозга часть волокон переходит на противоположную сторону (образуя перекрест пирамид) и продолжают свой путь в боковых канатиках, оканчиваясь посегментно на двигательных клетках передних рогов спинного мозга. Здесь располагаются вторые нейроны, отростки которых выходят к мышцам.

Таким образом, все три части пирамидного пути перекрещиваются на разных уровнях ствола головного и спинного мозга, поэтому, двигательная область коры больших полушарий всегда оказывается связанной с нейронами противоположной стороны спинного мозга.

Имеются также двигательные пути, исходящие не от коры, а от ствола мозга. Эти пути часто называют **экстрапирамидными**. В боковых канатиках находятся краснаяядерно-спинномозговой и оливо-спинномозговой пути. В передних канатиках располагаются преддверно-спинномозговой и ретикулярно спинномозговой пути. Эти нисходящие пути идут от среднего и продолговатого мозга.

По этим путям к спинальным мотонейронам передаются импульсы, обеспечивающие произвольные двигательные акты, совершающиеся за счет врожденных или

приобретенных рефлексов и двигательных программ. Считается также, что эти пути могут быть использованы и для осуществления произвольных двигательных реакций, благодаря тому, что кора мозга может управлять функциями экстрапирамидной системы через специальные (кортикофугальные) нисходящие тракты.

### **Функции нисходящих систем.**

**Пирамидная** (кортико-спинальная) нисходящая система неоднородна по своей организации. Она содержит быстропроводящие волокна (скорость проведения около 60 м/с) и медленнопроводящие волокна. Одна ее часть обеспечивает быстрые (фазные) двигательные реакции и представлена толстыми проводящими волокнами, берущими начало от больших пирамидных клеток коры. Другая часть пирамидной системы регулирует тонические реакции скелетной мускулатуры. Это влияние осуществляется, в основном, по тонким волокнам. При поражении пирамидной системы (перерезка волокон) происходит нарушение двигательной деятельности, в основном, тонких произвольных движений и нарушение регуляции мышечного тонуса. Объем этих нарушений и их длительность невелики, поскольку они быстро компенсируются активностью нисходящих путей, дублирующих функции пирамидной системы. Прежде всего это кортико-руброспинальная система. Скорость проведения возбуждения в этой системе 80 м/с, руброспинальные волокна имеют большой диаметр.

**Пирамидная и рубро-спинальная система** в ЦНС выполняют сходные функции, их объединяют в одну группу — латеральные нисходящие системы. Они проходят в боковых канатиках и связаны со вставочными нейронами латеральной части серого вещества, которые посылают свои аксоны в основном в латеральные двигательные ядра, иннервирующие дистальную мускулатуру конечностей.

**Вестибуло-спинальные** волокна относят к очень быстропроводимым (120 м/с). Их активация вызывает моносинаптические возбуждения преимущественно разгибательных мотонейронов, иннервирующих мышцы туловища и проксимальную мускулатуру конечностей. В нейронах-сгибателях при этом возникают реципрокные тормозящие процессы. Таким образом, вестибуло-спинальная система поддерживает тоническое напряжение разгибательной мускулатуры.

**Ретикуло-спинальные волокна**, берущие начало от медиальных ядер ретикулярной формации и проходящие в медиальной части переднего канатика, имеют высокую скорость проведения возбуждения — 130 м/с. Их раздражение иннервирует преимущественно сгибательные мотонейроны, иннервирующие мышцы туловища и конечностей. Вестибуло- и ретикуло-спинальный тракты имеют много общего. Их волокна проходят рядом в вентральных канатиках и устанавливают прямые связи с мотонейронами. Наиболее выраженные эффекты при их активации наблюдаются в мотонейронах медиальных ядер, иннервирующих осевую мускулатуру тела. Эти два пути объединены в одну группу — медиальные нисходящие системы, связанные в основном с реализацией позиционных рефлексов. В отличие от латеральных систем, они находятся между собой не в синергических, а в антагонистических отношениях, т. к. активируют мотонейроны противоположного функционального назначения.

Пирамидный тракт — это путь произвольных движений. Остальные пути — экстрапирамидные, их функция — осуществление рефлекторных движений.

Литература:

1. Физиология человека / под ред В.М.Смирнова. М.: Медицина, 2001, 608 с. С. 94–104
2. Кубарко, А.И. Физиология человека: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 / А.И. Кубарко, В.А. Переверзев, А.А. Семенович; под ред. А.И. Кубарко. – Минск : Выш. шк., 2010.- 511 с.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ