Спинной мозг, medulla spinalis, лежит в позвоночном канале и у взрослых представляет собой длинный (42 – 45 см) несколько сплюснутый в дорзовентральном направлении тяж, который краниально переходит в продолговатый мозг, а каудально оканчивается коническим заострением, conus medullaris, на уровне второго поясничного позвонка. Анатомически спинной мозг делится на тридцать один сегмент. Каждый сегмент – это участок мозга, который соответствует одной паре спинномозговых нервов. Сегмент является физиологической единицей, т. к. в его пределах замыкаются простейшие рефлекторные дуги. Клетки одного сегмента развиваются из общего зачатка (невромера). Несмотря на такое деление, не существует посегментарной организации клеточных элементов в спинном мозге.

Спинной мозг одет тремя соединительнотканными оболочками, meninges. Самой поверхностной из них является твёрдая оболочка, dura mater. Она покрывает спинной мозг снаружи. Между ней и надкостницей стенок позвоночного канала находится эпидуральное пространство, выполненное рыхлой неоформленной соединительной тканью. Внутренняя поверхность твёрдой оболочки выстлана эндотелием и имеет блестящий вид. Изнутри к ней прилегает паутинная оболочка, arachnoidea, которая отделяется от твёрдой щелевидным субдуральным пространством. Под ней находится субарахноидальное пространство, в котором циркулирует спинномозговая жидкость. Мягкая оболочка спинного мозга, pia mater spinalis, покрытая с поверхности эндотелием, непосредственно облекает спинной мозг и содержит между своими листками сосуды, вместе с которыми проникает в его борозды и мозговое вещество, образуя вокруг сосудов периваскулярные пространства.

Спинной мозг состоит из двух симметричных половин, отграниченных друг от друга спереди глубокой серединной щелью, а сзади – соединительнотканной перегородкой. Каждая из половин в свою очередь имеет слабо выраженную продольную борозду, идущую по линии задних корешков (sulcus posteriolateralis) и по линии выхода передних корешков (sulcus anteriolateralis). В шейном и грудном отделе имеется также промежуточная борозда (sulcus intermedius posterior), отделяющая нежный и клиновидный пучки друг от друга. На свежих препаратах спинного мозга невооружённым глазом видно, что его вещество неоднородно. Внутренняя часть органа темнее – это его серое вещество (substantia grisea). На периферии спинного мозга располагается более светлое белое вещество (substantia alba). Серое вещество на поперечном сечении мозга представлено в виде буквы "Н" или бабочки. Выступы серого вещества принято называть рогами. Различают передние, или вентральные, задние, или дорсальные, и боковые, или латеральные, рога (cornu ventrale, cornu dorsale, cornu laterale).

В области шейных и крестцово-поясничных сегментов имеются утолщения, соответствующие верхним и нижним конечностям. В области утолщений количество нейроцитов больше, чем в остальных участках. Крестцово-поясничное утолщение у человека является более массивным, но в шейном более выражено деление групп (особенно латерального комплекса двигательных нейронов) на подгруппы.

На срезе серого вещества спинного мозга можно выделить три структурно-функциональные зоны:

афферентная – периферический отдел головки и медиальный отдел дорсального рога. Маргинальная область и желатинозное вещество у человека не сильно выражены, так как оценка окружающей информации происходит за счёт специальных органов чувств, зато хорошо выражено грудное ядро;

эфферентная – включает комплексы мотонейронов медиального и латерального отделов вентрального рога, вентромедиальный клеточный тракт, центральные вегетативные нейроциты и наружную базилярную область (латеральный отдел шейки и основания дорсального рога). На нейронах наружной базилярной области заканчивается основная часть волокон кортикоспинальных и руброспинальных трактов. Вентромедиальный тракт переднего рога состоит из комплекса интернейронов, где переключаются вестибуло-, ретикуло- и тектоспинальные пути;

промежуточная – обнаруживается на всём протяжении спинного мозга и переходит в ретикулярную формацию продолговатого мозга.

Серое вещество спинного мозга состоит из тел нейронов, безмиелиновых и тонких миелиновых волокон и нейроглии. Основной составной частью серого вещества, отличающей его от белого, являются мультиполярные нейроны.

Среди нейронов спинного мозга можно выделить следующие виды клеток:

1) корешковые клетки (эфферентные, эффекторные, neurocytus radiculatus), нейриты которых покидают спинной мозг в составе его передних корешков,

2) спаечные клетки (комиссуральные), тела которых находятся в основании передних рогов, а аксоны переходят на другую сторону и осуществляют связь между двумя половинами спинного мозга,

3) пучковые клетки (neurocytus funicularis), тела которых располагаются в сером веществе повсеместно, однако большая часть их находится в боковых и задних рогах, а аксоны образуют межсегментные связи и восходящие проводящие пути бокового и переднего канатиков,

4) ассоциативные клетки (интернейроны), тела которых находятся преимущественно в задних рогах и промежуточном веществе, клетки связывают заднекорешковые волокна с двигательными нейронами и пучковыми клетками, а нисходящие пути с двигательными нейронами.

По форме нейроны серого вещества спинного мозга делятся на три основных типа:

* первый тип (изодендритический), филогенетически более древний, отличается немногочисленными длинными прямыми и слабо ветвящимися дендритами; такие нейроны преобладают в промежуточной зоне, но встречаются в передних и задних рогах.
* второй тип (идиодендритический) имеет большое число сильно ветвящихся дендритов, которые переплетаются, образуя "клубки"; они характерны для двигательных ядер передних рогов, а также для задних рогов (ядра студневидного вещества, ядро Кларка-Штиллинга).
* третий тип нейронов имеет среднеразвитые дендриты (промежуточный тип); они располагаются в вентральной части задних и дорсальной части передних рогов, типичны для nucleus proprius заднего рога.

В процессе развития спинного мозга из нервной трубки образуются нейроны, группирующиеся в десяти слоях, или пластинах Рекседа. Причём I – V пластины соответствуют задним рогам, VI – VII пластины – промежуточной зоне, VIII – IX пластины – передним рогам, Х пластина – зона около центрального канала (canalis centralis medullae spinalis)[[1]](#footnote-1). Пластинчатое строение лучше видно на продольных срезах. При этом нейроны группируются в колонки, каждая из них соответствует определённой области на периферии тела. На поперечных срезах отчётливо видны ядерные группы нейронов.

В задних рогах различают губчатый слой[[2]](#footnote-2) (26), желатинозное вещество (25), собственное ядро заднего рога (24) и заднее грудное ядро (23). Между задними и боковыми рогами серое вещество вдаётся тяжами в белое, вследствие чего образуется его сетеобразное разрыхление (сетчатое образование).

Губчатый слой (zona spongiosa) задних рогов характеризуется широкопетлистым глиальным остовом, в котором содержится большое количество мелких вставочных нейронов.

В желатинозном веществе (substantia gelatinosa) преобладают глиальные элементы. Нервные клетки здесь мелкие, их количество незначительно.

Задние рога богаты диффузно расположенными вставочными клетками (cellulae dissimilatae). Это мелкие мультиполярные ассоциативные и комиссуральные клетки (28).

Нейроны zona spongiosa, substantia gelatinosa и cellulae dissimilatae являются вторыми нейронами простых рефлекторных дуг, обеспечивая внутри и межсегментные связи. Их аксоны выходят из substantia grisea и окружают его, образуя собственные пучки: задний, fasciculus proprius posterior (7), боковой, fasciculus proprius lateralis (9) и передний fasciculus proprius anterior (15).

Собственное ядро, nucleus proprius составляют вторые нейроны пути, проводящего болевую и температурную чувствительность. Его аксоны через белую переднюю спайку переходят на противоположную сторону спинного мозга и образуют в боковом канатике tractus spinothalamicus lateralis (12), который направляется в зрительный бугор.

 Грудное ядро, nucleus thoracicus dorsalis или столб Кларка-Штиллинга, складывается из вторых нейронов заднего спинно-мозжечкового пути, проводящего бессознательную проприоцептивную чувствительность в кору мозжечка. Аксоны nucleus thoracicus идут в боковой канатик своей стороны и образуют tractus spinocerebellaris posterior, путь Флексига (6). Клетки грудного ядра имеют крупные размеры и сильно разветвлённые дендриты.

Студневидное вещество тянется непрерывно вдоль спинного мозга в I – IV пластинах. Его нейроны продуцируют энкефалин – пептид опиоидного типа, ингибирующий болевые эффекты. Нейроны IV пластины являются ГАМКергическими. Студневидное вещество оказывает тормозное действие на функции спинного мозга путём контроля за поступающей в него сенсорной информацией – кожной, висцеральной и проприоцептивной. Нейроны I и III пластин, выделяя метэнкефалин и нейротензин, снимают или уменьшают болевые эффекты, которые индуцируются импульсами с тонких корешковых волокон с веществом Р.

В промежуточной зоне различают медиальное промежуточное ядро (21) и латеральное промежуточное ядро (22).

Медиальное промежуточное ядро (nucleus intermediomedialis) складывается из вторых нейронов переднего спинно-мозжечкового пути. Аксоны его направляются в боковой канатик своей и противоположной стороны, образуя tractus spinocerebellaris anterior, путь Говерса (11).

Латеральное промежуточное ядро (nucleus intermediomlateralis) располагается в боковых рогах и представляет собой группу ассоциативных клеток симпатических (от восьмого шейного до третьего поясничного сегментов) и парасимпатических (от второго до пятого крестцовых сегментов) рефлекторных дуг. Клетки этого ядра имеют диаметр 12 – 45 мкм. Дендриты их разветвляются в боковых рогах, а аксоны покидают спинной мозг в составе его передних корешков.

В промежуточной зоне расположены центры вегетативной (автономной) нервной системы – преганглионарные холинэргические нейроны её симпатического и парасимпатического отделов, характеризующиеся высокой активностью ацетилхолинэстеразы и холинацеттрансферазы. На уровне восьмого шейного – третьего поясничного сегментов находится центр симпатического отдела, куда от псевдоуниполярных клеток спинальных ганглиев входят аксоны с веществом Р и глутаминовой кислотой (висцеральная чувствительность), а также волокна из медиального ядра промежуточной зоны с холецистокинином, соматостатином и вазоинтестинальным пептидом (ВИП), волокна с норадреналином и серотонином (из голубоватого ядра и ядер шва).

В передних рогах располагаются двигательные ядра спинного мозга. Их образуют самые крупные клетки спинного мозга – двигательные нейроны (они составляют около 3% всех нейронов спинного мозга). Это округлые мультиполярные клетки. Средний диаметр двигательных нейронов – 40-60 мкм. В утолщениях спинного мозга нейроны крупнее – до 100-150 мкм. Мотонейроны имеют длинные сильноразветвлённые дендриты. На одном нейроне заканчивается от 5 до 25-35 тысяч аксодендритических и аксосоматических синапсов, образованных терминалями аксонов интернейронов VI – VIII пластин, центрифугальных волокон, афферентных волокон задних корешков. Аксоны мотонейронов составляют основную массу волокон передних корешков. В составе смешанных спинномозговых нервов они поступают на периферию и образуют моторные окончания в скелетной мускулатуре. В терминалях аксона имеются синаптические пузырьки с ацетилхолином. В мотонейронах взрослого человека обнаруживается высокое содержание РНК, которая локализуется в ядрышках и тигроидном веществе. Причём чем крупнее тело нейрона, тем больше в нём РНК. При ограничении подвижности животного содержание РНК в мотонейронах падает, а содержание белка увеличивается.

В передних рогах также обнаруживаются промежуточные нейроны. Их диаметр равен 20 – 40 мкм. Они имеют различную форму и различную структуру дендритного дерева. Мембрана нейронов в медиальной части вентрального рога окружена мощной глиальной капсулой, образующей шипикообразные выросты, и имеет на своей поверхности единичные аксонные терминали. Дендриты медиальной части вентрального рога по сравнению с латеральными имеют более простое строение. Величина шипиков не превышает 1 мкм. Часто они располагаются на небольшом расстоянии друг от друга и инвагинированы в одну и ту же аксонную терминаль. В латеральной части шипики имеют большие размеры. В нейропиле обнаруживаются аксонные терминали, образованные в районе перехватов Ранвье касанием или непосредственно связанные с миелинизированной частью аксонов. Постсинаптические участки имеют различные специализации. Величина аксонных терминалей пирамидных и руброспинальных волокон меньше, чем вестибуло- и ретикулоспинальных.

Ядра передних рогов представляют собой моторные соматические центры. В передних рогах наиболее выражены медиальная и латеральная группы клеток[[3]](#footnote-3) Медиальная группа хорошо выражена на всём протяжении спинного мозга. В её состав входят переднемедиальное ядро, nucleus ventromedialis, и заднемедиальное ядро, nucleus dorsomedialis. Клетки этих ядер иннервируют аутохтонную мускулатуру туловища. Латеральная группа выражена в области шейного и поясничного утолщений и иннервирует мышцы конечностей. Переднелатеральное ядро, nucleus ventrolateralis, и центральное ядро, nucleus centralis – проксимальные отделы конечностей, заднелатеральное ядро, nucleus dorsolateralis – предплечье или голень, зазаднелатеральное ядро, nucleus retrodorsolateralis – стопу или кисть.

В сером веществе спинного мозга много рассеянных пучковых нейронов. Аксоны этих клеток выходят в белое вещество и сразу же делятся на более длинную восходящую и более короткую нисходящую ветви. В совокупности эти волокна образуют собственные, или основные пучки белого вещества, fasciculi proprii, прилегающие непосредственно к серому веществу. По своему ходу они дают много коллатералей, которые, как и сами ветви, заканчиваются синапсами на двигательных клетках передних рогов 4-5 смежных сегментов спинного мозга.

На протяжении I – V грудных сегментов в передних рогах располагается спинальное ядро добавочного нерва (nervus accessories), корешки которого выходят между передними и задними корешками спинного мозга.

Пространство между клеточными телами занимает нейропиль. Он состоит из различного калибра и очертания профилей срезов глиальных отростков, дендритов, пластов миелина и синаптических терминалей. При электронной микроскопии нейропиль спинного мозга отличается наличием разнообразных по величине и форме синаптических терминалей, которые чаще, чем где-либо инвагинированы то в сторону постсинаптического участка с образованием чашечкообразных бутонов, то в сторону пресинаптического участка. Маленькие и большие пресинаптические терминали перемешаны без определённого порядка и не образуют участки примерно одинаковых по форме и величине терминалей, как в головном мозге.

Белое вещество представляет собой совокупность продольно ориентированных преимущественно миелиновых волокон. Белое вещество делится на канатики: задний канатик, funiculus posterior, содержит только чувствительные проводящие пути, боковой канатик, funiculus lateralis – и чувствительные, и двигательные пути, передний канатик, funiculus anterior – преимущественно двигательные пути.

Задний канатик складывается из тонкого пучка (fasciculus gracillis, пучок Голля), образованного аксонами клеток спинномозговых узлов на уровне девятнадцати нижних сегментов спинного мозга, и проводящего глубокую сознательную проприоцептивную, тактильную чувствительность и чувство стереогноза от нижней половины тела в кору головного мозга; и клиновидного пучка (fasciculus cuneatus, пучок Бурдаха), образованного аксонов псевдоуниполярных клеток спинномозговых узлов на уровне двенадцати верхних сегментов спинного мозга, что соответствует верхней половине тела. Волокна проприоцептивного пути толстые миелинизированные (диаметр до 20 мкм), скорость проведения возбуждения в них достигает 60 – 100 м/с. По ходу волокна этих трактов отдают коллатерали в каждом сегменте спинного мозга, что создаёт возможность коррекции позы всего туловища.

Боковой канатик складывается из вышеописанных чувствительных путей (пути Говерса и Флексига, а также обоих tractus spinothalamicus), а также двигательных путей. Волокна спиноталамического пути более тонкие, чем проприоцептивные, их диаметр варьирует от одного до пятнадцати мкм, причём встречаются как миелиновые, так и безмиелиновые. Скорость проведения импульса по ним также варьирует (от 0,5 до 30 м/с). Волокна спинно-мозжечковых путей, как и родственные им волокна пучков Голля и Бурдаха (все они проводят информацию о положении тела) толстые (диаметр 12 – 20 мкм) миелинизированные, скорость проведения импульса 110 – 120 м/с.

К двигательным путям относятся боковой кортикоспинальный тракт, tractus corticospinalis lateralis (8[[4]](#footnote-4)), и руброспинальный путь, tractus rubrospinalis (10). Двигательные пучки складываются из аксонов клеток Беца коры головного мозга (первый) и клеток красных ядер среднего мозга (второй). Аксоны образуют синапсы на двигательных ядрах передних рогов (как и аксоны всех двигательных путей) и осуществляют соответственно сознательную и бессознательную координацию движений.

Передний канатик складывается из двигательных путей. Передний кортикоспинальный путь, tractus corticospinalis anterior (16), также как и боковой образован аксонами клеток Беца. Тектоспинальный путь, tractus tectospinalis (17), образован аксонами клеток крыши среднего мозга (сторожевой путь). Вестибулоспинальный путь, tractus vestibulospinalis (14), образован аксонами клеток ядра Дейтерса и обеспечивает бессознательную координацию движений и равновесие тела. Ретикулоспинальный путь, tractus reticulospinalis (13), начинается от ретикулярной формации ствола мозга, активирует деятельность всех двигательных путей, регулирует тонус мышц. Fasciculus longitudinalis medialis (posterior) начинается от ядра Даркшевича среднего мозга и обеспечивает одновременный поворот головы и глаз в противоположные стороны (удержание взгляда).

Нейрокринная функция нейронов и железистая функция нейроглии регулируется специальным нервным аппаратом, который имеет собственную систему рецепции. В 1949-50 годах были получены данные о врастании в вещество центральной нервной системы от каудального к оральному отделу корешков нервных (симпатических) волокон из перимедуллярной ретикулярной ткани. Они растут, сопровождая кровеносные сосуды или независимо от них, начиная с четвёртой недели эмбрионального развития.

Как в сером, так и в белом веществе центральной нервной системы эти волокна имеют чёткообразную форму. В белом веществе они оплетают миелиновые волокна. Заканчиваются около сосудов, на стенках капилляров, на глиальных клетках, в наружной глиозной мембране, в периваскулярных глиозных мембранах и вокруг нервных волокон. В отличие от других нервных волокон они не подчиняются закону кратчайшего расстояния, т. е. имеют извилистый ход. Волокна имеют нейроплазматические натёки в виде равномерно расположенных мелких чёток. При патологических процессах число чёток растёт, диаметр становится неравномерным, расположение их по длине волокна – неправильным. При раздражении волокна быстро набухают.

С волокнами связаны особые нервные клетки – вегетативные нейроциты периферического типа. Их относят к интерорецепторам центральной нервной системы. Эти клетки играют роль при восприятии "тёмных чувств" и ощущений.

Спинномозговой канал выстлан эпендимоцитами, участвующими в выработке спинномозговой жидкости. От периферического конца эпендимоцита отходит длинный отросток, входящий в состав наружной пограничной мембраны спинного мозга.

Основную часть остова серого вещества составляют протоплазматические и волокнистые астроциты. Отростки волокнистых астроцитов выходят за пределы серого вещества и вместе с элементами соединительной ткани принимают участие в образовании перегородок в белом веществе и глиальных мембран вокруг кровеносных сосудов и на поверхности спинного мозга. Олигодендроциты входят в состав оболочек нервных волокон. Микроглия поступает в спинной мозг по мере врастания в него кровеносных сосудов и распределяется в сером и белом веществе.

Кровоснабжение спинного мозга осуществляется за счёт спинномозговых артерий: передней (arteria spinalis anterior), проходящей в передней борозде спинного мозга, и парной задней (arteria spinalis posterior), проходящей по бокам спинного мозга. Эти артерии соединяются между собой и с другими сосудами (аортой, позвоночными артериями и др.). Таким образом, на поверхности мозга образуется сосудистая сеть (vasocorona). От этой сети отходят веточки, проникающие вместе с отростками мягкой оболочки в вещество мозга. В сером веществе плотность сосудистой сети гораздо больше, чем в белом. Наиболее крупные артерии встречаются в среднешейном отделе (артерии шейного утолщения) и в нижнегрудном (артерия Адамкевича).

Существует три основных зоны кровоснабжения:

1. центральная, кровоснабжение в которой осуществляется за счёт передней спинномозговой артерии, включает в себя передние рога, серую спайку, основания задних рогов и прилегающие участки передних и боковых канатиков;
2. зона, кровоснабжение которой обеспечивается погружёнными ветвями радикуломедуллярных артерий, включает задние канатики, головки задних рогов;
3. периферическая, кровоснабжение которой осуществляется за счёт круговых ветвей передней спинномозговой артерии, включает краевые участки передних и боковых канатиков.

Венозный отток от спинного мозга осуществляется за счёт венозных сосудов, ход которых в целом повторяет ход артерий. Кровь из этих сосудов вливается в переднее и заднее внутренние позвоночные сплетения (plexus venosi vertebrales interni anterior et posterior). Эти сплетения находятся в эпидуральном пространстве.

**Список литературы:**

1. Белецкий. Система рецепторов внутренней среды головного и спинного мозга. Материалы VI Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов. Т 1. Харьков 1961г.
2. А. Л. Микеладзе. Исследование ультраструктуры центральной нервной системы. Автореферат на соискание учёной степени. Тбилиси. 1960г.
3. Ю. А. Полулях. Гистохимия мотонейронов спинного мозга. Материалы первого Украинского съезда анатомов, гистологов, эмбриологов и топографоанатомов. Тезисы докладов. Винница. 1980г.
4. Г. Г. Скибо. Электронно-микроскопические характеристики структур головного и спинного мозга.
5. П. П. Пивченко. Структура серого вещества спинного мозга человека и экспериментальных животных. Здравоохранение Беларуси. № 10. 1993г.
6. М. Г. Привес, Н. К. Лысенков, В. И. Бушкович. Анатомия человека. – Санкт-Петербург.: Гиппократ, 2000. – 704с.
7. Б. И. Ткаченко. Основы физиологии человека. – Санкт-Петербург.: Международный фонд истории науки, 1994г.
8. Ю. И. Афанасьев, Н. А. Юрина. Гистология, цитология и эмбриология. – Москва.: Медицина, 2001г.
1. см. рис. 1. [↑](#footnote-ref-1)
2. см. рис. 2 [↑](#footnote-ref-2)
3. см. рис. 3 [↑](#footnote-ref-3)
4. см. рис. 2. [↑](#footnote-ref-4)