

ЛЕКЦИЯ № 14

ТЕМА: ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ ПОЗВОНОЧНИКА И СПИННОГО МОЗГА (Слайд № 1)

(Слайд № 2) План лекции:

1. Топографическая анатомия позвоночника
2. Оболочки спинного мозга
3. Позвоночный канал и его содержимое

Позвоночник

Позвоночный канал проходит от большого затылочного отверстия до крестцовой щели, но при этом субарахноидальное пространство обычно заканчивается на уровне второго крестцового позвонка.

Позвоночник (позвоночный столб) состоит из 7 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 4-6 крестцовых и 3-6 копчиковых позвонков. Между телами позвонков находятся межпозвоночные диски, участвующие в формировании межпозвоночного симфиза и играющие важную амортизирующую роль в биомеханике позвоночного столба. Позвонки, соединяясь друг с другом, формируют позвоночный канал, являющийся вместилищем спинного мозга.

Хотя все позвонки имеют общую структуру, они различаются по форме и размерам в зависимости от их расположения и функции. Шейные позвонки, имеющие наименьшую весовую нагрузку и максимальную подвижность, относительно малы по сравнению с большими массивными позвонками крестцового отдела.

Особенности отдельных позвонков оказывают влияние на технику, в первую очередь, эпидуральной пункции. Остистые отростки отходят под различными углами на разных уровнях позвоночника. В шейном и поясничном отделах они располагаются почти горизонтально по отношению к пластине, что облегчает срединный доступ при перпендикулярном расположении иглы к оси позвоночника. На средне-грудном уровне (Th5-9) остистые отростки отходят под достаточно острыми углами, что делает предпочтительным парамедиальный доступ. Отростки верхних грудных (Th1-4) и нижних грудных (Th10-12) позвонков ориентированы промежуточно по сравнению с двумя вышеуказанными особенностями. На этих уровнях ни один из доступов не имеет преимуществ перед другим.

Крестец сформирован путем срастания 5 крестцовых позвонков, внутри которых спинальный канал продолжается дальше вниз до конца крестцовой щели. Иногда пластинки у крестцовых позвонков могут отсутствовать на

уровне S4 и даже S5, обуславливая формирование ненормально большой крестцовой щели. Ниже крестца находится копчик.

Слои позвоночной и крестцовой области

Кожа толстая, сравнительно плотная и малоподвижная, плотно сращена с собственной фасцией фиброзными перемышками.

Подкожная жировая клетчатка имеет относительно небольшую толщину. В этом слое находятся разветвления задних ветвей спинномозговых нервов, поясничных артерий и вен.

В подкожной жировой клетчатке проходит слабо выраженная поверхностная фасция.

Собственная фасция покрывает: в верхнегрудном отделе — трапециевидную мышцу, в грудном и поясничном отделах - широчайшую мышцу спины. Собственная фасция, образующая влагалище для указанных мышц, на шее переходит во вторую фасцию, а в области лопатки срастается с подостной фасцией.

Мышцы грудного и поясничного отделов области позвоночника располагаются в четыре слоя.

Первый слой мышц (поверхностный): трапециевидная мышца и широчайшая мышца спины.

Второй слой мышц:

- ☼ вверху — *m. levator scapulae*;
- ☼ между позвоночником и лопаткой— *mm. romboidei (major и minor)*;
- ☼ между остистыми отростками позвонков и ребрами — *mm. serrati posteriors (superior и inferior)*.

Между первым и вторым слоями мышц в тонком слое клетчатки проходят ветви задних межреберных сосудов и нервов.

Третий слой мышц залегает в желобе между остистыми отростками позвонков (с медиальной стороны) и углами ребер (с латеральной стороны). Этот слой представлен мощной мышцей с продольным ходом волокон — *m. erector spinae*.

Четвертый слой образуют короткие мышцы спины.

В **крестцовом** отделе толстая, малоподвижная кожа связана фиброзными перемышками с надкостницей задней поверхности крестца.

Связочный аппарат позвоночника. Вдоль передней поверхности тел позвонков располагаются прочные связки — *ligg. longitudinalia anteriores*. На задней поверхности тел позвонков находятся столь же прочные *ligg. longitudinalia posteriores*.

Между дужками позвонков натянуты прочные эластичные *ligg flava*, участвующие в формировании позвоночного канала и межпозвоночных отверстий.

Остистые отростки позвонков соединены между собой *ligg. interspinalia*; поперечные — *ligg. intertransversalia*.

Верхушки остистых отростков связывает особо прочная *ligg. supraspinale (ligg. nuchae* — в шейном отделе).

Оболочки спинного мозга

Спинномозговой канал имеет три соединительнотканые оболочки, защищающие спинной мозг: твердую мозговую оболочку, паутинную (арахноидальную) оболочку и мягкую мозговую оболочку. Эти оболочки участвуют в формировании трех пространств: эпидурального, субдурального и субарахноидального. Непосредственно СМ и корешки укрывает хорошо васкуляризированная мягкая мозговая оболочка, субарахноидальное пространство ограничено двумя прилегающими друг к другу оболочками - паутинной и твердой мозговой.

Между мягкой мозговой и паутинной оболочками проходят многочисленные тонкие трабекулы. Кроме того, там находятся два волокнистых тяжа, которые поддерживают спинной мозг в центральном положении внутри позвоночного канала, а также зубчатая связка и субарахноидальная перегородка.

Зубчатая связка, которая обнаружена на обеих (передней и задней) сторонах спинного мозга, является продолжением мягкой мозговой оболочкой на передние и задние нервные корешки. Достигая паутинной оболочки, она имеет треугольную проекцию. Субарахноидальная перегородка соединяется с мягкой мозговой и паутинной оболочками в медиальной плоскости сзади. Имея ячеистую структуру, она не является окончательно сформированной перегородкой, но может стать частичным барьером для свободного распространения введенных жидкостей, в особенности в грудном отделе.

Все три оболочки спинного мозга также распространяются в стороны, окружая сначала нервные корешки, а затем и смешанные спинномозговые нервы. Таким образом, мягкая мозговая, паутинная и твердая мозговая оболочки формируют эндонервий, перинервий и эпинервий. Субарахноидальное пространство также распространяется в стороны вдоль нервных корешков смешанных нервов на небольшое расстояние. Эти дуральные манжеты обычно заканчиваются в межпозвоночных отверстиях, но иногда они распространяются на сантиметр или более, вдоль спинномозговых нервов.

Твердая мозговая оболочка (ТМО) представляет собой листок соединительной ткани, состоящей из коллагеновых волокон, ориентированных как поперечно, так и продольно, а также некоторого количества эластических волокон, ориентированных в продольном направлении. На протяжении длительного времени считали, что волокна ТМО имеют преимущественно продольную ориентацию. В связи с этим рекомендовали при пункции субарахноидального пространства ориентировать срез спинальной иглы с режущим кончиком вертикально, чтобы он не пересекал волокна, а как бы их раздвигал. Позднее при помощи

электронной микроскопии выявили достаточно беспорядочное расположение волокон ТМО – продольное, поперечное и частично циркулярное. Толщина ТМО вариабельна (от 0,5 до 2 мм) и может отличаться на разных уровнях у одного и того же пациента. Чем толще ТМО, тем выше ее способность к ретракции (стягиванию) дефекта.

Паутинная оболочка. Паутинная оболочка состоит из расположенных в одной плоскости и перекрывающих друг друга 6-8 слоев плоских эпителиально-подобных клеток, плотно соединенных между собой и имеющих продольную ориентацию. Паутинная оболочка является не просто пассивным резервуаром для СМЖ, она активно участвует в транспорте различных веществ. Недавно было установлено, что в паутинной оболочке вырабатываются метаболические энзимы, которые могут оказывать воздействие на отдельные вещества (например, адреналин) и нейротрансмиттеры (ацетилхолин), имеющие значение для реализации механизмов СА. Активный транспорт веществ через паутинную оболочку осуществляется в области манжет спинномозговых корешков. Здесь происходит одностороннее перемещение веществ из СМЖ в эпидуральное пространство, что увеличивает клиренс введенных в субарахноидальное пространство местных анестетиков. Пластинчатое строение паутинной оболочки способствует ее легкому отделению от твердой мозговой оболочки при спинальной пункции.

Мягкая мозговая оболочка. Мягкая мозговая оболочка вплотную окутывает спинной мозг и его кровеносные сосуды и является продолжением церебральной мягкой мозговой оболочки. Она состоит из двух слоев. Внутренний слой находится в непосредственном контакте с глиальными клетками и не может быть снят со спинного мозга. Кровеносные сосуды, которые проходят вдоль корешков спинных нервов и спинного мозга находятся четко снаружи и покрыты мягкой мозговой оболочкой. Микроскопически это покрытие распространяется до начала капилляров.

Все три оболочки спинного мозга также распространяются и латерально, чтобы окутать сначала нервные корешки, а затем и смешанные спинномозговые нервы. Таким образом, мягкая мозговая, паутинная и твердая мозговая оболочки формируют эндонервий, перинервий и эпинервий. Субарахноидальное пространство также распространяется латерально вдоль нервных корешков смешанных нервов на короткое расстояние. Эти дуральные манжеты обычно заканчиваются в межпозвоночных отверстиях, но иногда они распространяются на сантиметр, или более, вдоль спинномозговых нервов.

Объяснением этому является тот факт, что диффузия из эпидурального в субарахноидальное пространство осуществляется непосредственно сквозь клетки паутинной оболочки, поскольку межклеточные связи настолько плотны, что исключают возможность проникновения молекул между клетками. В процессе диффузии препарат должен проникнуть в клетку через двойную липидную мембрану, а затем, еще раз преодолев мембрану, попасть

в субарахноидальное пространство. Паутинная оболочка состоит из 6-8 слоев клеток. Таким образом, в процессе диффузии вышеуказанный процесс повторяется 12-16 раз. Препараты с высокой жирорастворимостью термодинамически более стабильны в двойном липидном слое, чем в водном внутри- или внеклеточном пространстве, в связи с этим, им «труднее» покинуть мембрану клетки и переместиться во внеклеточное пространство. Таким образом, замедляется их диффузия сквозь паутинную оболочку. Препараты с плохой растворимостью в жирах имеют противоположную проблему – они стабильны в водной среде, но с трудом проникают в липидную мембрану, что тоже замедляет их диффузию.

Препараты, с промежуточной способностью растворяться в жирах, в наименьшей степени подвержены вышеуказанным водно-липидным взаимодействиям.

Эпидуральное пространство (ЭП)

ЭП является частью спинномозгового канала между его наружной стенкой и твердой мозговой оболочкой, простирается от большого затылочного отверстия до крестцово-копчиковой связки. Твердая оболочка прикрепляется к большому затылочному отверстию, а также к первому и второму шейным позвонкам, в связи с этим растворы, введенные в ЭП, не могут подняться выше этого уровня. ЭП расположено кпереди от пластины, с боков ограничено ножками, а спереди телом позвонка.

ЭП содержит: а) жировую клетчатку, б) спинно-мозговые нервы, выходящие из спинно-мозгового канала через межпозвонковые отверстия, в) кровеносные сосуды, питающие позвонки и спинной мозг. Сосуды ЭП в основном представлены эпидуральными венами, формирующими мощные венозные сплетения с преимущественно продольным расположением сосудов в боковых частях ЭП и множеством анастомотических веточек. ЭП имеет минимальное наполнение в шейном и грудном отделах позвоночника, максимальное – в поясничном отделе, где эпидуральные вены имеют максимальный диаметр.

Передне-задний размер ЭП прогрессивно сужается с поясничного уровня (5-6 мм) к грудному (3-5 мм) и становится минимальным на уровне С 3-6 .

В обычных условиях давление в ЭП имеет отрицательное значение. Наиболее низким оно является в шейном и грудном отделе. Увеличение давления в грудной клетке при кашле, пробе Вальсальвы приводит к повышению давления в ЭП. Введение жидкости в ЭП повышает давление в нем, величина этого повышения зависит от скорости и объема введенного раствора. Параллельно увеличивается давление и в субарахноидальном пространстве.

ПОЗВОНОЧНЫЙ КАНАЛ И ЕГО СОДЕРЖИМОЕ

Canalis vertebralis образован:

- ✿ спереди — задней поверхностью тел позвонков и межпозвонковых дисков, выстланной задней продольной связкой;
- ✿ с боков и сзади — дужками позвонков и желтыми связками.

Форма поперечного сечения позвоночного канала неодинакова в различных отделах. Канал имеет небольшое расширение на уровне VII шейного позвонка в грудном отделе он суживается и вновь расширяется в поясничном. Наиболее узкая часть канала находится в области крестца: В позвоночном канале находится спинной мозг с его оболочками.

Между стенками позвоночного канала и твердой мозговой оболочкой находится эпидуральное пространство, в котором расположена рыхлая клетчатка и венозное сплетение (plexus venosus vertebralis internus).

Кровоснабжение позвонков и межпозвоночных дисков осуществляется из нескольких источников:

- 1) в шейном отделе — от a. vertebralis, a. cervicalis ascendens, a. cervicalis profunda;
- 2) в грудном — от a. intercostalis posterior, a. intercostalis suprema;
- 3) в поясничном и крестцовом — от a. sacrales lumbales, aa. laterales, a. sacrales mediana.

Ветви названных артерий участвуют в образовании анастомотической сети позвоночного канала.

Вены позвоночника представлены в виде четырех крупных сплетений:

- ✿ переднее и заднее наружные сплетения расположены соответственно на передней поверхности тел позвонков и позади дужек;

- ✿ переднее внутреннее (внутрипозвоночное) сплетение находится в эпидуральном пространстве на задней поверхности тел позвонков и прочно связано с ними;

- ✿ заднее внутреннее (внутрипозвоночное) сплетение находится на передней поверхности дуг и в отличие от переднего не имеет прочной связи со стенкой позвоночного канала.

Венозные сплетения позвоночника связаны друг с другом многочисленными анастомозами. Отток крови происходит в вены забрюшинного пространства, в притоки поясничных, межреберных и глубоких шейных вен.

Твердая мозговая оболочка охватывает спинной мозг в виде футляра, начинающегося от краев большого затылочного отверстия и заканчивающегося слепо на уровне III крестцового позвонка. Она имеет по бокам конусовидные выпячивания, проникающие в межпозвоночные отверстия и охватывающие, как чехлами, корешки спинномозговых нервов. У входа в межпозвоночные отверстия твердая мозговая оболочка срастается с надкостницей позвонков.

Между твердой мозговой оболочкой и паутинной оболочкой спинного мозга имеется узкая щель - *cavum subdurale* (субдуральное пространство). Введение анестезирующего раствора в субдуральное пространство обеспечивает субдуральную анестезию (блокаду корешков спинномозговых нервов в их субдуральном участке).

Мягкая мозговая оболочка непосредственно окружает спинной мозг и находящиеся на его поверхности кровеносные сосуды.

Между мягкой и паутинной оболочками спинного мозга находится субарахноидальное (подпаутинное) пространство, заполненное спинномозговой жидкостью.

Вверху подпаутинное пространство спинного мозга продолжается в аналогичное пространство головного мозга.

При повреждениях спинного мозга наблюдаются кровоизлияния в подпаутинное субдуральное пространство. Диагностическая пункция наиболее безопасно может быть выполнена на уровне II поясничного позвонка. На этом уровне располагается поясничная цистерна, а спинной мозг заканчивается выше.

Спинной мозг находится в позвоночном канале на протяжении от дуги атланта до верхнего края II поясничного позвонка (41—45 см). Спинной мозг образует шейное (на уровне от IV шейного до I грудного позвонков) и поясничное (от X грудного до I поясничного позвонка) утолщения. Ниже поясничного утолщения спинной мозг конусообразно суживается и заканчивается так называемой концевой нитью, которая проходит на всем протяжении поясничной и крестцовой части субарахноидального пространства.

Кровоснабжение спинного мозга осуществляют спинномозговые артерии (*aa. spinales*), проникающие в позвоночный канал через межпозвоночные отверстия. *Aa. spinales* к шейным и верхнегрудным сегментам спинного мозга формируются от ветвей подключичных артерий (*a. vertebralis*, *a. cervicalis profunda*, *a. cervicalis ascendens*, *tr. thyreocervicalis*). Спинномозговые артерии к нижележащим отделам спинного мозга отходят от дорсальных ветвей межреберных и поясничных артерий. На передней поверхности спинного мозга ветвями спинальных артерий формируется передняя спинальная артерия, на задней поверхности - парные задние спинальные артерии. От этих продольных магистралей формируется сеть пиальных артерий, проникающих в вещество мозга. Венозный отток происходит по венам, сопровождающим артерии и вливающимся в наружное и внутреннее позвоночные сплетения.

Новые данные по анатомии эпидурального пространства.

Большинство ранних исследований анатомии ЭП были выполнены с помощью введения рентгеноконтрастных растворов или при аутопсии. Во всех этих случаях исследователи сталкивались с искажением нормальных анатомических соотношений, обусловленных смещением компонентов ЭП относительно друг друга. Интересные данные были получены в последние годы при помощи компьютерной томографии и эпидуроскопической техники, позволяющей изучать функциональную анатомию ЭП в непосредственной связи с техникой эпидуральной анестезии. Например, при помощи компьютерной томографии было подтверждено, что спинальный канал выше поясничного отдела имеет овальную форму, а в нижних сегментах – треугольную.

С помощью 0,7 мм эндоскопа, введенного через иглу Туохи 16 G, было установлено, что объем эпидурального пространства увеличивается при глубоком дыхании, что может облегчить его катетеризацию (Igarashi, 1999). По данным КТ, жировая ткань преимущественно сконцентрирована под желтой связкой и в области межпозвонковых отверстий. Жировая клетчатка практически полностью отсутствует на уровнях С7 -Th 1, при этом твердая оболочка непосредственно соприкасается с желтой связкой. Эпидуральный жир скомпонован в ячейки, покрытые тонкой мембраной. На уровне грудных сегментов жир фиксирован к стенке канала только по задней средней линии, а в ряде случаев рыхло прикрепляется к твердой оболочке. Это наблюдение может частично объяснить случаи асимметрического распределения растворов МА.

При отсутствии дегенеративных заболеваний позвоночника, межпозвонковые отверстия обычно открыты, независимо от возраста, что позволяет введенным растворам свободно покидать ЭП.

При помощи магнитно-резонансной томографии были получены новые данные об анатомии каудальной (сакральной) части ЭП. Расчеты, выполненные на костном скелете, свидетельствовали о том, что его средний объем составляет 30 мл (12-65 мл). Исследования, выполненные с применением МРТ, позволили учесть объем ткани, заполняющей каудальное пространство, и установить, что его истинный объем не превышает 14,4 мл (9,5-26,6 мл) (Crighton, 1997). В той же работе было подтверждено, что дуальный мешок заканчивается на уровне средней трети сегмента S 2.

Воспалительные заболевания и ранее перенесенные операции искажают нормальную анатомию эпидурального пространства.

Субдуральное пространство

С внутренней стороны к твердой мозговой оболочке очень близко прилежит паутинная оболочка, которая, тем не менее, с ней не соединяется. Пространство, образуемое этими оболочками, называют субдуральным. Термин «субдуральная анестезия» является некорректным и не идентичным термину «субарахноидальная анестезия». Случайное введение анестетика

между паутинной и твердой мозговой оболочкой может явиться причиной неадекватной спинальной анестезии.

Субарахноидальное пространство

Начинается от большого затылочного отверстия (где переходит в интракраниальное субарахноидальное пространство) и продолжается приблизительно до уровня второго крестцового сегмента, ограничивается паутинной и мягкой мозговой оболочками. Оно включает в себя спинной мозг, спинно-мозговые корешки и спинно-мозговую жидкость.

Внутри спинального канала располагаются спинной мозг и конский хвост, спинно-мозговая жидкость (СМЖ), а также кровеносные сосуды, питающие спинной мозг (СМ). Окончание СМ (conus medullaris) находится на уровне L1 - 2 . Ниже конуса СМ трансформируется в пучок нервных корешков (конский хвост), свободно «плавающих» в СМЖ в пределах дурального мешка. В настоящее время рекомендуется осуществлять пункцию субарахноидального пространства в межпозвонковой промежутке L3-4, чтобы снизить до минимума вероятность травмы иглой СМ. Корешки конского хвоста достаточно мобильны и опасность их травмирования иглой крайне мала.