

ГИСТОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

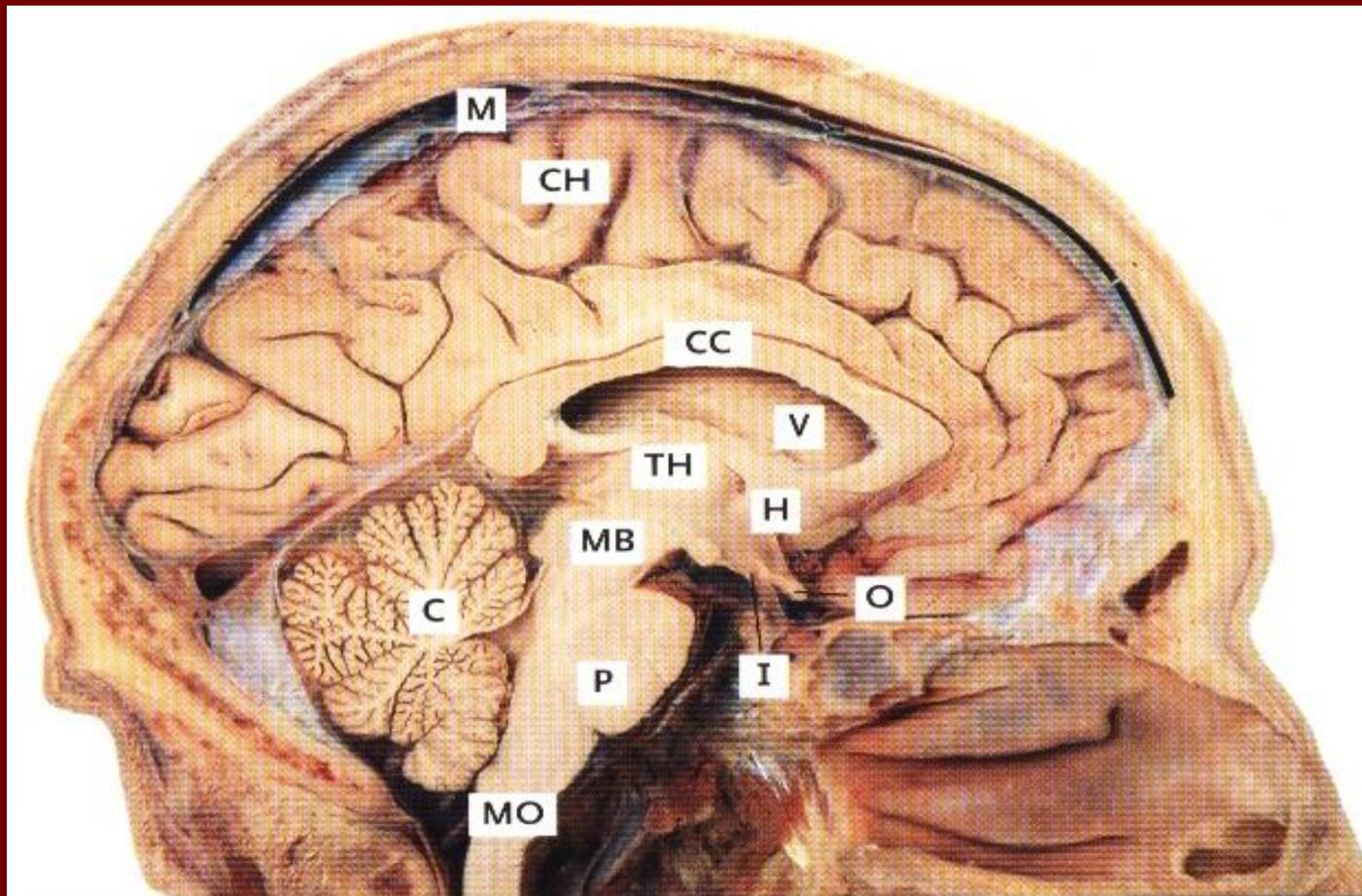
**Профессор М.Ю.
Капитонова**

ЦЕЛИ:

1. **Дать определение и классификацию нервной системы. Оценить гистологический состав и распределение серого и белого вещества в центральной нервной системе.**
2. **Понять концепцию восходящих и нисходящих проводящих путей, чувствительных (афферентных) и двигательных (эфферентных) трактов.**
3. **Исследовать микроархитектонику коры больших полушарий и мозжечка.**
4. **Определить значение гемато-энцефалического барьера.**

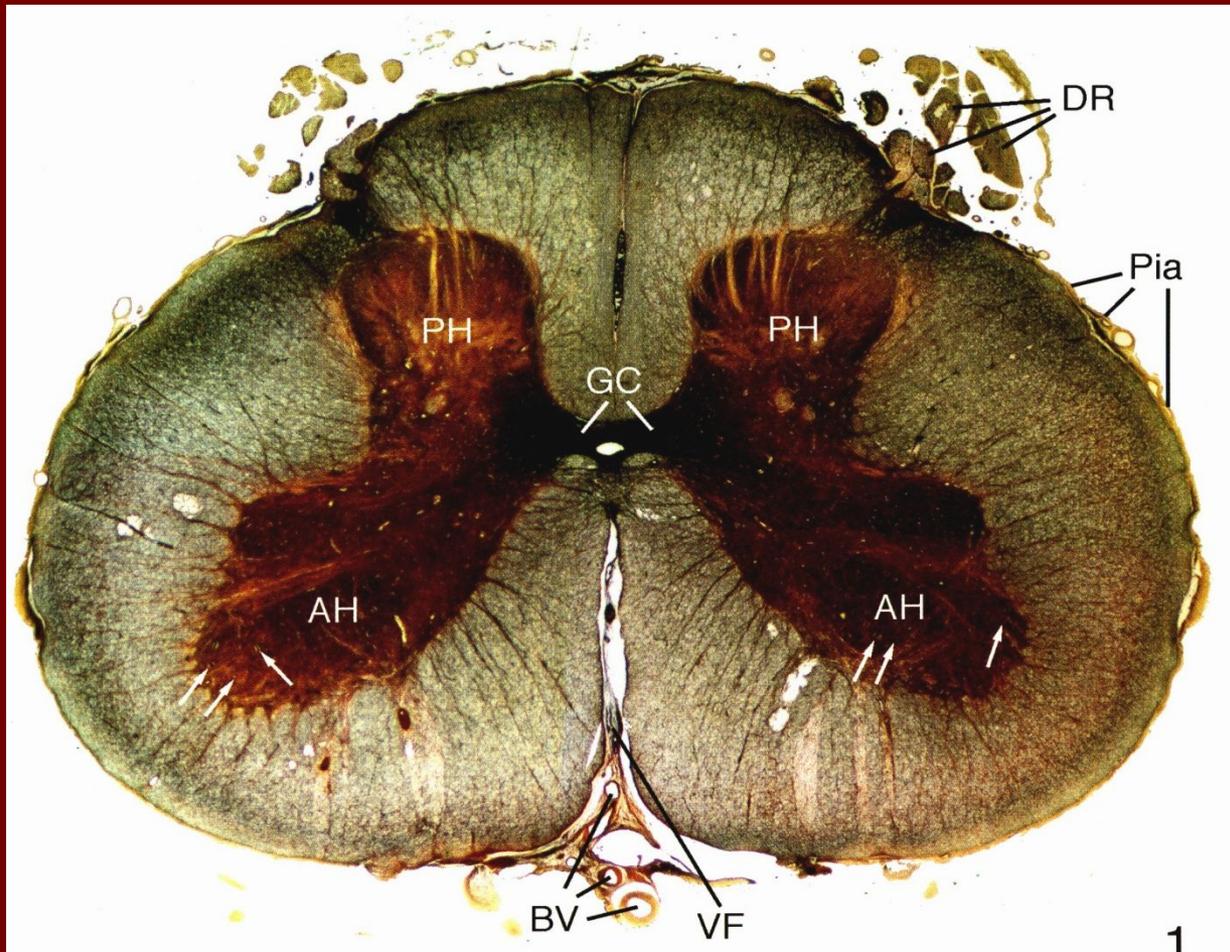
ЦНС

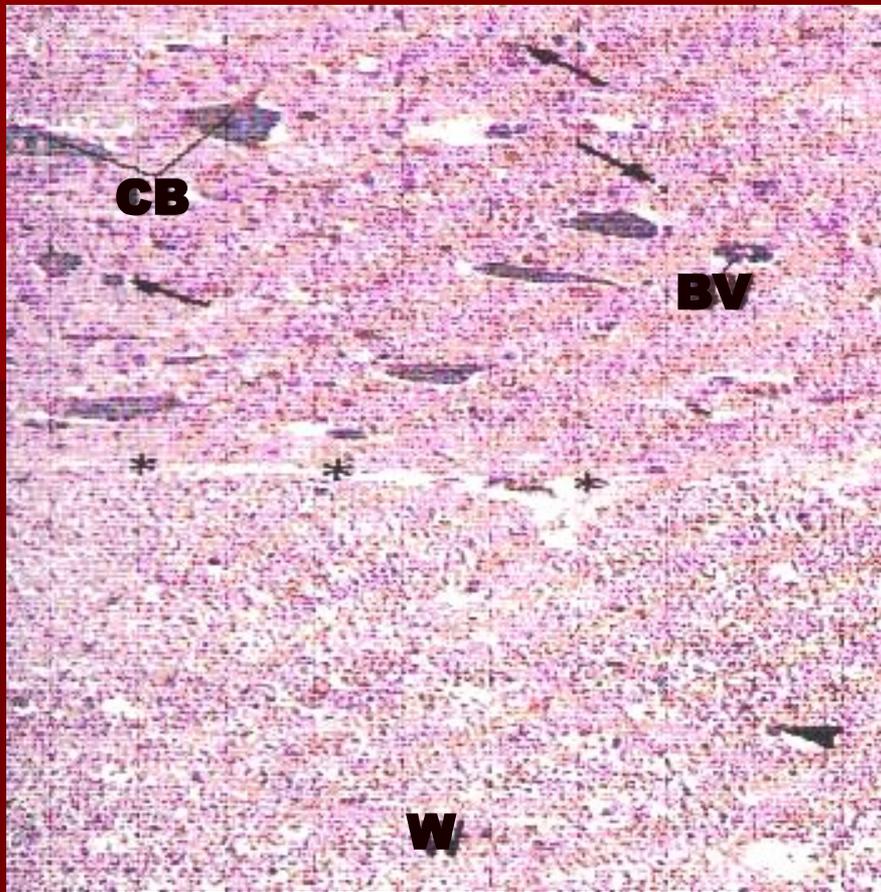
- Состоит из головного и спинного мозга,
- Выполняет главную функцию коррелирования и интегрирования информации,



ЦНС:

- **Большей частью состоит из серого и белого вещества,**





Раздел между серым и белым веществом в спинном мозге очевиден. Н&Е, х132

- Серое вещество содержит тела нейронов, много безмиелиновых волокон, небольшое количество миелиновых нервных волокон и массу клеток глии,
- Белое вещество содержит преимущественно миелиновые нервные волокна, однако безмиелиновые волокна также в нем присутствуют и поддерживают аксоны и дендриты, бегущие вверх и вниз по спинному мозгу.

Серое вещество спинного

мозга состоит из мультиполярных нейронов трех типов. Первый тип нейронов характеризуется немногочисленными длинными, прямыми и слабо ветвящимися дендритами (изодендрический тип). Такие нейроны преобладают в промежуточной зоне и встречаются в передних и задних рогах.

Второй тип нейронов имеет большое число сильно ветвящихся дендритов, которые переплетаются, образуя «клубки» в рогах, (идиодендрический тип). Они характерны для двигательных ядер передних рогов, а также для задних рогов.

Третий тип нейронов по степени развития дендритов занимает промежуточное положение между первым и вторым типами. Они расположены в передних (дорсальная часть) и задних (вентральная часть) рогах.

В задних рогах различают губчатый слой, желатинозное вещество, собственное ядро заднего рога и грудное ядро.

Губчатый слой задних рогов имеет широкопетлистый глиальный остов, в котором содержится большое количество мелких вставочных нейронов.

В желатинозном веществе преобладают глиальные элементы. Нервные клетки здесь мелкие и количество их незначительно.



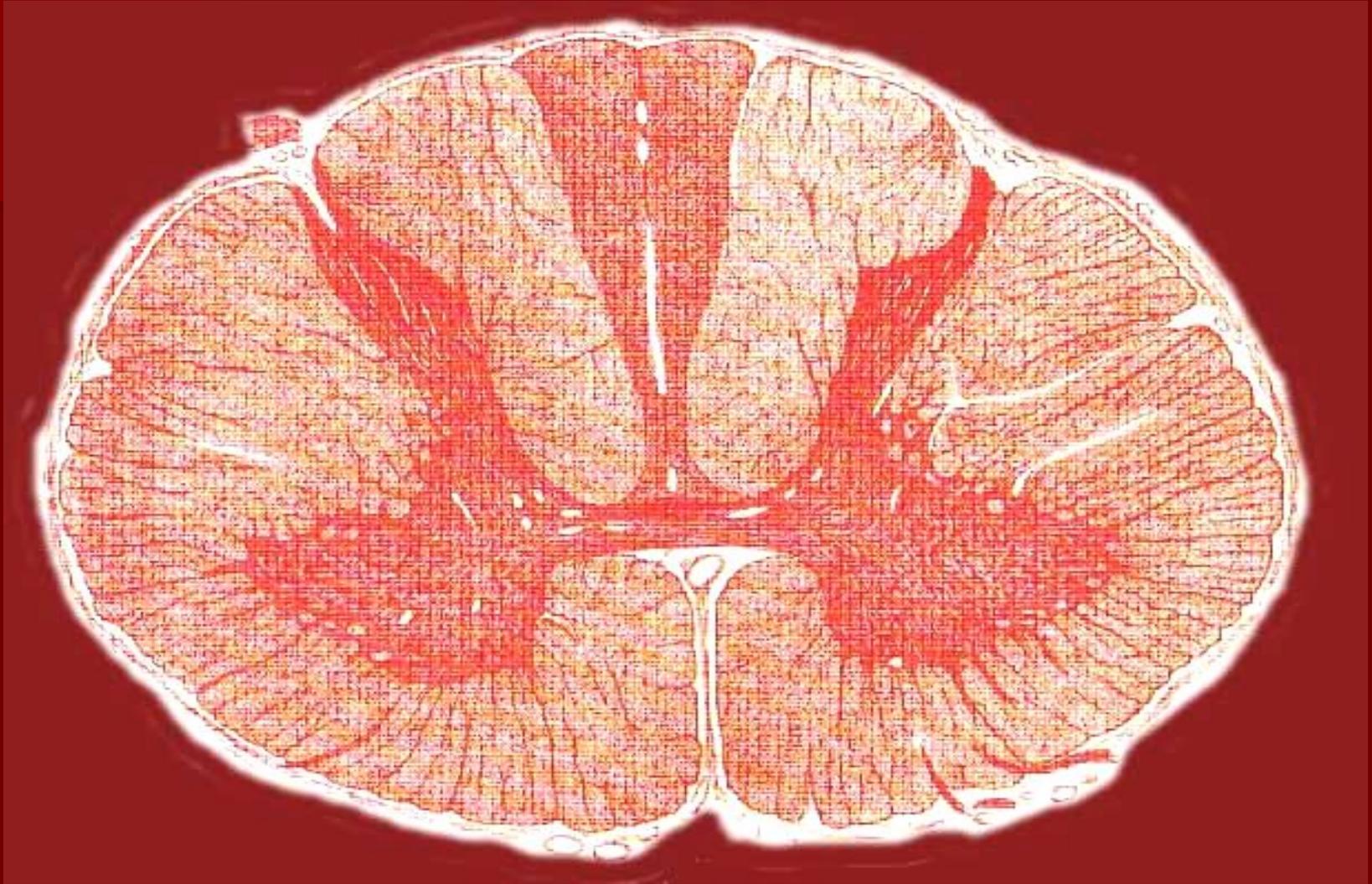
Задние рога

- Богаты вставочными клетками, аксоны которых заканчиваются в пределах серого вещества спинного мозга .
- Нейроны губчатой зоны, желатинозного вещества и вставочные клетки осуществляют связь между чувствительными клетками спинальных ганглиев и двигательными клетками передних рогов, замыкая местные рефлекторные дуги .
- В середине заднего рога располагается собственное ядро заднего рога . Оно состоит из вставочных нейронов , аксоны которых выходят в боковой канатик белого вещества, где они входят в состав вентрального спинно-мозжечкового и спинноталамического путей и направляется в мозжечок и в зрительный бугор.
- Грудное ядро состоит из крупных вставочных нейронов с сильно разветвленными дендритами. Их аксоны выходят в боковой канатик белого вещества той же стороны и в составе дорсального спинно-мозжечкового пути поднимаются к мозжечку.
- Из структур заднего рога особый интерес представляет студневидное вещество, которое тянется непрерывно вдоль спинного мозга в 1-4 пластинах. Нейроны продуцируют энкефалин-пептид опиоидного типа, ингибирующий болевые эффекты.

Сенсорная чувствительность

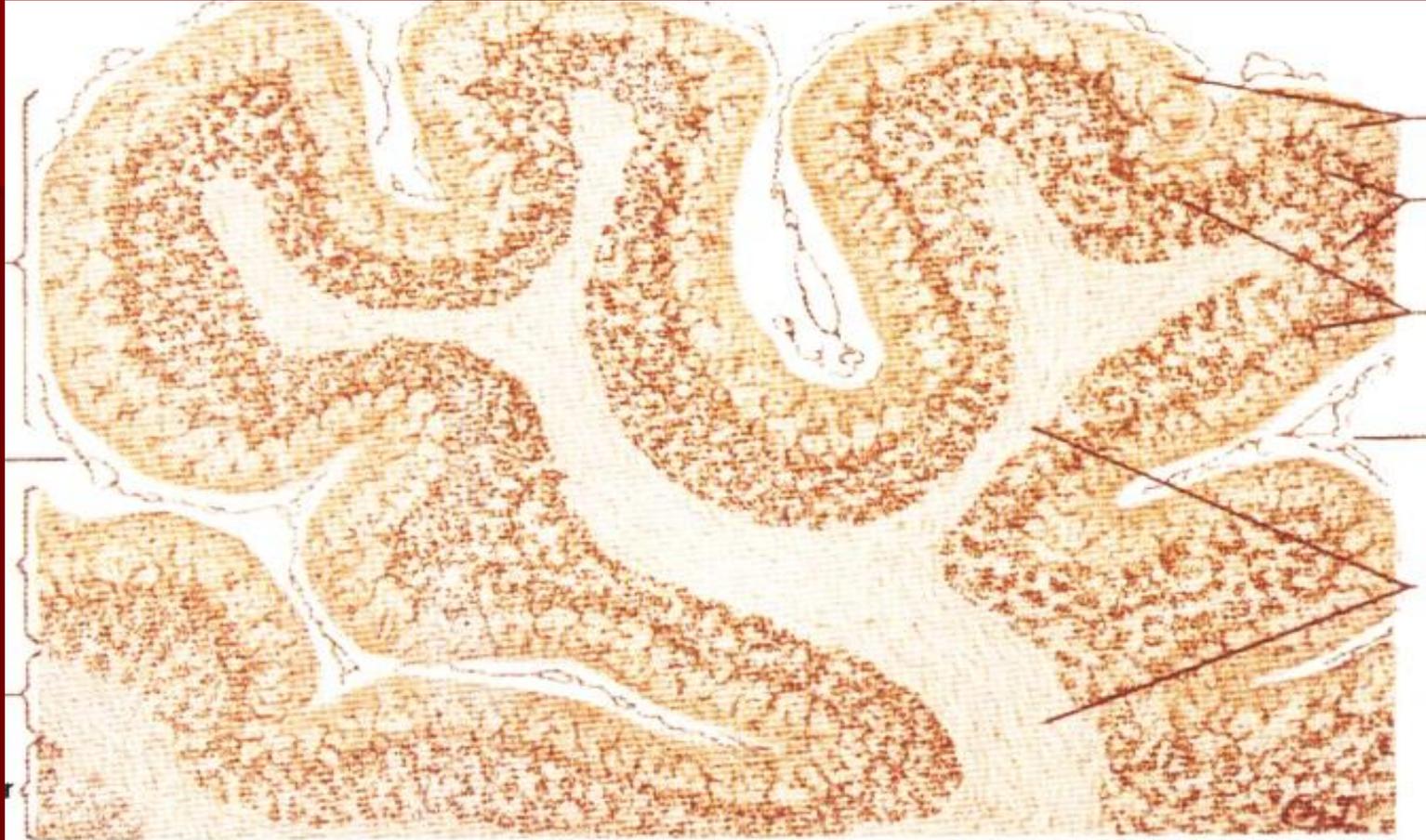
- Спинного мозга имеет пространственную ориентацию. экстероцептивная чувствительность (болевая, температурная, тактильная) связана с нейронами студневидного вещества и собственного ядра заднего рога, висцеральная - с нейронами промежуточной зоны, проприоцептивная - с ядром Кларка и тонким клиновидным ядром.
- в 7 пластине расположено интерстециальное ядро Кахаля с интернейронами, переключающими информацию от псевдоуниполярных нейронов спинномозговых узлов на мотонейроны передних рогов спинного мозга.
- В промежуточной зоне различают медиальное промежуточное ядро, нейриты которого присоединяются к центральному спинномозжечковому пути той же стороны, и латеральное промежуточное ядро, расположенное в боковых рогах и представляющее собой группу ассоциативных клеток симпатической рефлекторной дуги.

Спинальный мозг (шейный отдел) Н&Е



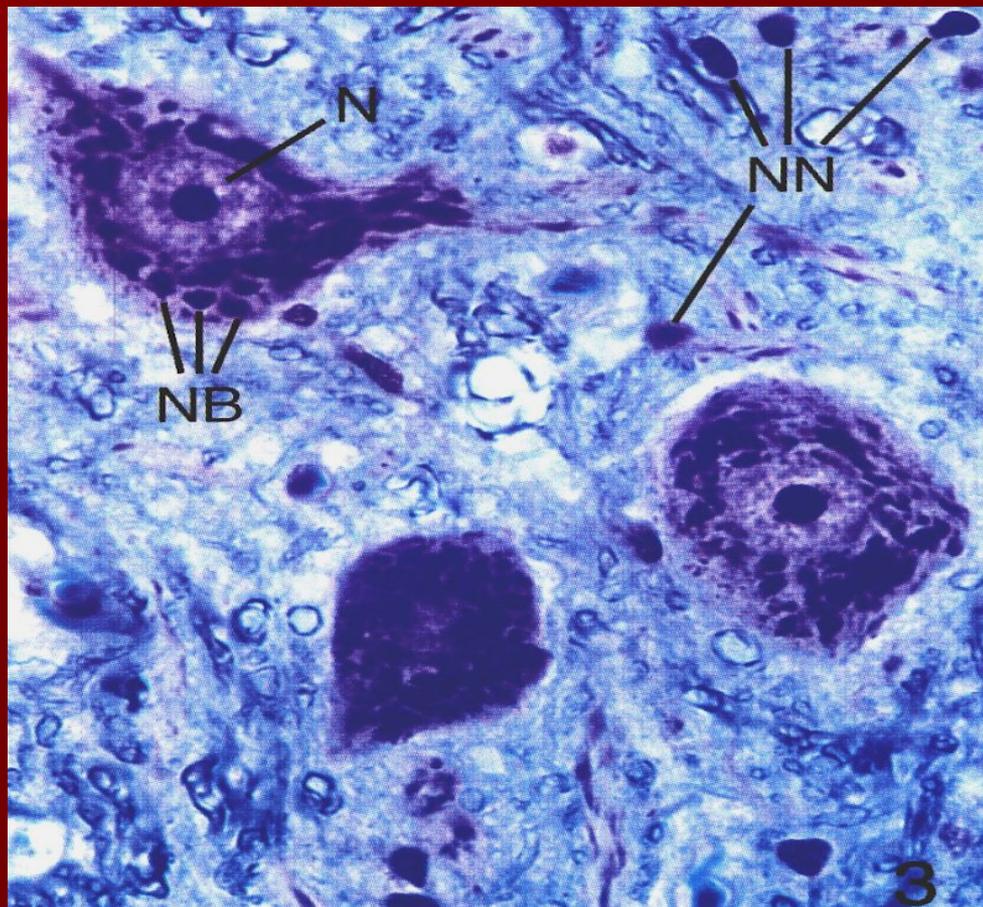
Белое вещество расположено по периферии спинного мозга, а серое – в центре, образуя картину бабочки.

Мозжечок, серебрение



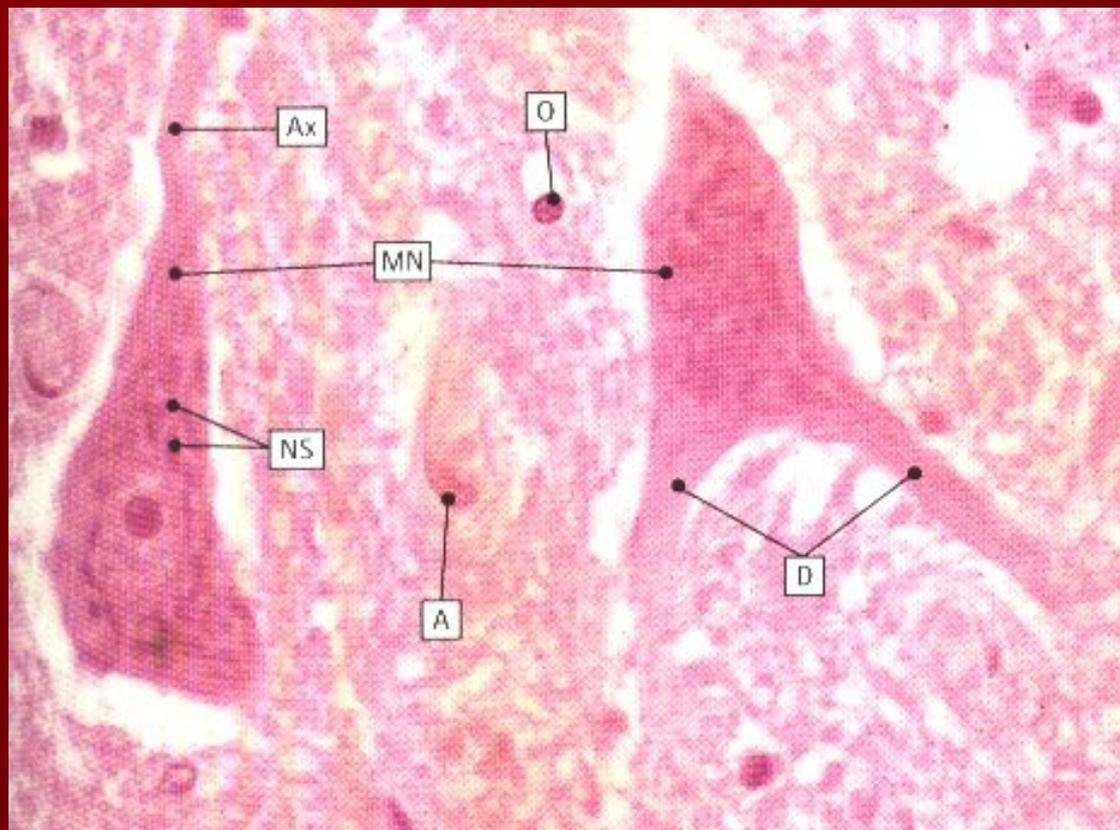
В головном мозге имеет место обратное соотношение серого и белого вещества, где белое вещество (мозговое) располагается глубоко под корой (серым веществом).

Серое вещество спинного мозга, **H&E, x270**



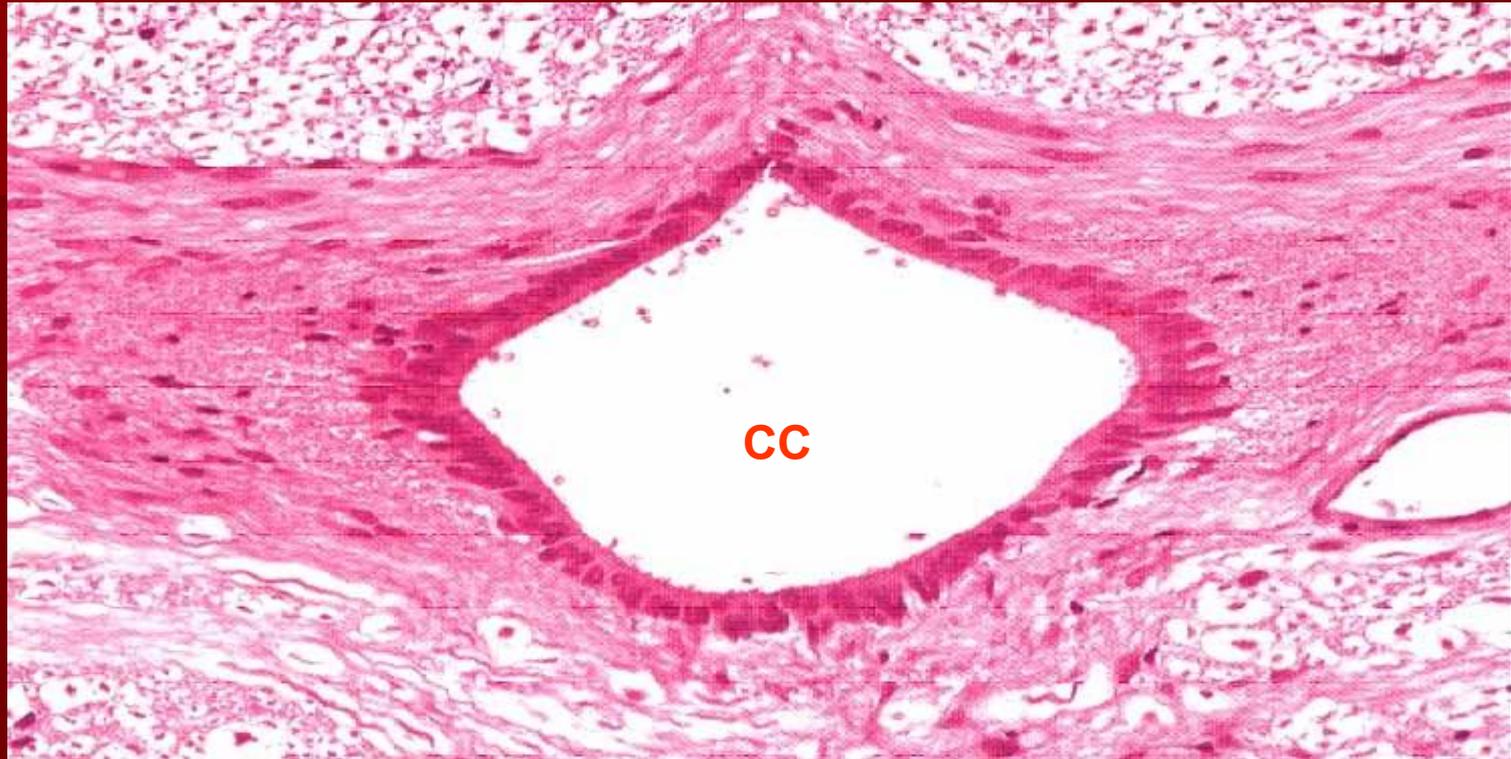
Мультipoлярные нейроны серого вещества спинного мозга содержат тельца Ниссля. Мелкие ядра в округе принадлежат глиальным клеткам, которые вместе со своими отростками и отростками нейроцитов образуют нейропиль.

Передний рог спинного мозга (шейный отдел)



Двигательные нейроны (MN) спинного мозга посылают аксоны (Ax) наружу для иннервации скелетных мышц. Это крупные клетки, у которых аксоны могут быть длиной свыше 1 м. Аксоны проходят по корешкам спинальных нервов и в конце концов образуют часть периферического нерва. Ядра у них крупные, с заметным ядрышком, цитоплазма набита веществом Ниссля (NS).

Центральный канал спинного мозга



Центральный канал (СС) выстлан реснитчатыми эпендимными клетками: кубическими и цилиндрическими. Он содержит ЦСЖ, продуцируемую желудочками мозга. ЦСЖ попадает в центральный спинномозговой канал и в субарахноидальное пространство спинного мозга. Во время полового созревания канал частично облитерируется, и эпендимные клетки остаются в виде скоплений вокруг центральных рудиментарных пространств.

Спинной мозг (шейный отдел), серебрение



Спинной мозг частично разделен на правую и левую половину узкой дорсальной бороздкой – задняя срединная спайка, и глубокой передней вырезкой. Серое вещество имеет форму буквы Н, где центральный канал занимает поперечную перекладину буквы Н.

Центральный канал спинного мозга, **H & E**, большое ув.



Центральный канал выстлан высокими цилиндрическими эпендимными клетками (E) и содержит ЦСЖ (CSF).

Спинальный мозг, шейный отдел, серебрение, х 6



Центральный канал представляет собой просвет эмбриональной нервной трубки. Серое вещество составляет передние и задние рога в обеих половинах спинного мозга, соединенные комиссурой серого вещества. Центральный канал делит комиссуру на вентральный и дорсальный отделы. Передний рог простирается в переднюю часть спинного мозга и развит лучше, чем задний.

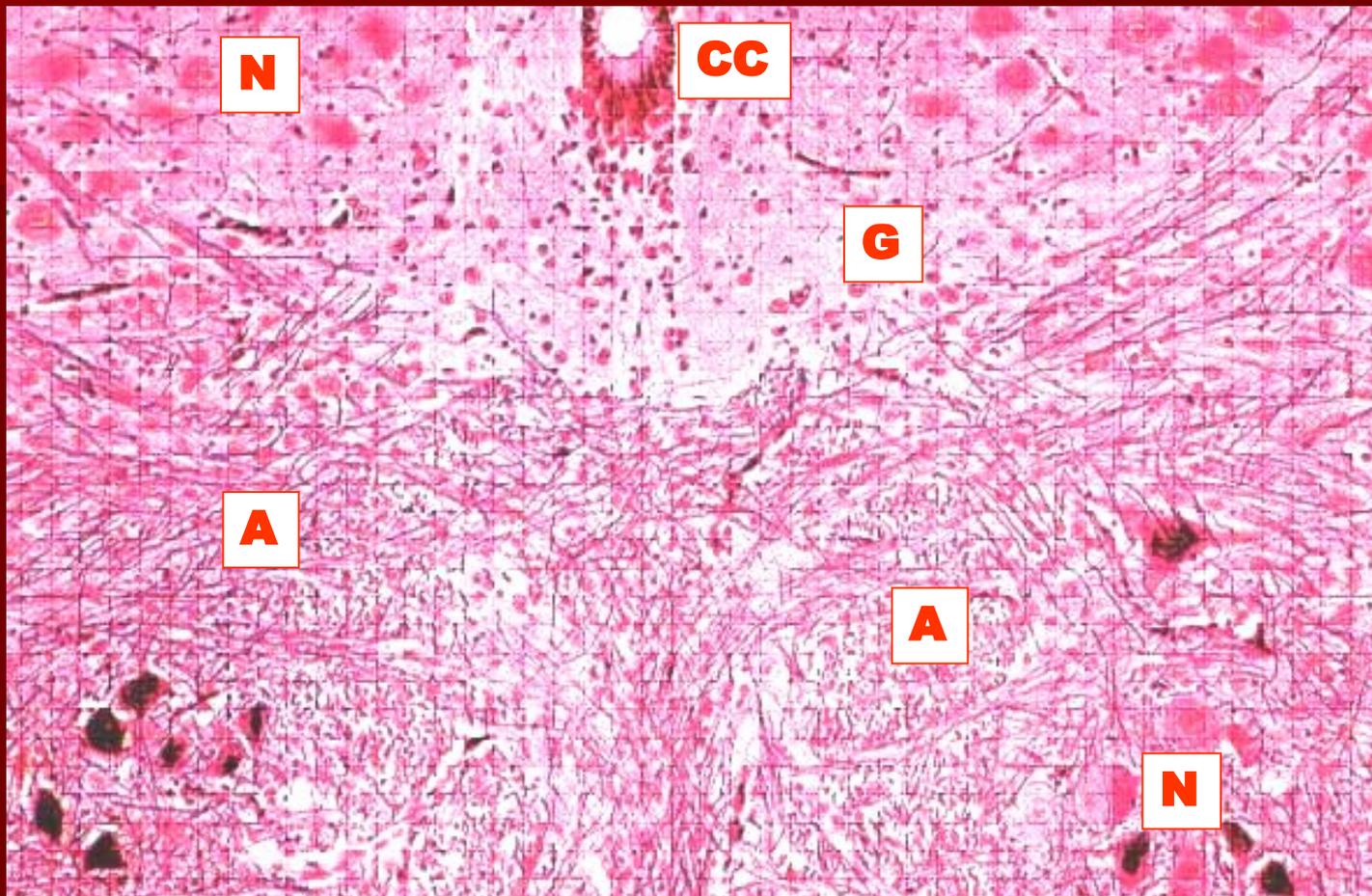
Спинальный мозг, шейный отдел, серебрение, х 6



Задний рог: длинный и узкий столб, почти достигающий поверхности спинного мозга. В основном связан с входящими чувствительными импульсами, это место сосредоточения тел чувствительных нейронов.

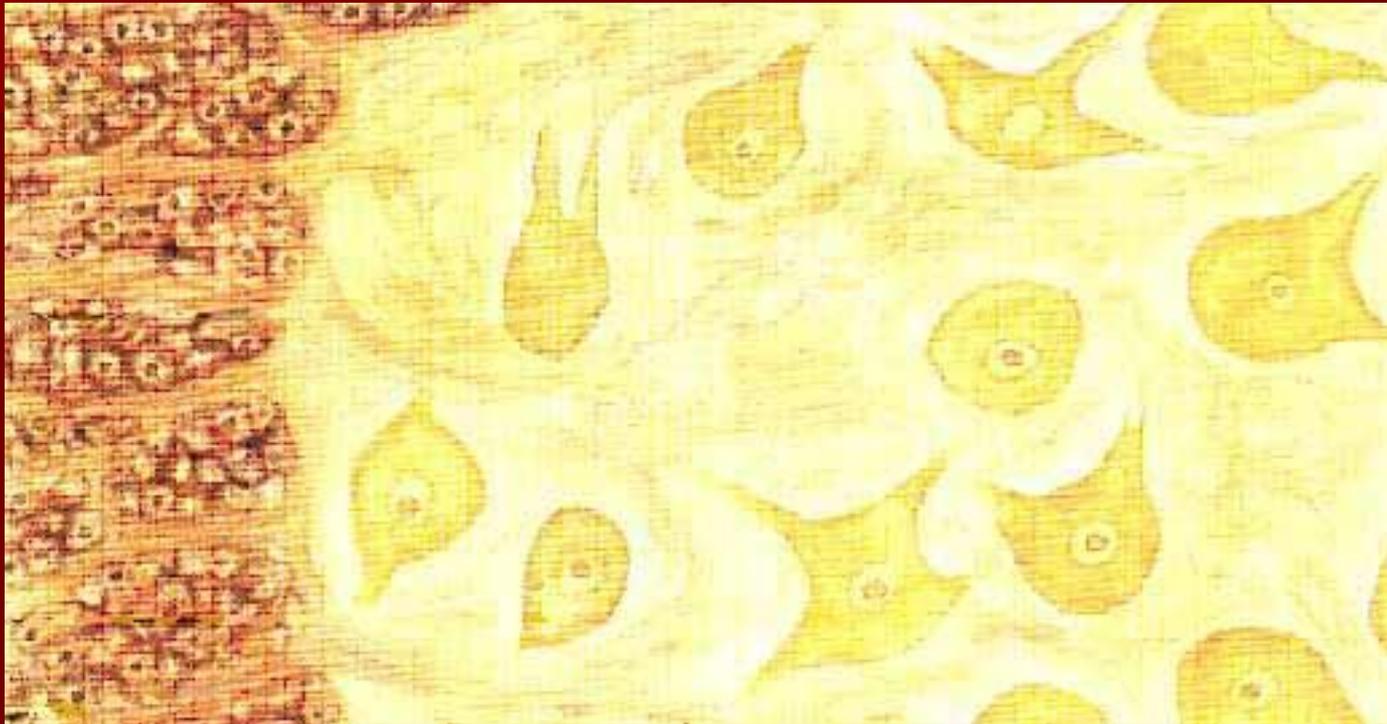
Передний рог: короткий и широкий, связан с двигательной функцией.

Передняя комиссура со спинномозговым каналом



Волокна, переходящие с одной стороны спинного мозга на другую, представляют собой проводящие тепловые, холодовые и болевые импульсы, а также грубые тактильные импульсы, переходя их задних рогов на противоположную сторону и поднимаясь вверх по столбам белого вещества до ствола мозга и таламуса.

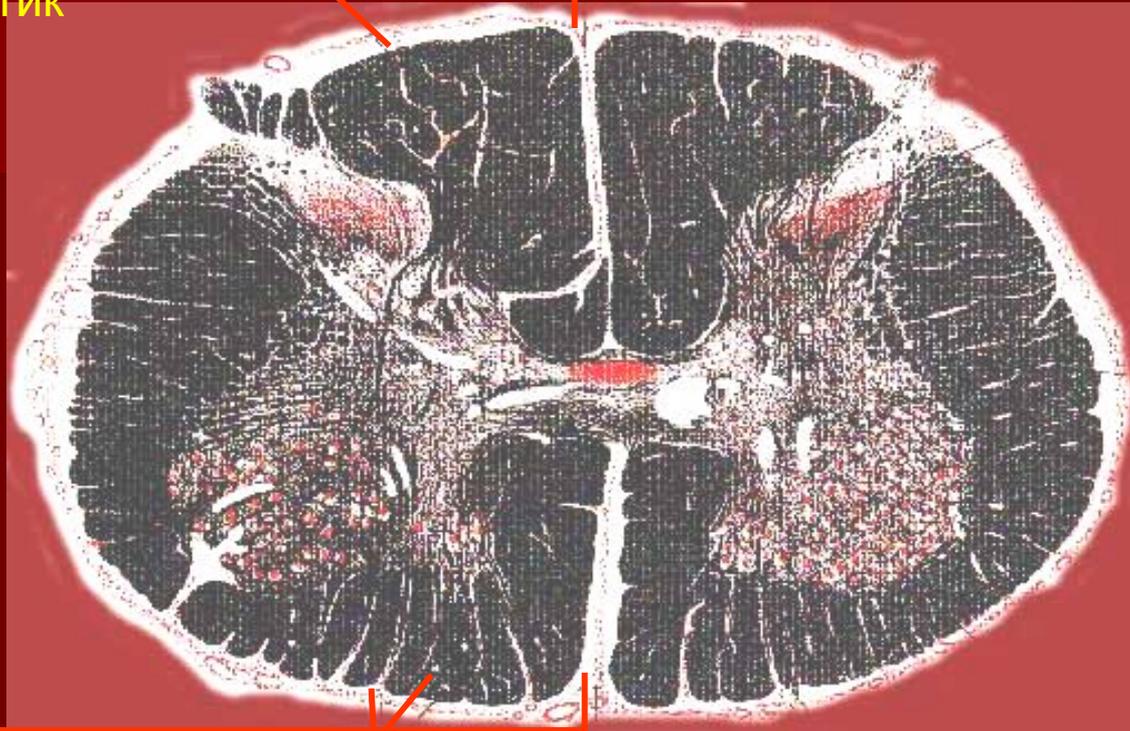
Передние рога шейного отдела спинного мозга и прилежащее белое вещество, серебрение



Передний рог: Содержит клетки, чьи аксоны проходят к экстрафузальным волокнам скелетных мышц. Это самые крупные клетки спинного мозга. Они могут иметь до 20 дендритов, их аксоны имеют до 12 мкм в диаметре. Меньшие нейроны с тонкими аксонами (гамма-эфферентные волокна) иннервируют интрафузальные мышечные волокна нейро-мышечных веретен.

Спина́й моз́г, поясничное утолще́ние, Вейгерт-кармин, **x11**

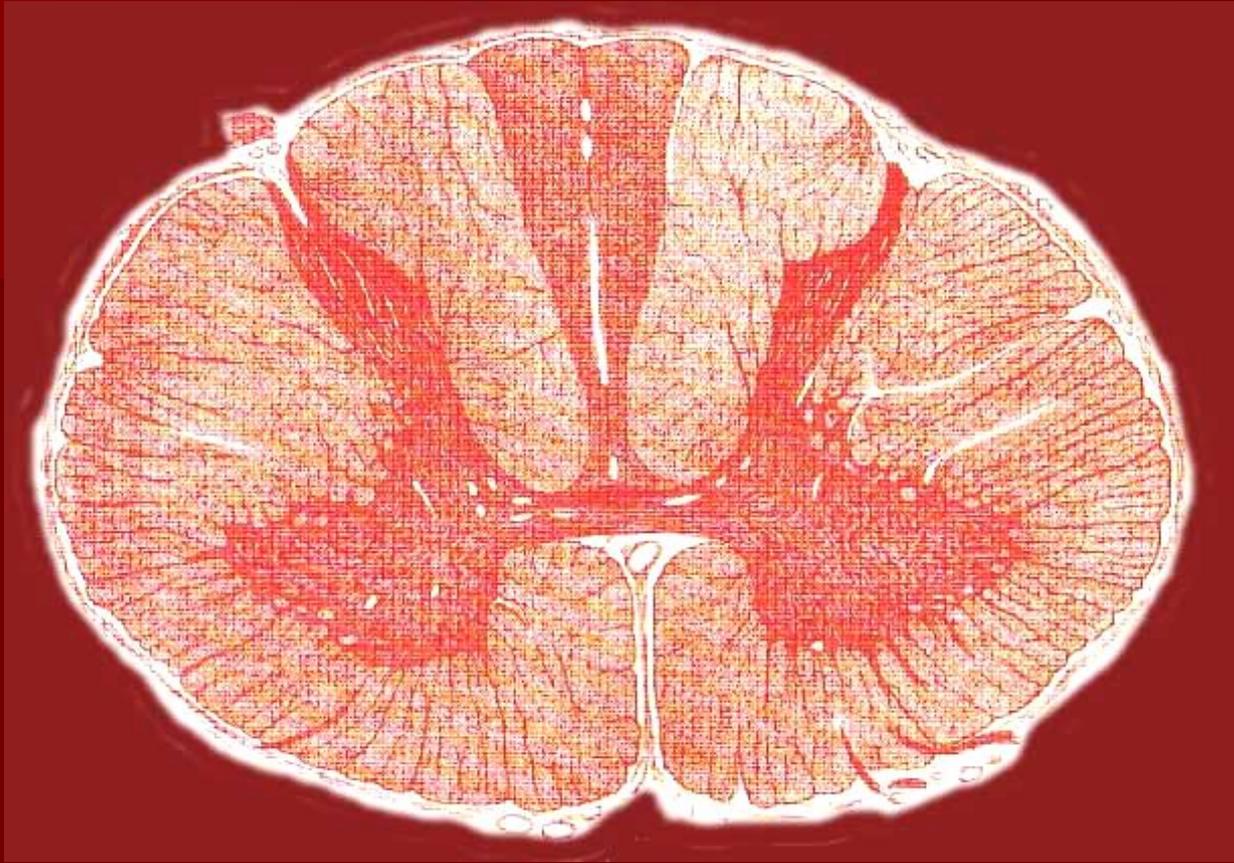
задний канатик



Передний
канатик

Некоторые аксоны от двигательных нейронов передних рогов пересекают белое вещество и выходят из спинного мозга в составе передних корешков периферических нервов. Задние рога – это чувствительные области, они содержат тела меньших по размерам нейронов. С задними рогами связаны аксоны задних корешков. Белое вещество с обеих сторон спинного мозга подразделяется на: задние столбы (между задним рогом и задней срединной спайкой),

Спинальный мозг, шейное утолщение, кармин, х8.



Латеральный столб (канатик) – между передними и задними рогами и корешками,

Передний столб (канатик) - между передним рогом и передней срединной вырезкой. Задние столбы массивные, в данном отделе подразделяются на два пучка: задне-медиальный (*fasciculus gracilis*) и задне-латеральный (*fasciculus cuneatus*).

Спинальный мозг, шейный отдел, Вейгерт-Кармин, 11 ж.

Задний корешок

Спино-церебеллярный тракт

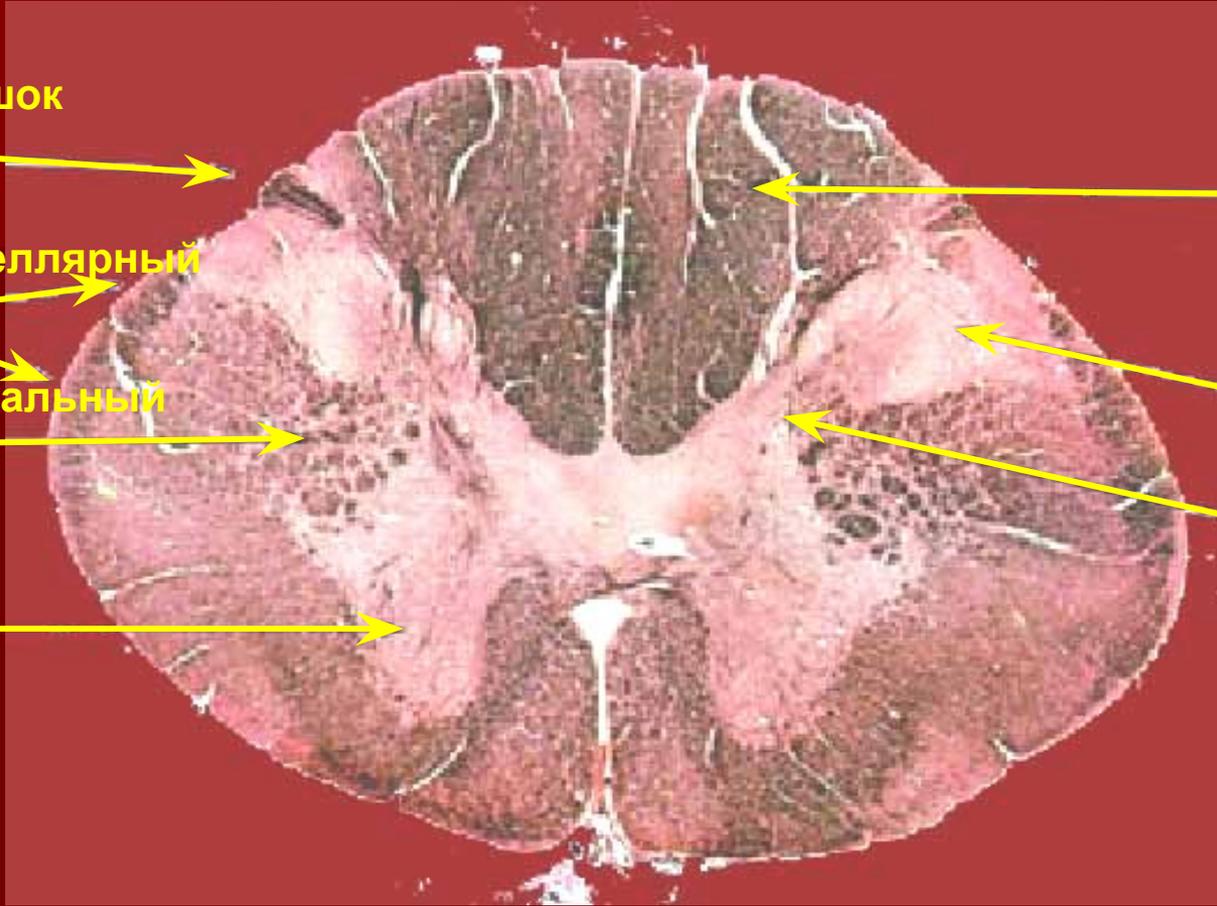
Кортико-спинальный тракт

Передний рог

Задний столб

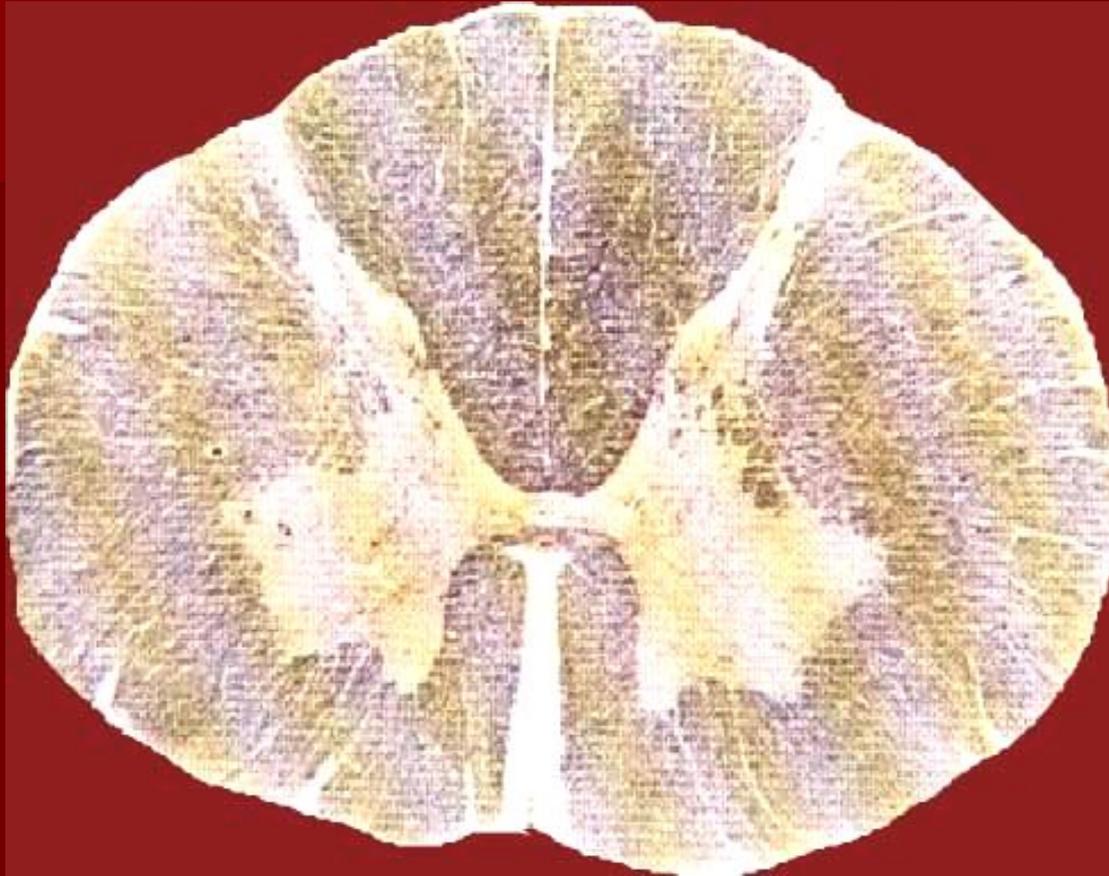
Substantia gelatinosa

Ретикулярный отросток



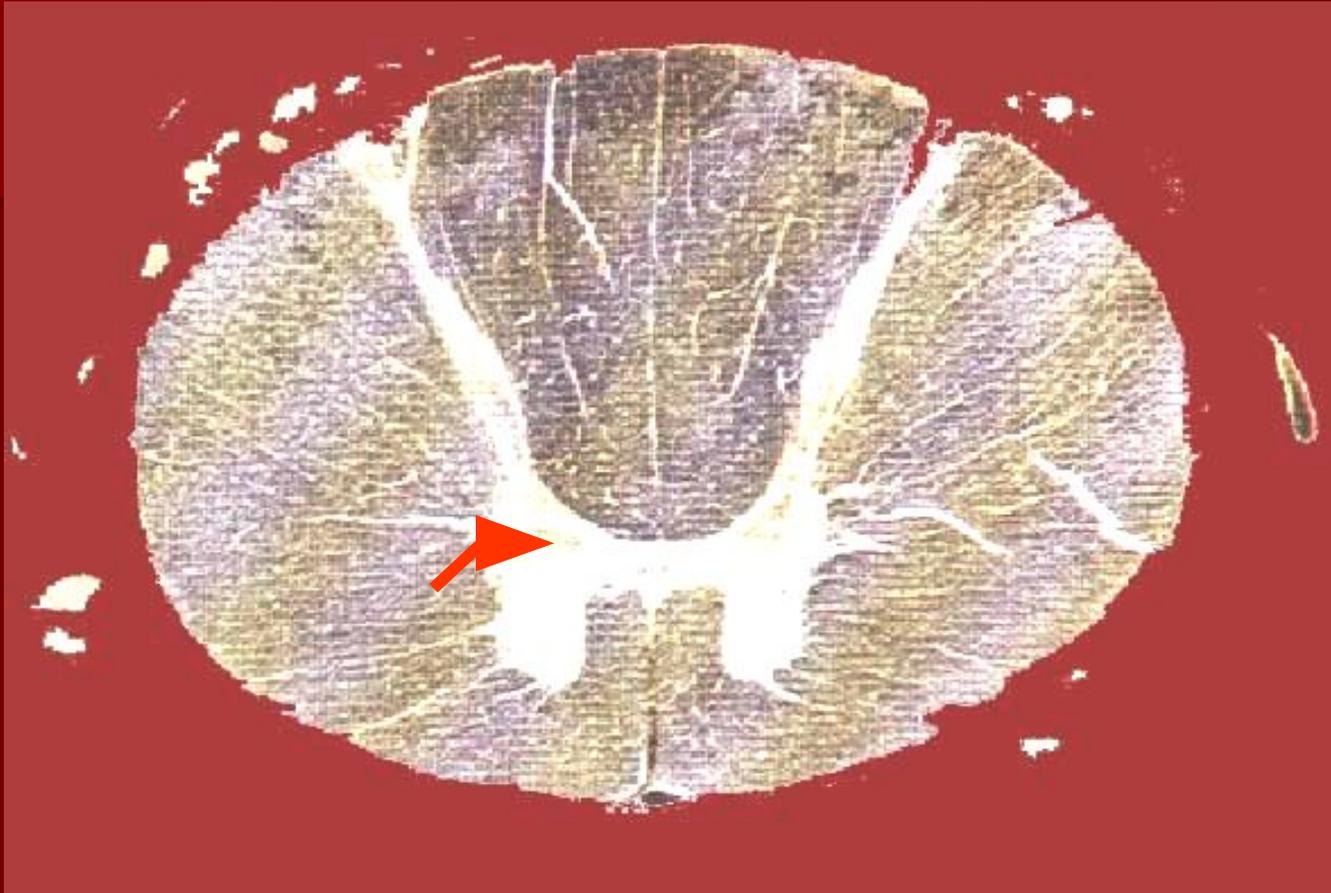
По мере повышения уровня спинного мозга все больше волокон входит в него по пути в головной мозг и выходит, так что объем белого вещества прогрессивно возрастает от сакрального к шейному отделу.

Спинной мозг, шейный отдел, серебрение, х8.



Структура спинного мозга в целом одинакова на всем его протяжении. В котором выделяют 4 отдела: С, Th, L, S. Объем серого вещества больше в С & L, что соответствует чувствительной и двигательной иннервации конечностей. Именно в этих отделах диаметр спинного мозга наибольший.

Спинной мозг, грудной отдел, окраска по Вейгерту



Столбы белого вещества расширенные.

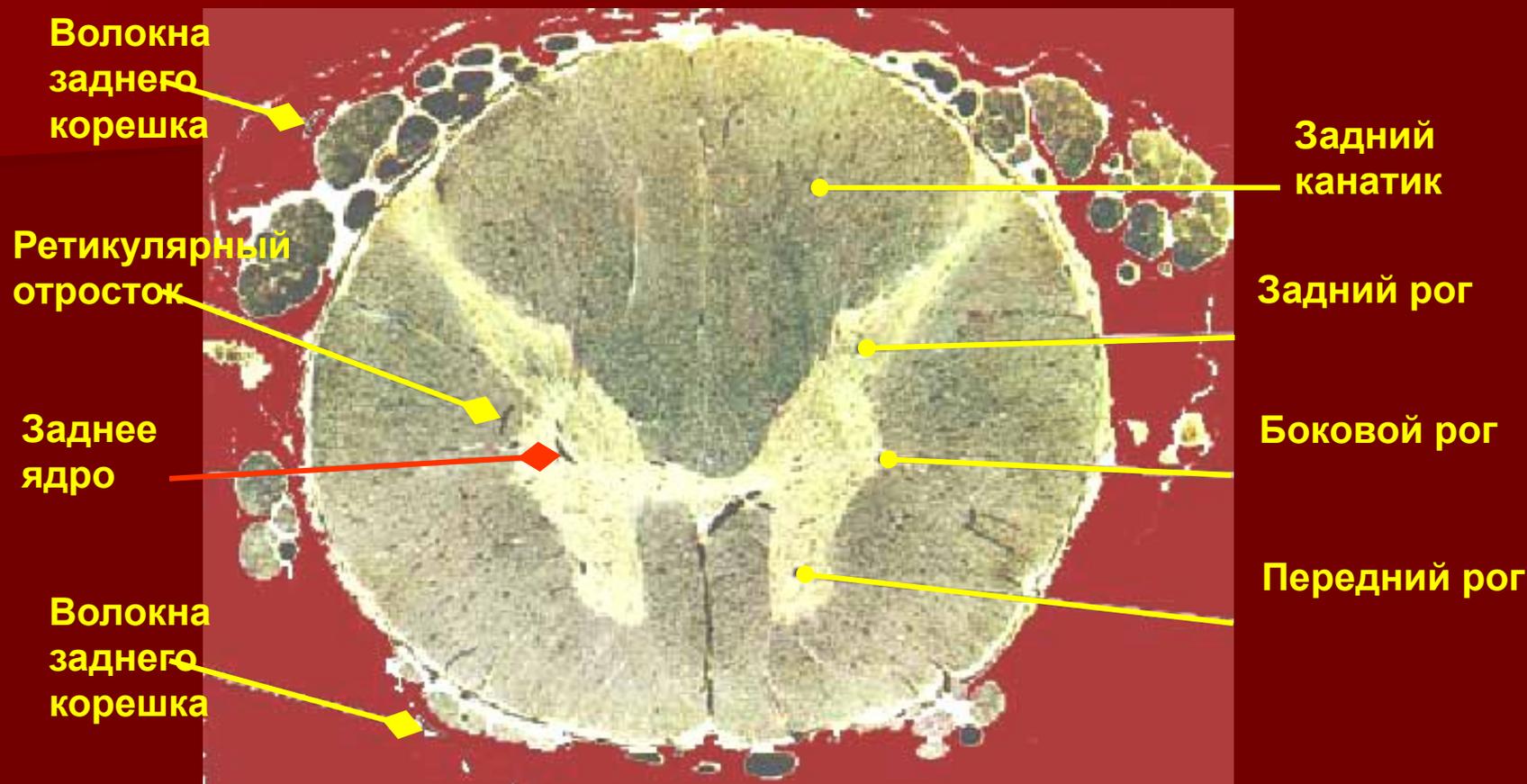
Передние и задние рога: тонкие в этой области.

Боковые рога: характерны для грудного отдела, представляют собой выбухание интермедико-латерального ядра.

Интермедиио-латеральное ядро:

- Содержит висцеральные эфферентные нейроны симпатической НС,
- Простирается с C_8 до L_{2-4} ,
- Аксоны нейронов выходят вместе с волокнами из передних рогов и заканчиваются в цепочке симпатических ганглиев,
- где они образуют синапсы с ганглионарными клетками, чьи аксоны широко распределяются по:
 - радужке (мышца, расширяющая зрачок);
 - слезным, слюнным и потовым железам;
 - бронхам, сердцу;
 - гладким мышцам ЖКТ;
 - половым органам;
 - мочевому пузырю;
 - мозговому веществу надпочечника;
 - кровеносным сосудам.

Спинальный мозг, грудной отдел, окраска по Вейгерту, 10 х.



Дорсальное ядро: отчетливая ядерная масса, расположенная в медиальной части заднего рога. В этом ядре волокна заднего корешка образуют синапсы с нейронами, призванными образовать дорсальный (задний) спино-церебеллярный тракт. Ядро простирается от C_8 до L_2 сегментов (столб Кларка).

Спинальный мозг, поясничный отдел, окраска по Уэллу, 8 ж.



По сравнению с шейным отделом, поясничный отдел на поперечном срезе имеет круглую форму. Поскольку отсюда происходят нервы конечностей, и передние, и задние рога здесь развиты лучше всего.

Задний канатик: на этом уровне он содержит только *fasciculus gracilis*, в то время как на более высоком уровне (выше 6-го грудного сегмента) он содержит *fasciculi gracilis & cuneatus*.

Спинной мозг, поясничный отдел, окраска по Уэллу, 8 ж.



Боковой канатик: между задними и передними корешками. Сливается с передним канатиком. Содержит волокна главных восходящих и нисходящих путей, включая латеральный кортико-спинальный, спино-таламический и спино-церебеллярный тракты.

Спинальный мозг, сакральный отдел, серебрение, 14 ж.



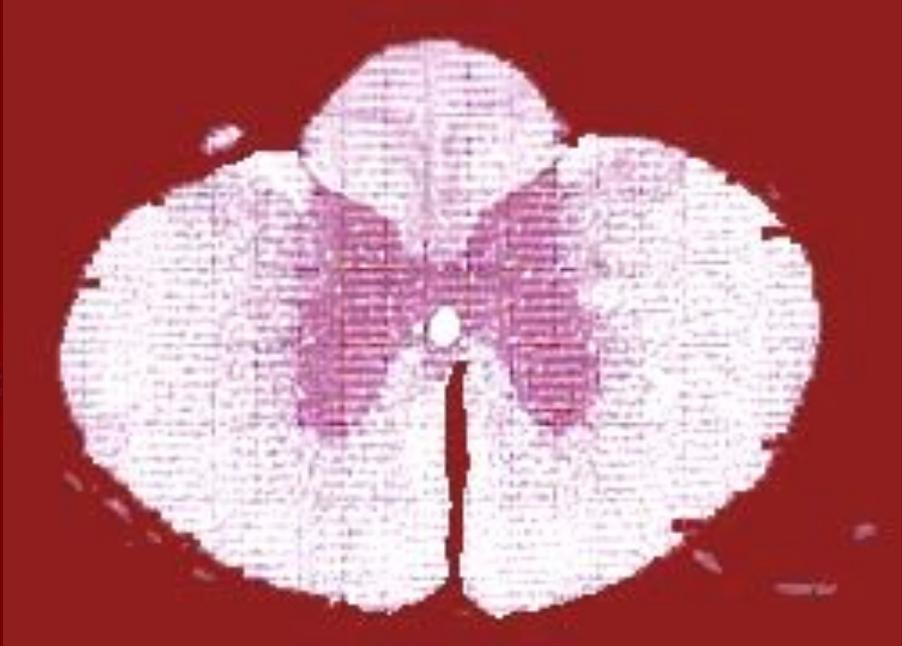
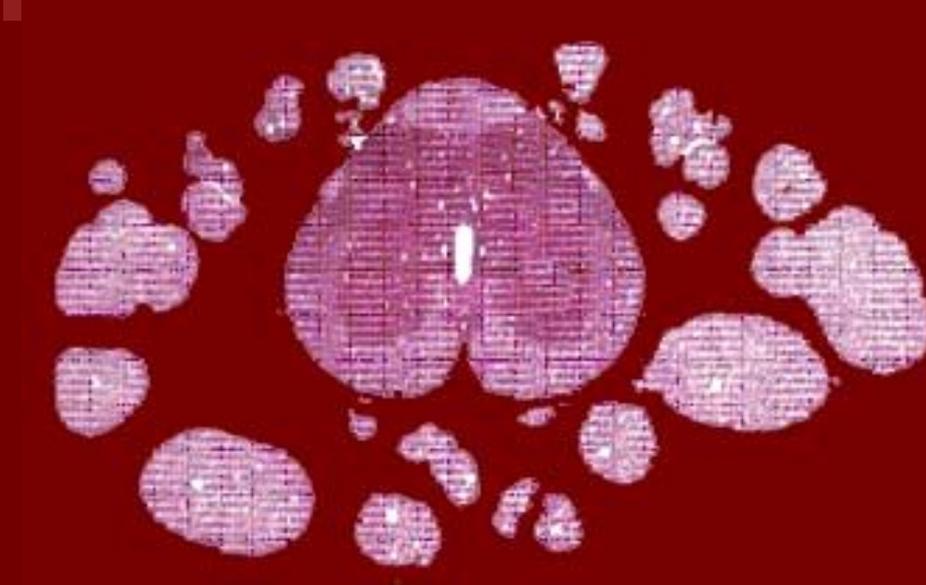
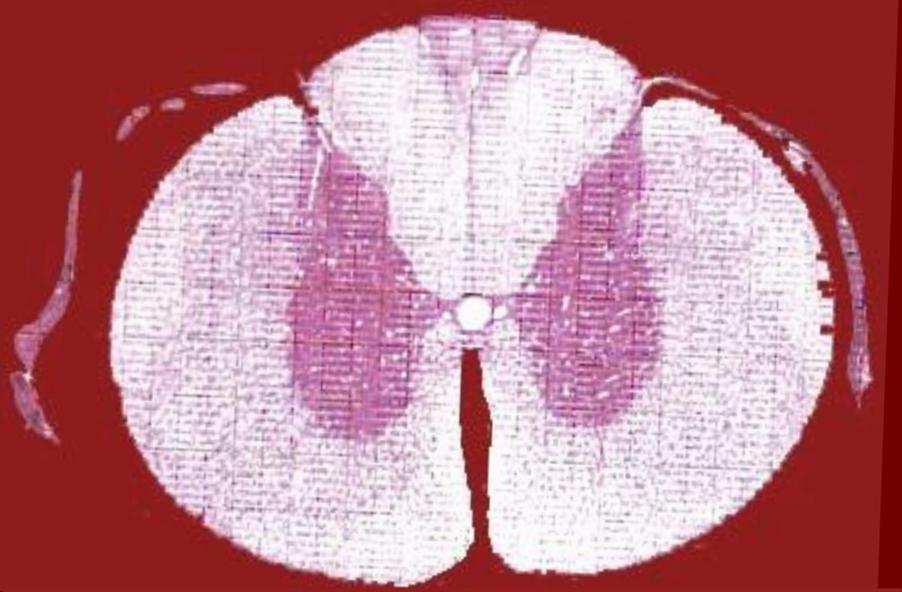
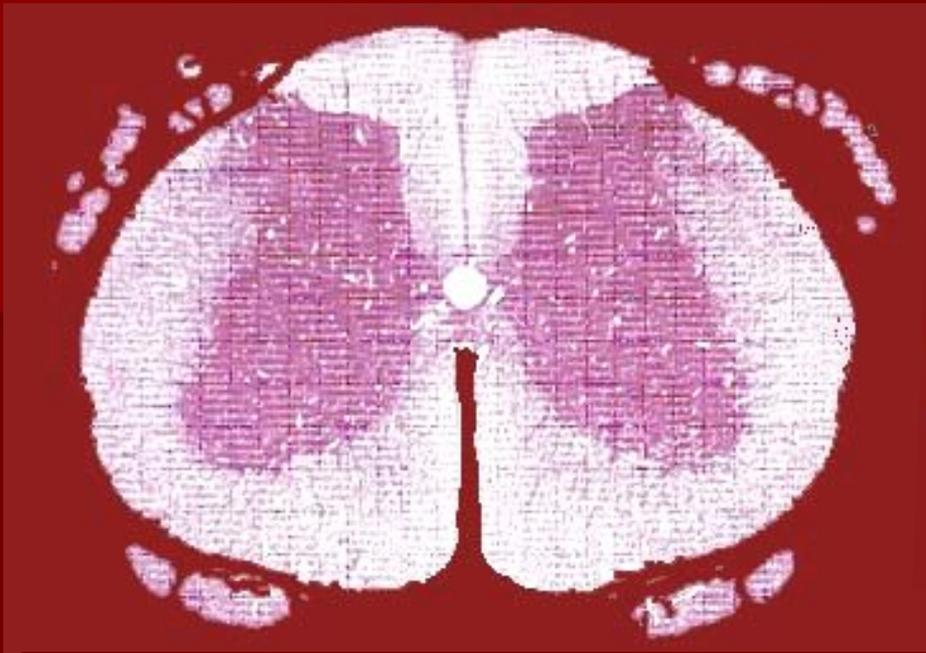
Пухлые задние рога, широко сообщающиеся с передними рогами – это особенность сакрального отдела спинного мозга. Комиссура серого вещества здесь развита лучше всего. Белое вещество сужено до узкой каймы.

Спинной мозг, окраска по Вейгерту, 14 х.



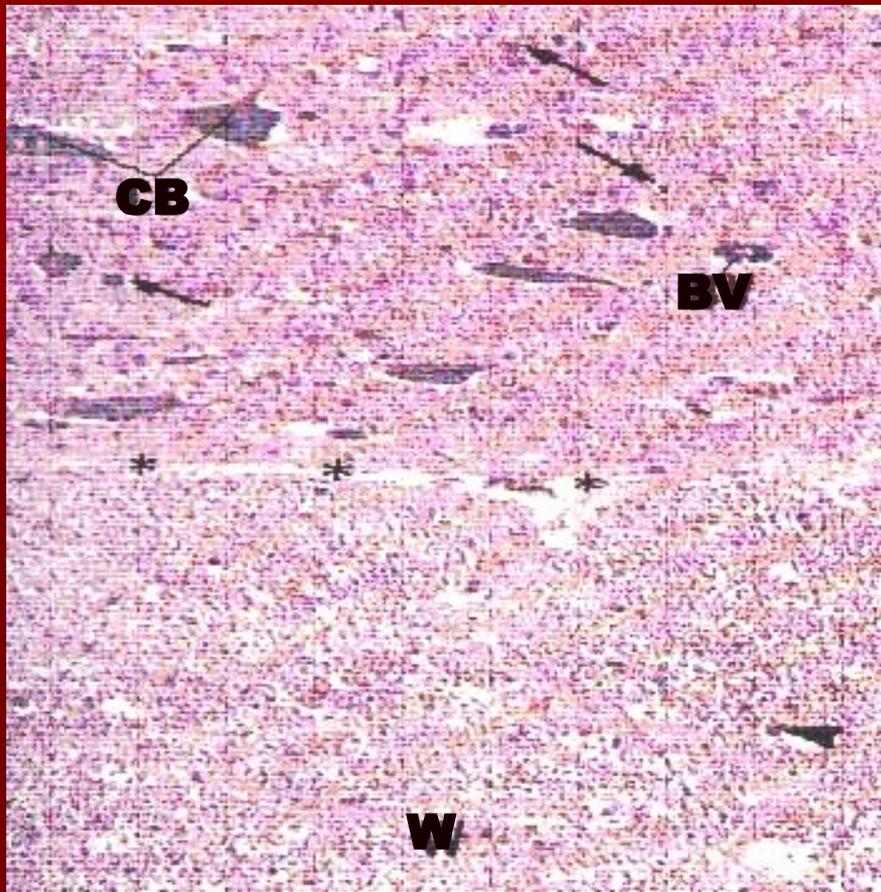
substantia
gelatinosa

Substantia gelatinosa: шапко-видная структура в заднем роге. Простирается по всей длине спинного мозга. Содержит мелкие нейроны от 6 до 20 мкм в диаметре. Является главным ассоциативным центром заднего рога для входящих по задним корешкам импульсов. Эта ядерная масса – важная часть проведения импульсов болевой, температурной и некоторых видов тактильной чувствительности.



Спинной мозг:

- Окружен СТ-мозговыми оболочками, причем мягкая мозговая оболочка вдается в толщу спинного мозга в области передней вырезки вместе с передней спинномозговой артерией,
- Центральное отверстие выстлано эпителиальными клетками канала,
- Вокруг канала бабочкой расположилось серое вещество,
- *Рога серого вещества разделяют белое вещество на задние, боковые и передние столбы,*
- *Белое вещество состоит из нервных волокон, главным образом толсто миелинизированных, которые проходят по спинному мозгу вверх и вниз. Волокна, идущие в..., или выходящих из определенной области головного мозга, пролегают вместе в виде тракта,*
- *Серое вещество содержит группы тел мультиполярных нейронов, нервных волокон, входящих и выходящих из серого вещества, и претерминальные ветви волокон, скудно миелинизованные, отсюда серый цвет свежего не окрашенного спинного мозга.*

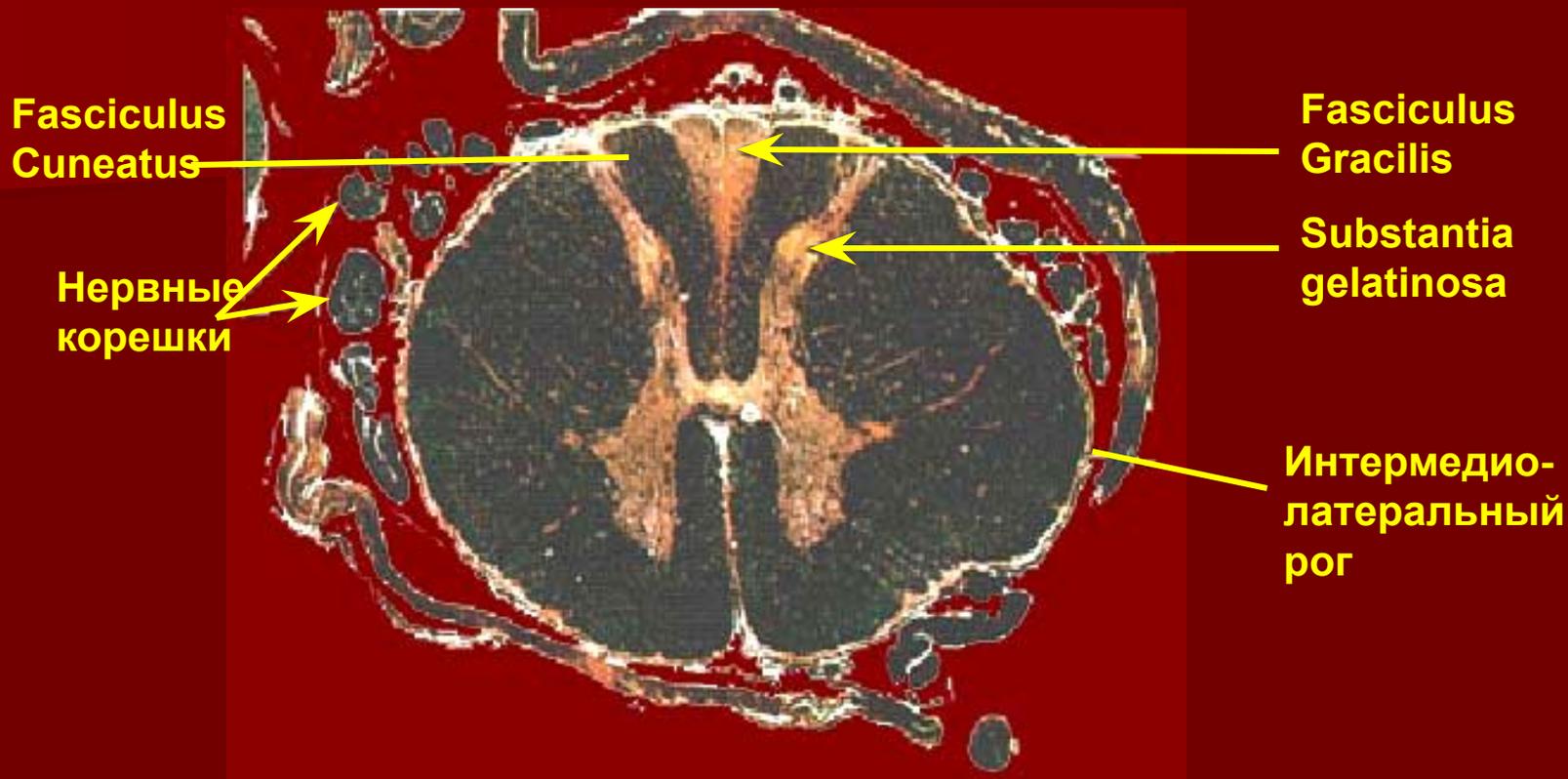


Раздел между серым и белым веществом в спинном мозге очевиден. Н&Е, х132

- Серое вещество содержит тела нейронов, много безмиелиновых волокон, небольшое количество миелиновых нервных волокон и массу клеток глии,
- Белое вещество содержит преимущественно миелиновые нервные волокна, однако безмиелиновые волокна также в нем присутствуют и поддерживают аксоны и дендриты, бегущие вверх и вниз по спинному мозгу.

- Глиальные клетки и кровеносные сосуды есть и в сером, и в белом веществе. Серое вещество лучше кровоснабжается, олигодендроглиоциты – главные клетки белого вещества.
- *Корешки нервных волокон входят в спинной мозг сзади и выходят из него спереди,*
- *substantia gelatinosa* лежит на самом краю заднего рога серого вещества,
- Мультipoлярные нейроны включают: мотонейроны, чьи аксоны выходят из спинного мозга и участвуют в образовании периферических нервов и иннервируют скелетные мышцы; а также вставочные нейроны с короткими аксонами/ - клетки Реншоу.

Повреждения спинного мозга, задний канатик, грудной отдел, окраска по Вейгерту-кармином, 9.4 ж.



Fasciculus gracilis: окрашен светлее, чем прилежащий fasciculus cuneatus, так как дегенерирующие миелиновые волокна fasciculus gracilis не окрашены. Это срез спинного мозга пациента с повреждением спинного мозга **ниже 6-го грудного сегмента**. Волокна, входящие в спинной мозг ниже этого уровня, образуют fasciculus gracilis. Волокна, входящие в спинной мозг выше уровня T₆, образуют fasciculus cuneatus, поэтому они и избегают дегенерации.

Спинальный мозг, первичный боковой склероз, окраска по Уэйлу, 8 ж.



Латеральный
кортико-
спинальный
тракт

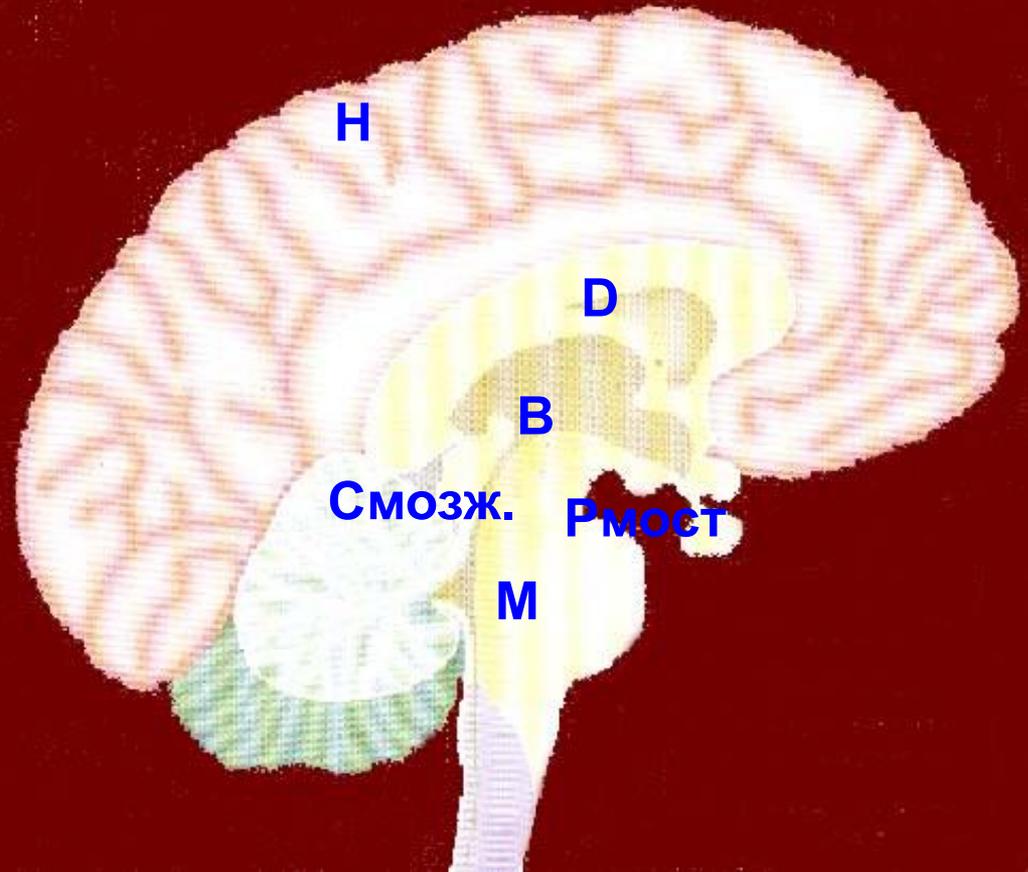
Этот метод окрашивает нормальные миелиновые волокна в черный цвет. Бледно окрашенный латеральный кортико-спинальный тракт, отличается от темно-окрашенных соседних участков. Эта селективная утрата миелиновых волокон в латеральных кортико-спинальных трактах характерна для первичного бокового склероза. Пациенты с этим заболеванием демонстрируют все признаки повреждений верхних двигательных нейронов (слабость, спастический синдром, гиперрефлексия, рефлекс Бабинского и клonus).

Анатомическая классификация головного мозга

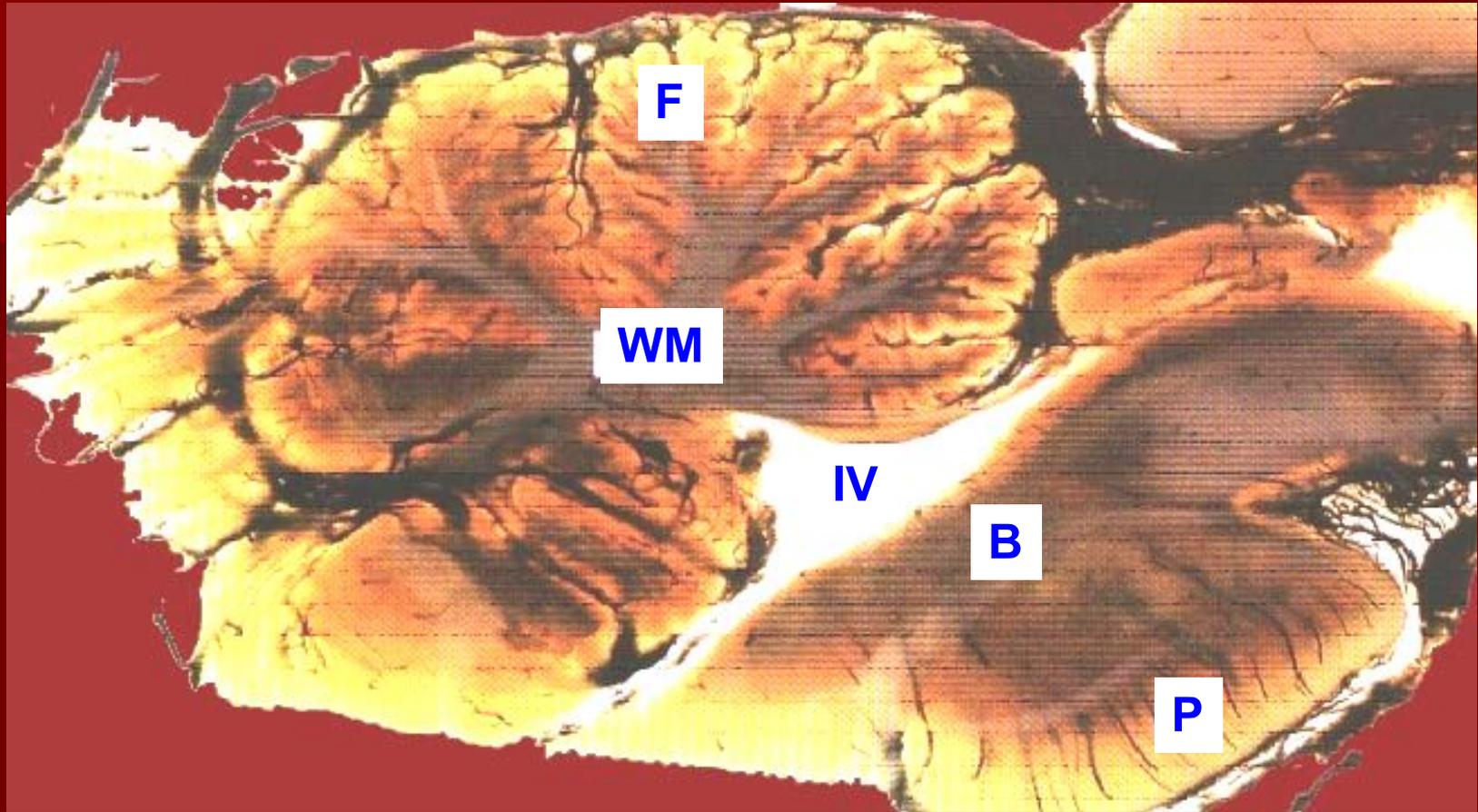
Н

Головной мозг (саггитальный срез) состоит из:

- Заднего мозга (мозжечок, продолговатый мозг, мост),
- Среднего мозга (важные ядра, включая substantia nigra),
- Переднего мозга (большие полушария, покрытые корой, промежуточный мозг с базальными ганглиями и таламусом).

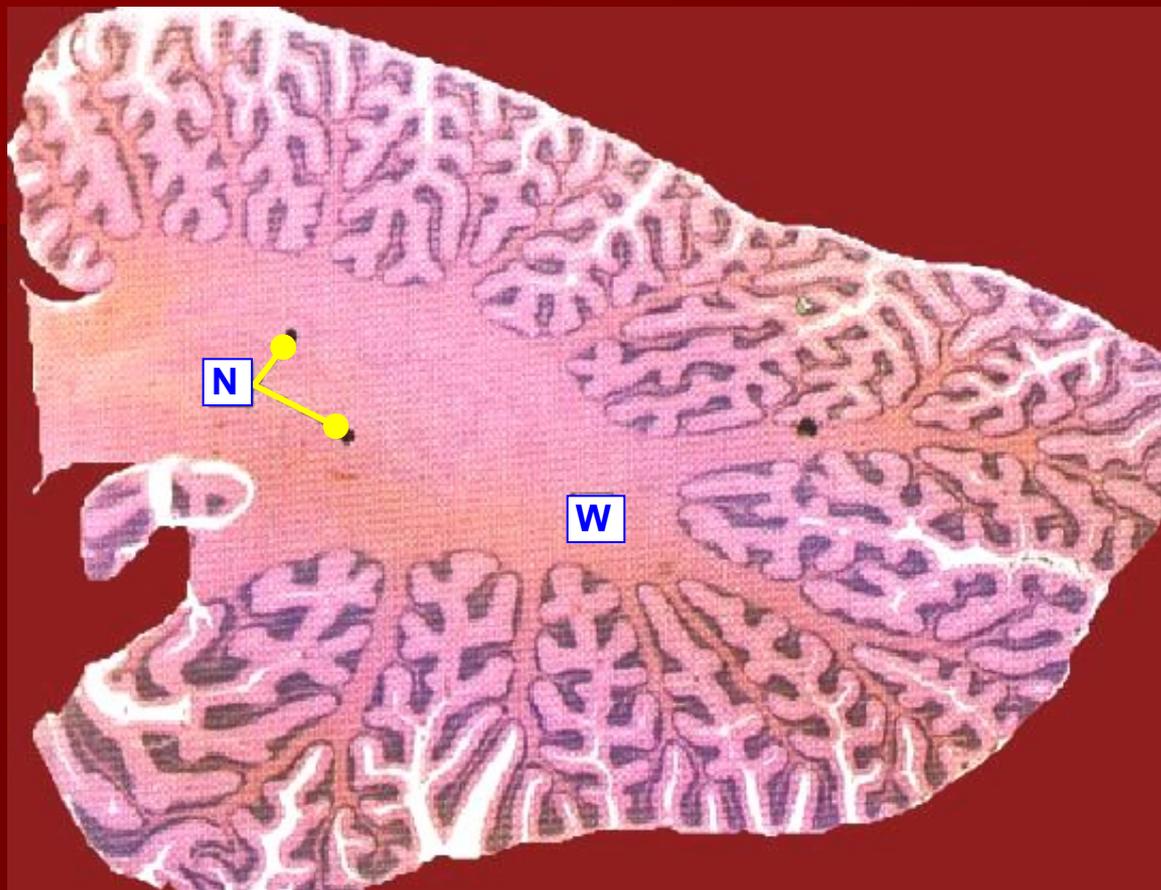


Мозжечок, серебрение, малое увеличение



Мозжечок – это выделяющаяся часть головного мозга (показана вместе с мостом, продолговатым мозгом и IV желудочком). В противоположность спинному мозгу, где серое вещество занимает центральное положение, в мозжечке и в большом мозге серое вещество распределяется по поверхности в виде коры (мозжечка или больших полушарий соответственно). Кора мозжечка ответственна за равновесие, мышечный тонус, координацию мышц.

Мозжечок, Н & Е, малое увеличение



Мозжечок характеризуется сложным рельефом своей коры, которая создает своеобразную картину «древо жизни».

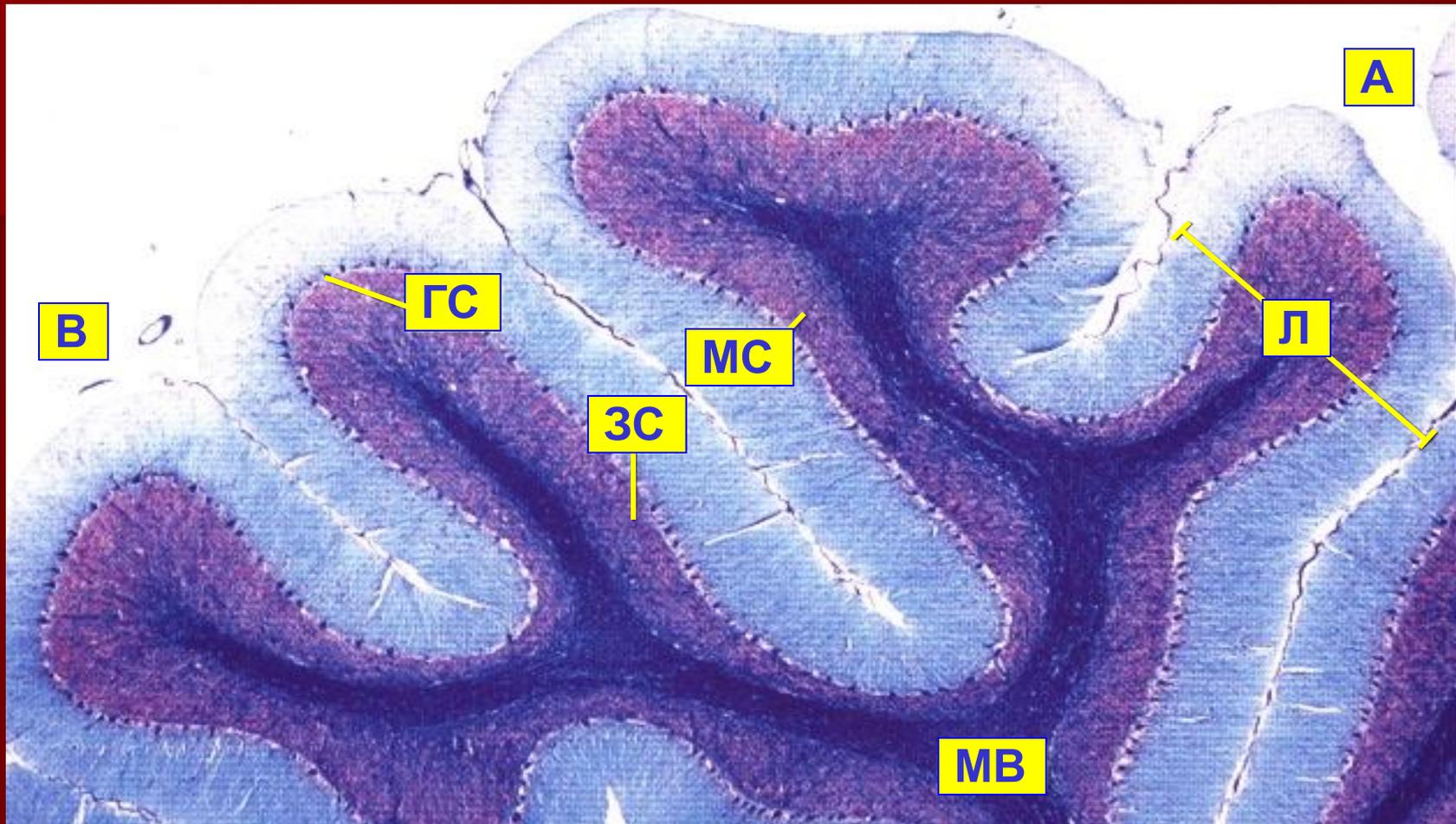
Благодаря сложному характеру складчатости площадь коры мозжечка составляет 1,5 кв.м, что составляет 75% поверхности коры, в то время как нейронов в коре мозжечка гораздо больше, чем в коре больших полушарий.

Мозжечок, серебрение, малое увеличение



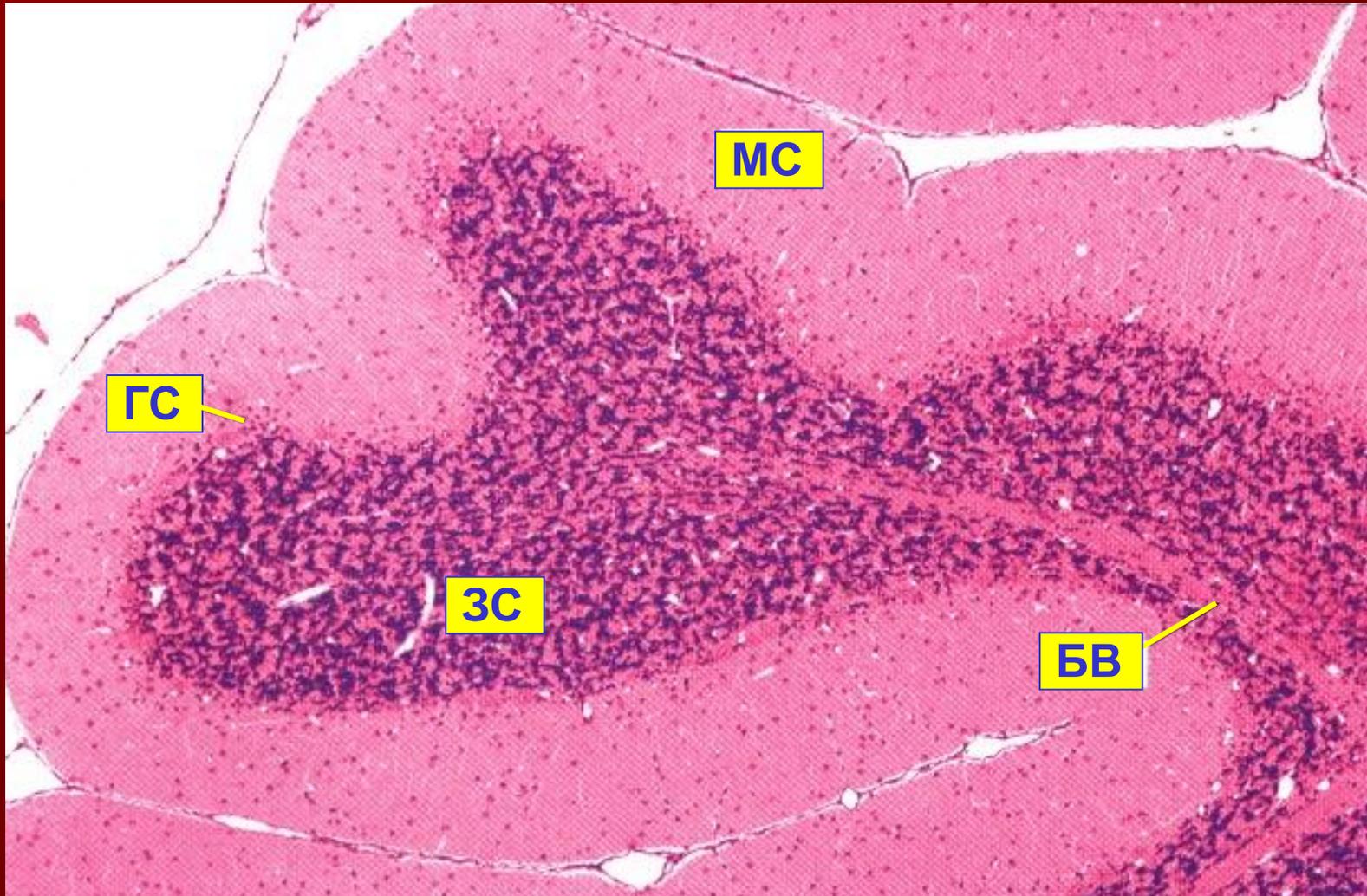
Листообразные складки коры мозжечка отделяются друг от друга бороздами и поддерживаются основанием из белого вещества (мозговое вещество).

Мозжечок, окраска люксомом прочным синим - крезилвиолетом



Мозговое вещество мозжечка представляет собой компактную массу белого вещества, которое продолжается между большими полушариями. В него погружаются глубокие ядра коры больших полушарий.

Мозжечок, Г.-Э., малое увеличение



Белое вещество содержит нервные волокна, несущие афферентные волокна в мозжечок и эфферентные волокна из мозжечка.

Мозжечок, поперечный срез, серебрение.



C.folium

Молекулярный
слой
Зернистый
слой

Клетки
Пуркинье

Мягкая
м. обо-
лочка
Белое в-во

Кора

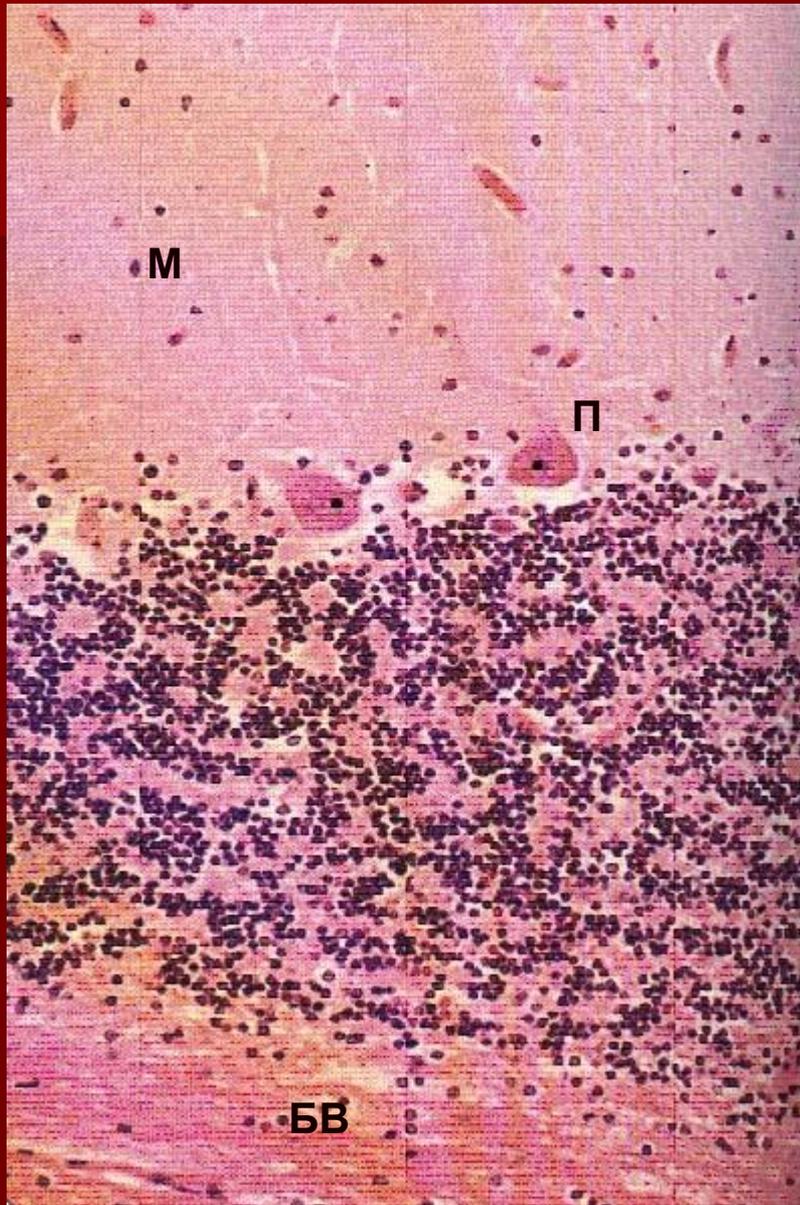
мозжечка

**Белое
веще-**

ство

Первые клетки различных типов размещены в трех слоях, параллельных покрывающей кору мягкой мозговой оболочке: наружный молекулярный, внутренний зернистый, граничащий с мозговым веществом, и прерывистый ганглионарный слой между ними, в котором содержатся клетки Пуркинье.

Мозжечок, Н & Е, х20.

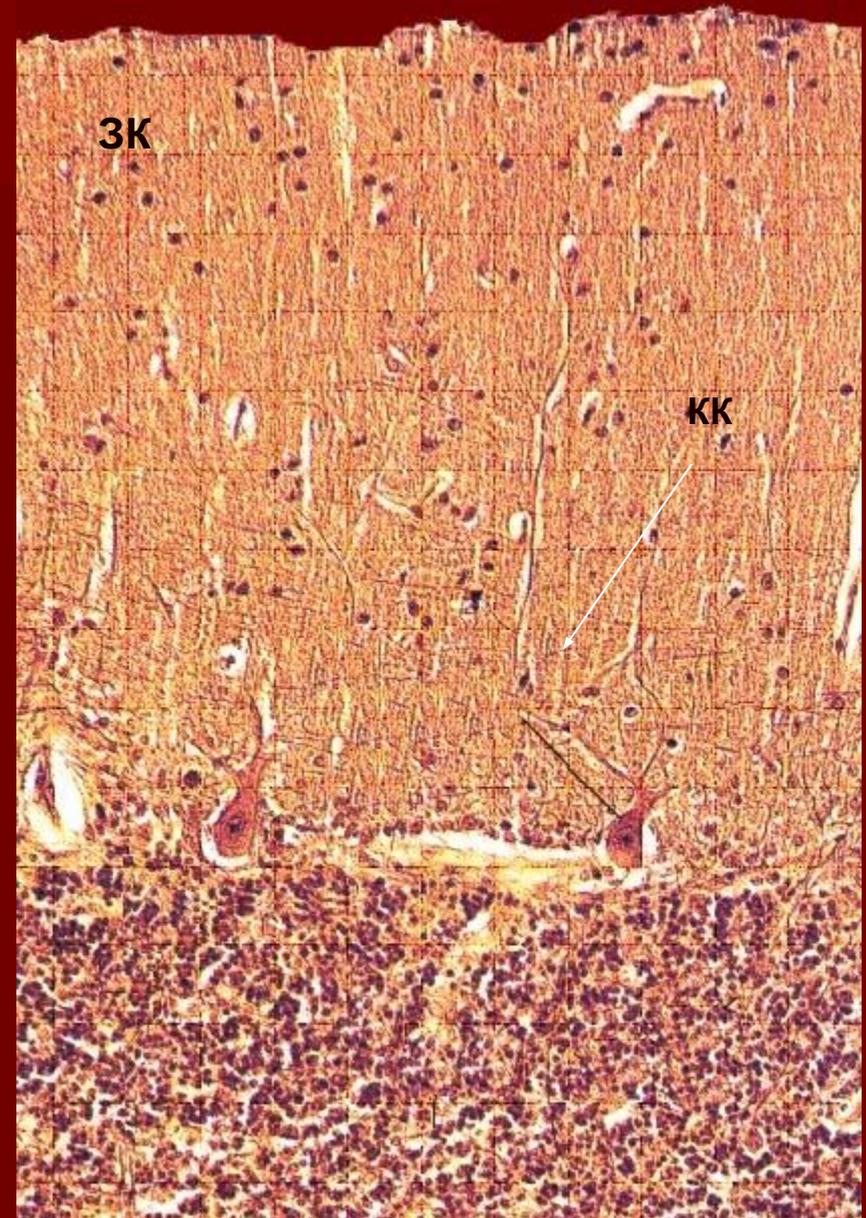


Молекулярный слой: это самый поверхностный слой. В нем не очень много нервных клеток, но много синапсов, образованных ими. Он, в основном, состоит из дендритов клеток Пуркинье, Гольджи, звездчатых и корзинчатых клеток, а также аксонов клеток-зерен.

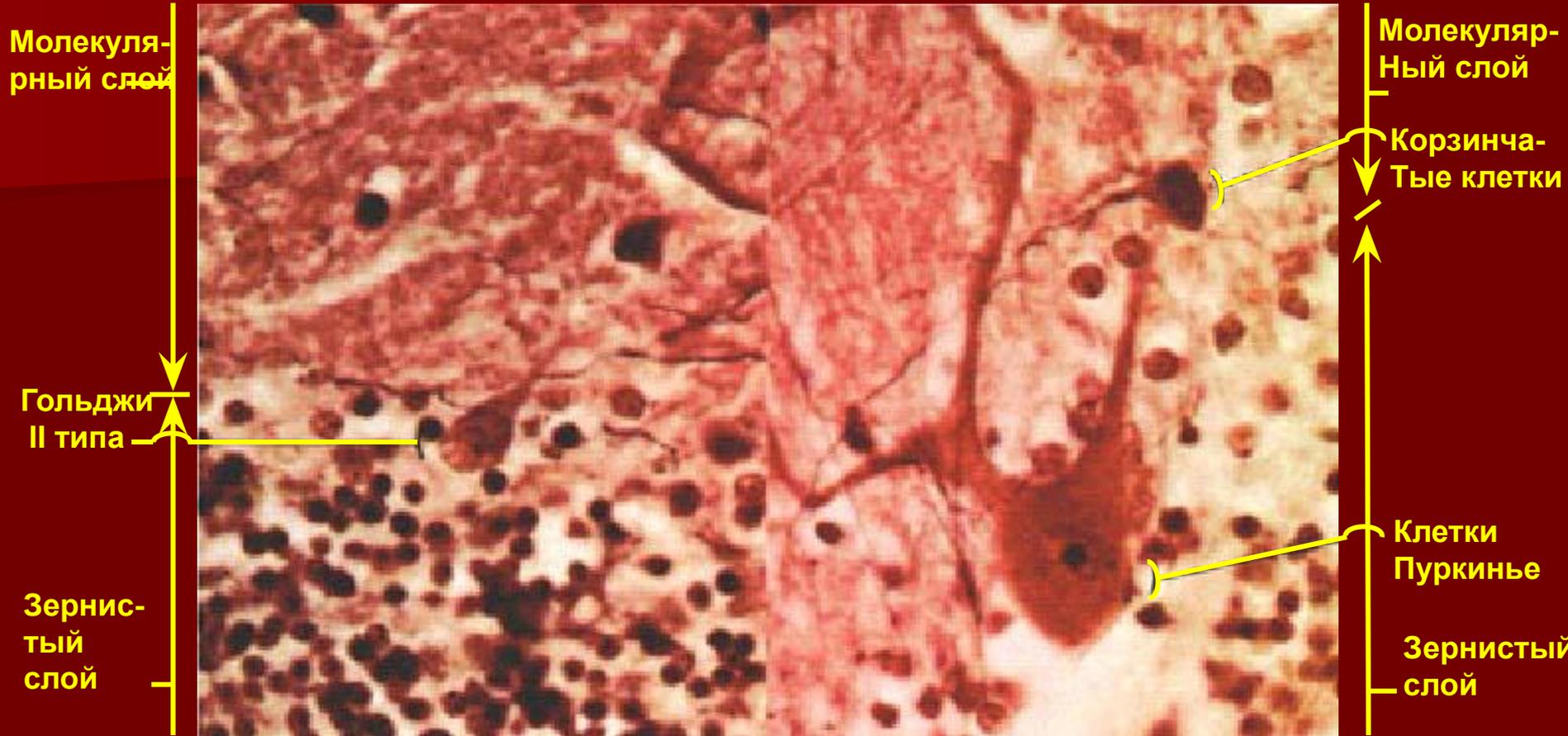
Звездчатые нейроны лежат выше корзинчатых и бывают двух типов-мелкие, образуют синапсы на дендритах грушевидных клеток. Крупные - имеют длинные и сильно разветвленные дендриты и нейриты. Ветви их нейритов соединяются с дендритами грушевидных клеток.

Мозжечок, серебрение, большое увеличение

Звездчатые клетки: Редко рассеянные клетки молекулярного слоя. Мелкие, с несколькими короткими ветвящимися дендритами, придающими телу клетки вид звезды, и тонкими безмиелиновыми аксонами, которые идут перпендикулярно поверхности и устанавливают синаптические контакты с дендритами клеток Пуркинье. Более крупные звездчатые клетки вблизи от клеток Пуркинье называются корзинчатыми.

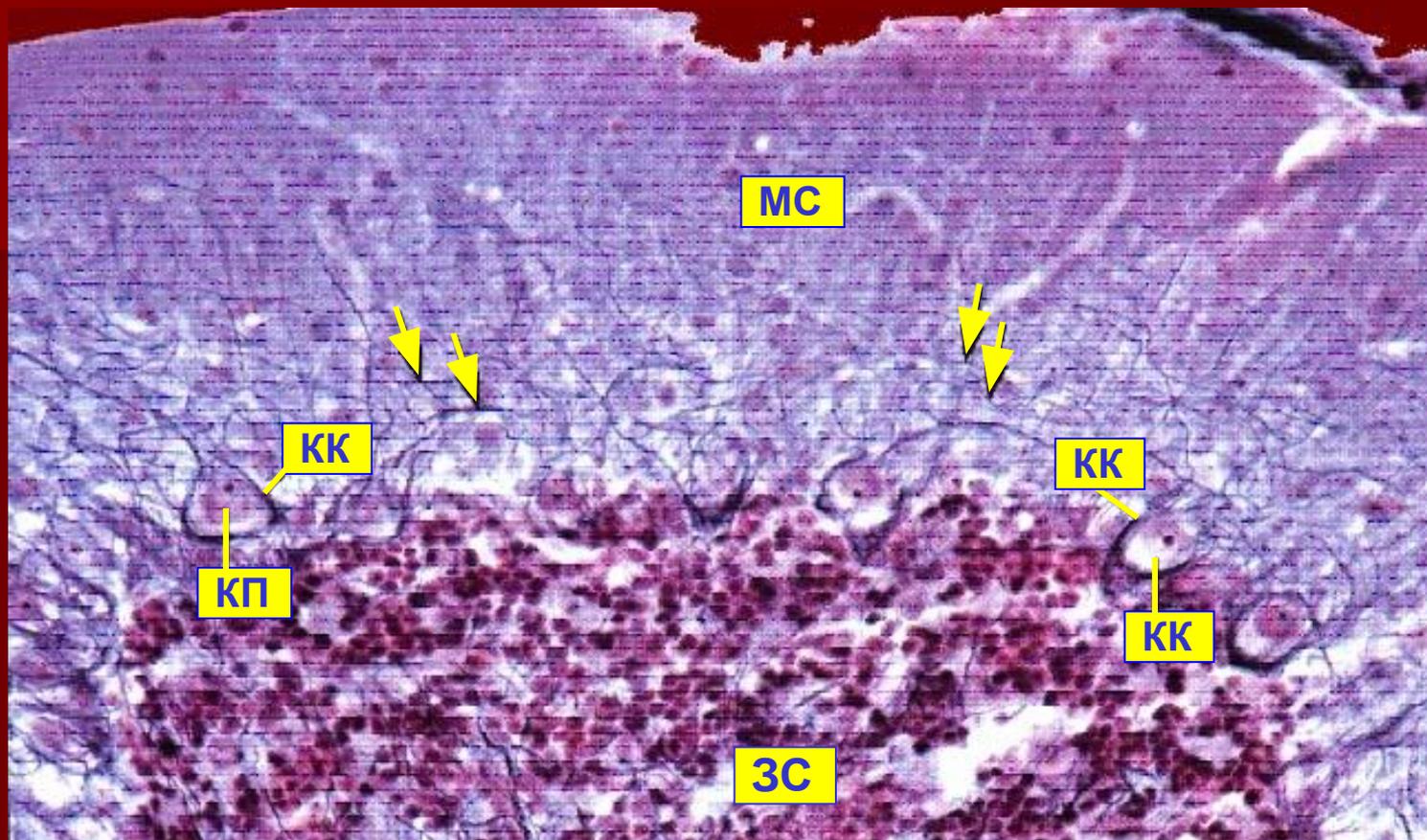


Мозжечок мыши, окраска по Бильшовскому, 612 х.



Корзинчатые клетки: особая разновидность звездчатых клеток молекулярного слоя, расположенных вблизи от клеток Пуркинью. Аксоны корзинчатых клеток идут перпендикулярно в молекулярном слое, отдавая коллатерали, образующие «корзинку» вокруг клеток Пуркинью.

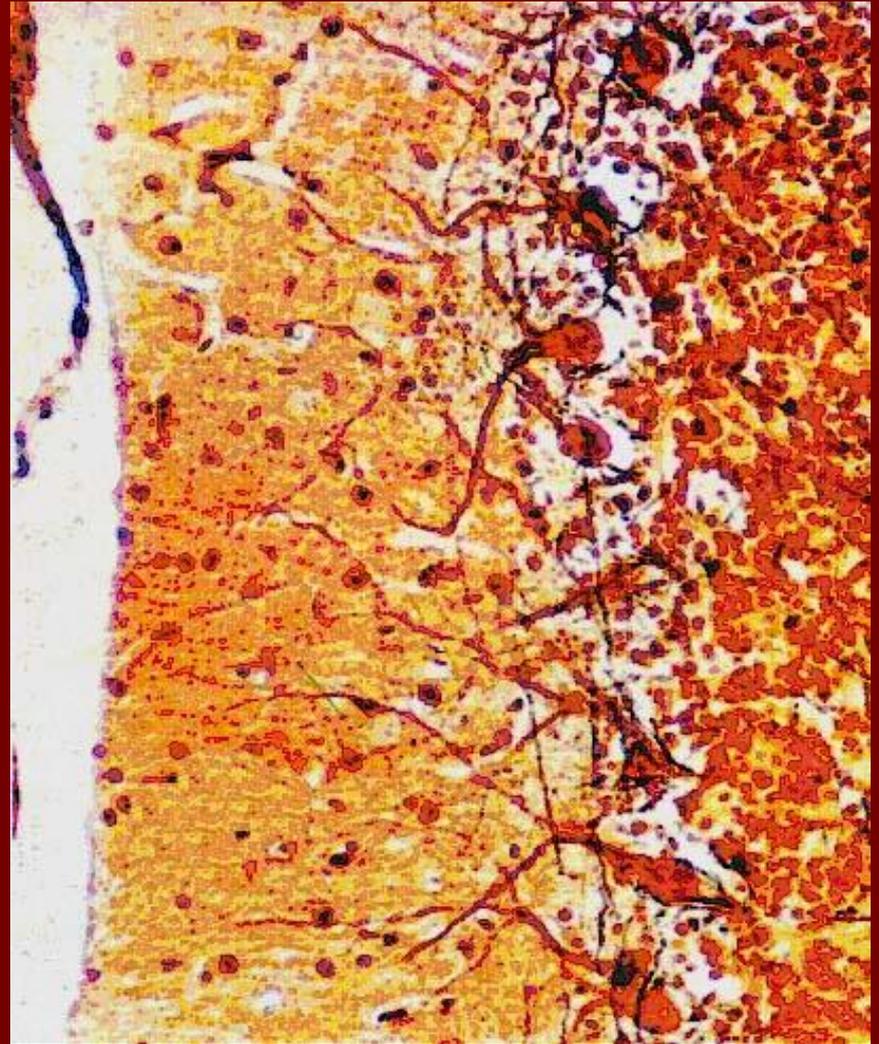
Кора мозжечка, большое увеличение



Корзинчатые клетки ингибируют функции Пуркинье клеток, влияя при этом на координацию мышечной активности во время произвольных движений (вместе со стимулирующими клетками-зернами). Они образуют синапсы с дендритами и проксимальной частью аксона клеток Пуркинье.

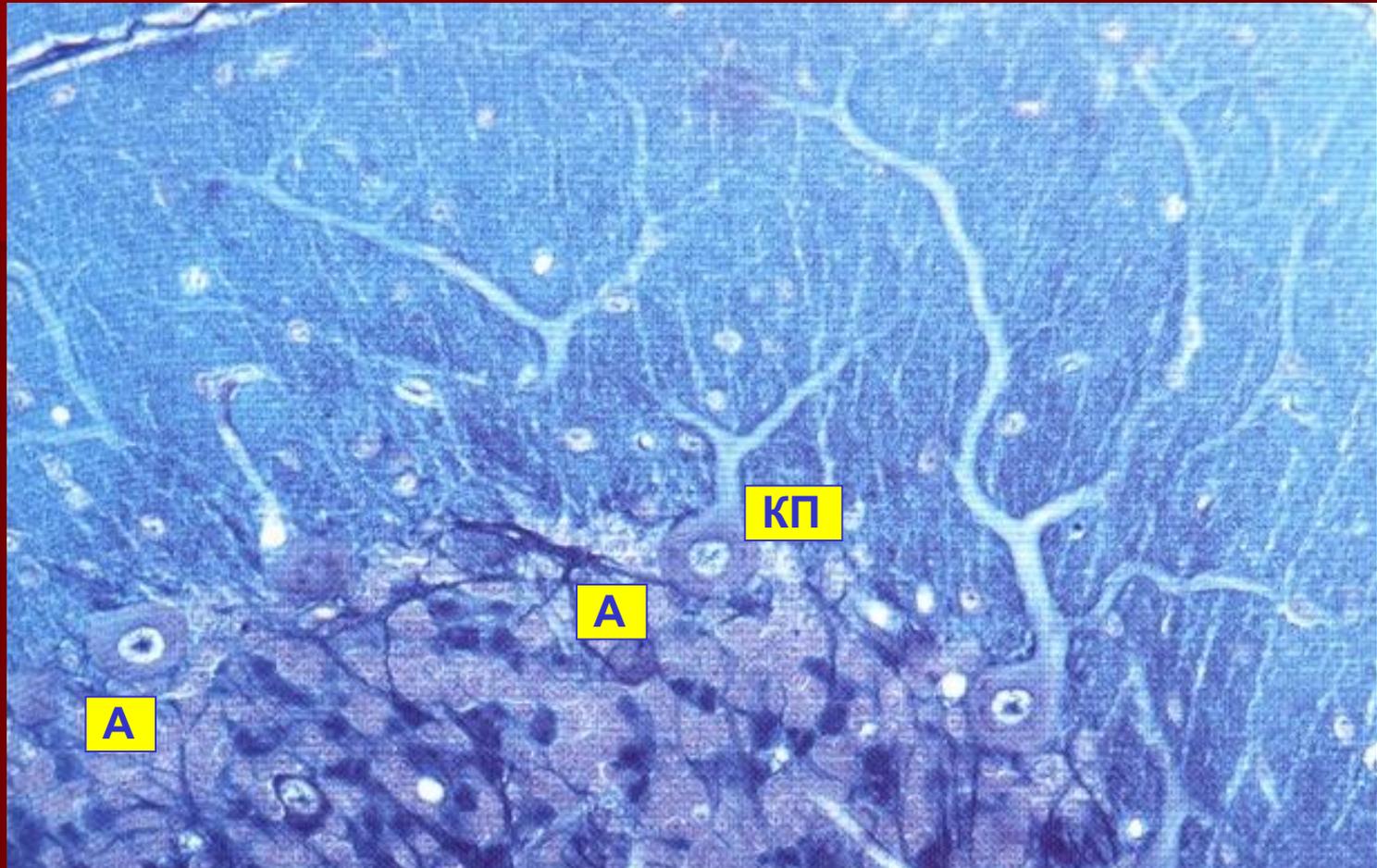
Мозжечок, серебрение **x 40.**

Ганглионарный слой: один слой крупных грушевидных (колбовидных) нейронов – клеток Пуркинье. Образует четкую границу между молекулярным и зернистым слоями. Их дендриты обильно ветвятся в молекулярном слое. Эти клетки названы в честь описавшего их в 1837 году богемского физиолога Яна Пуркинье.



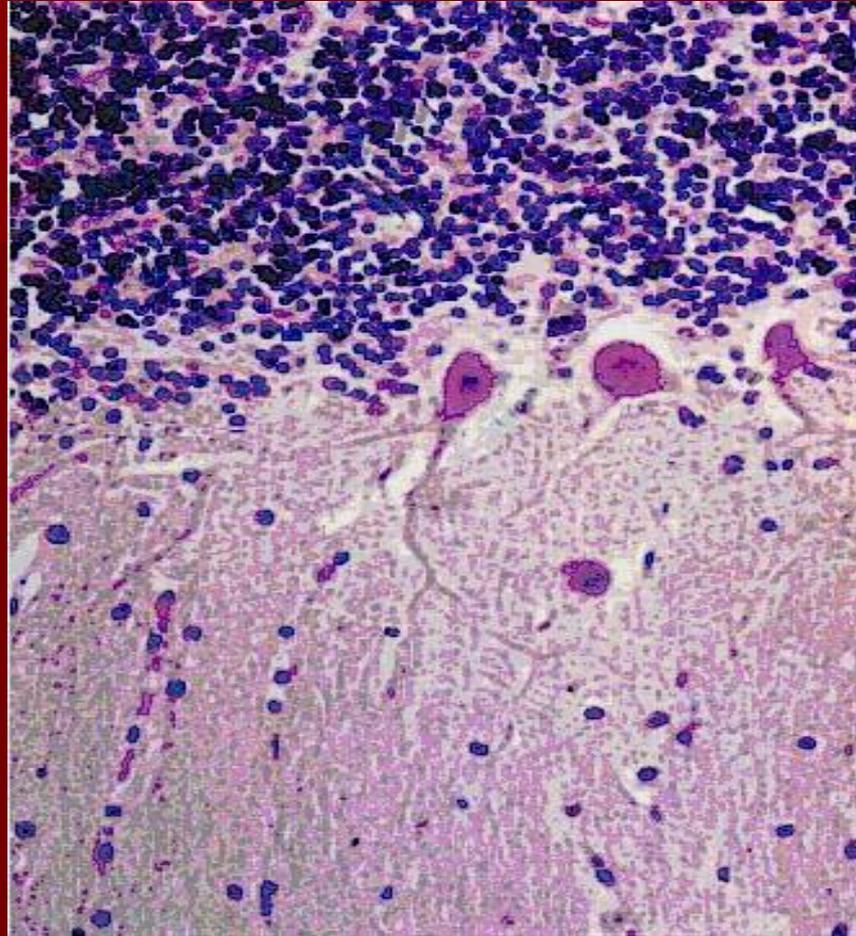
Клетка Пуркинье (грушевидный нейрон)

Мозжечок, кора, большое увеличение



Каждая клетка Пуркинье отдает 2-3 главных дендрита, направленных к поверхности мозжечка, которые обильно ветвятся в молекулярном слое. Это ветвление имеет вентиляторо-подобный характер, лопасти вентилятора направлены перпендикулярно к поверхности мозжечка.

Мозжечок, кора, Н & Е.



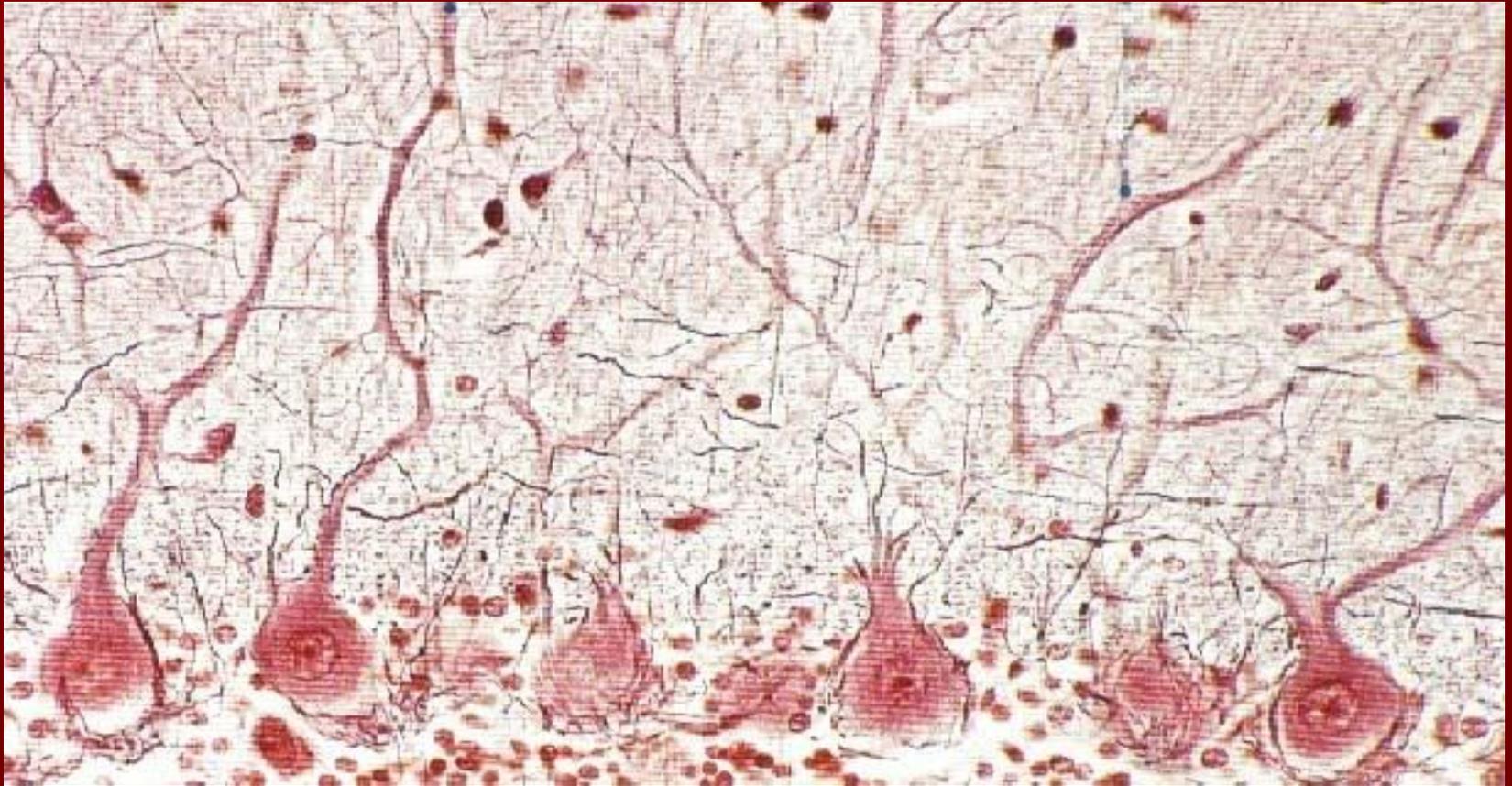
Клетка Пуркинье: их аксоны проходят через зернистый слой и входят в мозговое вещество. Эти нервные волокна – начало эфферентного пути из мозжечка. Они простираются глубоко к ядрам мозжечка или к экстрамозжечковым (вестибулярным) центрам.

Мозжечок, кора, окраска по Рэнсону, 612 х.



Дендриты клеток Пуркинье и лазающие волокна идут параллельно друг другу. Последние оказывают возбуждающее действие на клетки Пуркинье. Лазающие волокна выглядят как тонкие черные линии на более толстом окрашенном в коричневый цвет дендрите клетки Пуркинье.

Кора мозжечка, серебрение, большое увеличение



Каждая клетка Пуркинье получает тысячи возбуждательных и ингибирующих синапсов, которые она должна интегрировать, чтобы выработать правильный ответ. Клетка Пуркинье – это единственная клетка коры мозжечка, которая посылает информацию наружу. Это всегда тормозящие импульсы, для передачи которых используется ГАМК в качестве нейротрансммиттера.

Мозжечок, окраска по Рэнсону, 612 х.

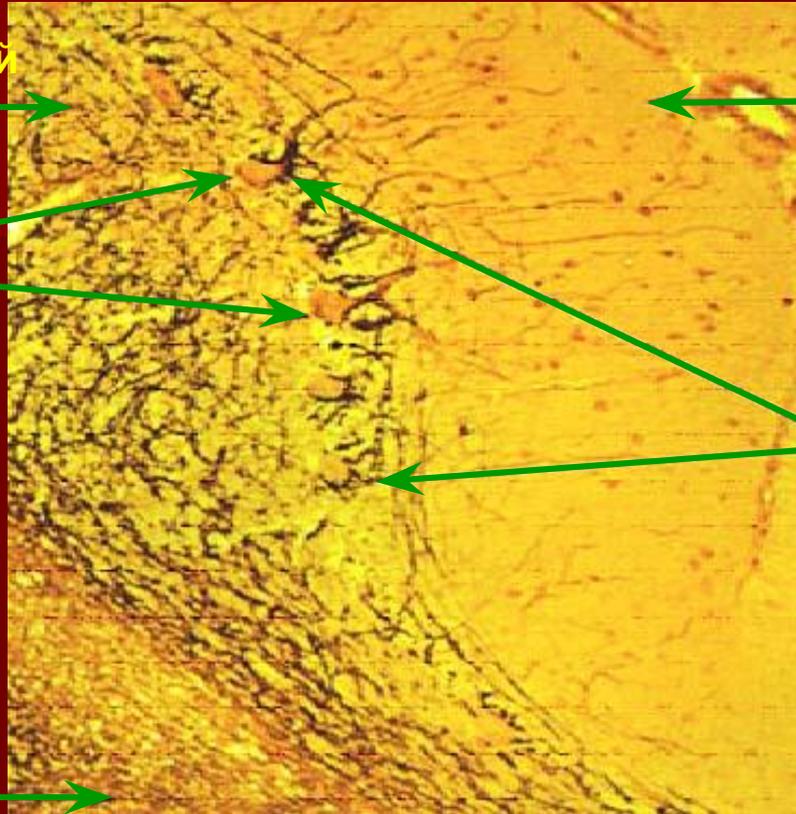
Зернистый слой

Молекулярный слой

Клетки
Пуркинье

Отростки
корзинчатых
клеток

Мозговое
вещество



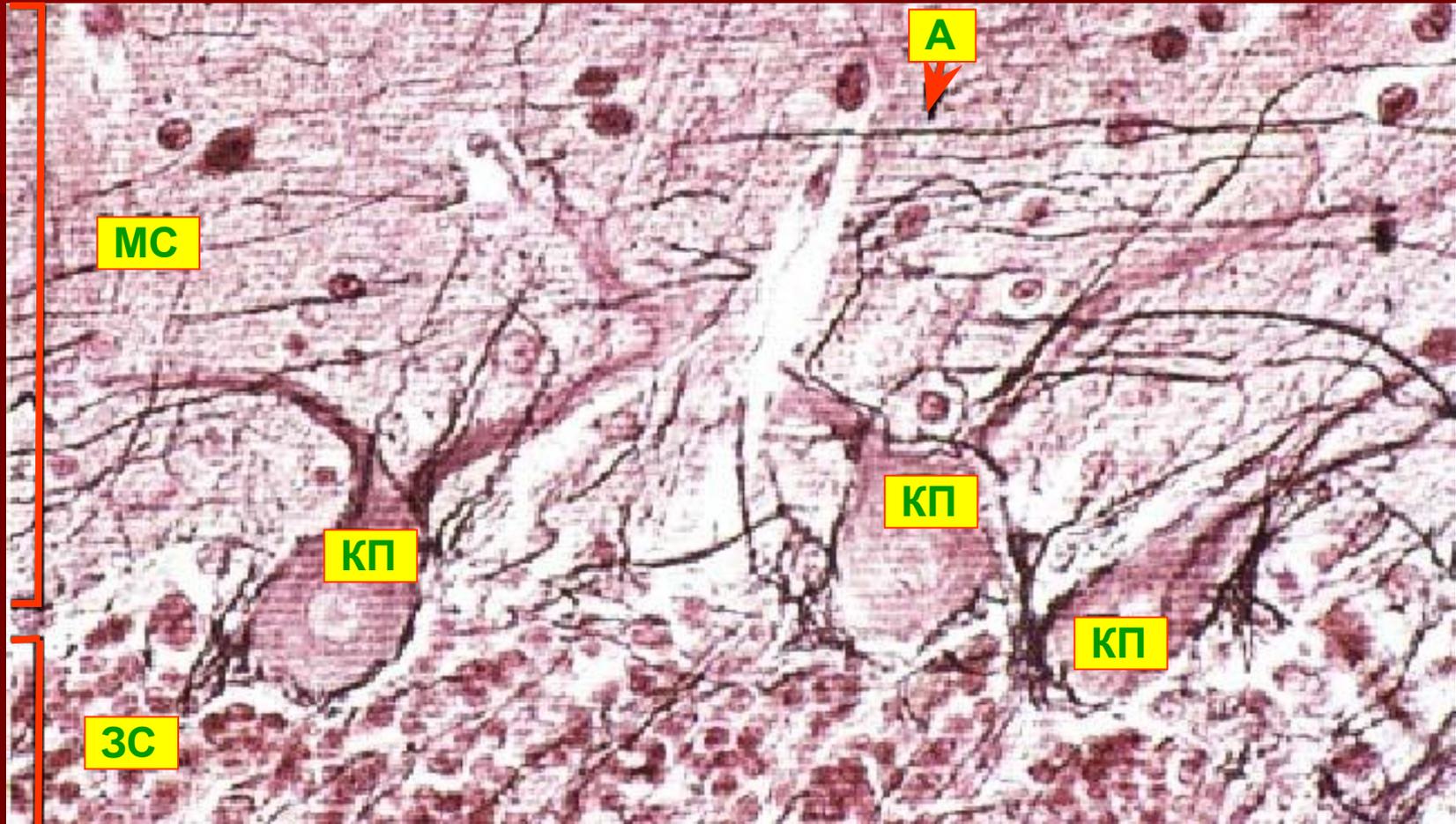
Зернистый слой: Получает афферентные импульсы, приходящие в мозжечок по моховидным волокнам (моховидные волокна являются терминалями всех волокон, входящих в мозжечок, за исключением **оливо-церебеллярного тракта**, представленного лазящими волокнами. Содержит сеть, образованную отростками клеток-зерен и клеток Гольджи II типа, а также моховидными афферентными волокнами (Черным окрашены ветвящиеся аксоны корзинчатых клеток, образующих корзинку вокруг клеток Пуркинье).

Кора мозжечка, серебрение, большое увеличение



Зернистый слой: в свою очередь клетки-зерна посылают аксоны в молекулярный слой, где каждый из них делится на две ветви, которые идут горизонтально через слой, образуя параллельные волокна, образуя таким образом, десятки тысяч синапсов с дендритами клеток Пуркинье.

Мозжечок, окраска по Бильшовскому-нейтральным красным, 612 х.



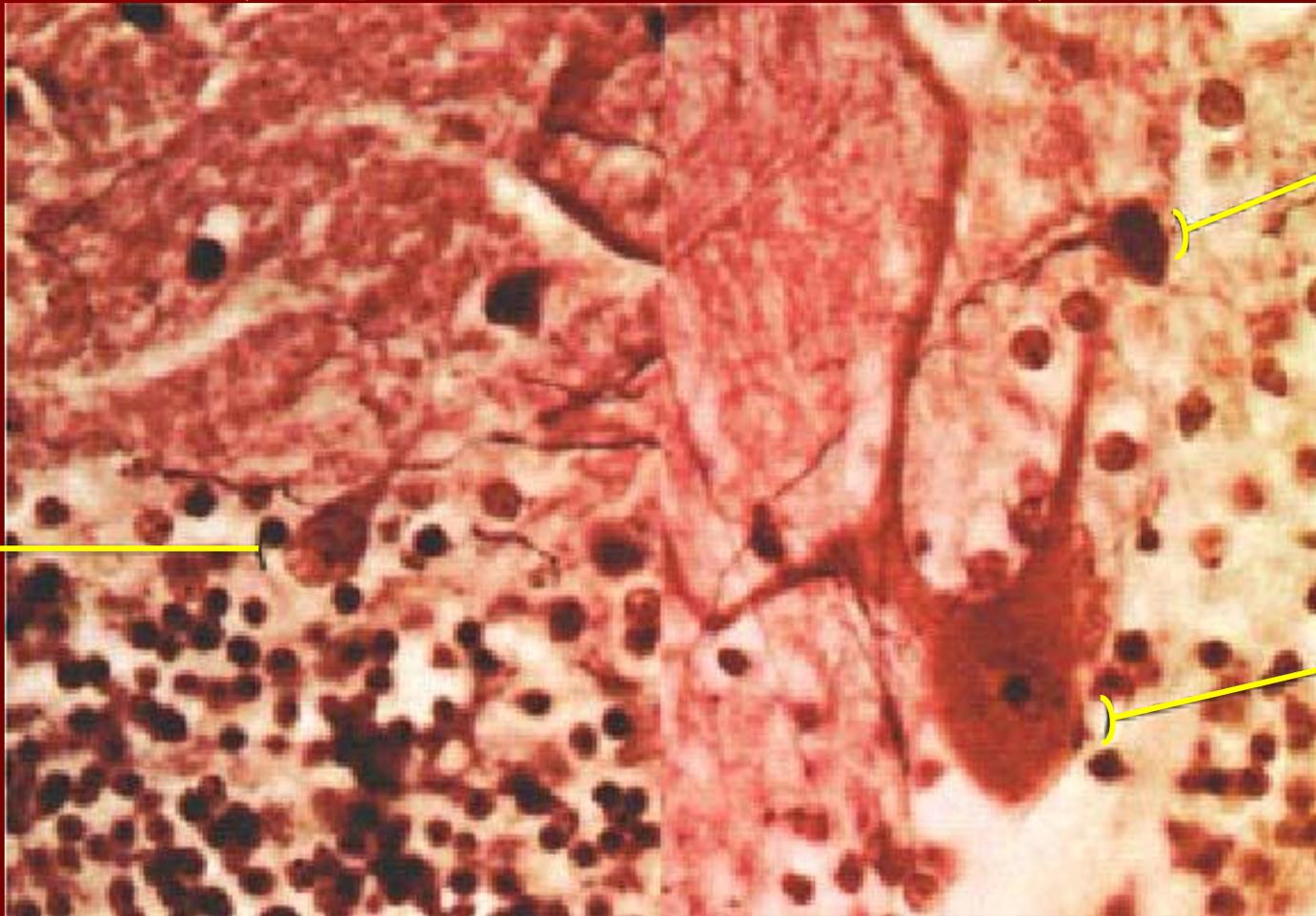
Параллельные волокна клеток-зерен: Аксоны (А) клеток-зерен поднимаются вверх из зернистого слоя в молекулярный слой, образуя синапсы не только с дендритами нескольких клеток Пуркинье, но и с дендритами корзинчатых, звездчатых клеток и клеток Гольджи II типа

Мозжечок мыши, окраска по Бильшовскому, 612 х.

Молекулярный слой

Гольджи II типа

Зернистый слой



Молекулярный слой

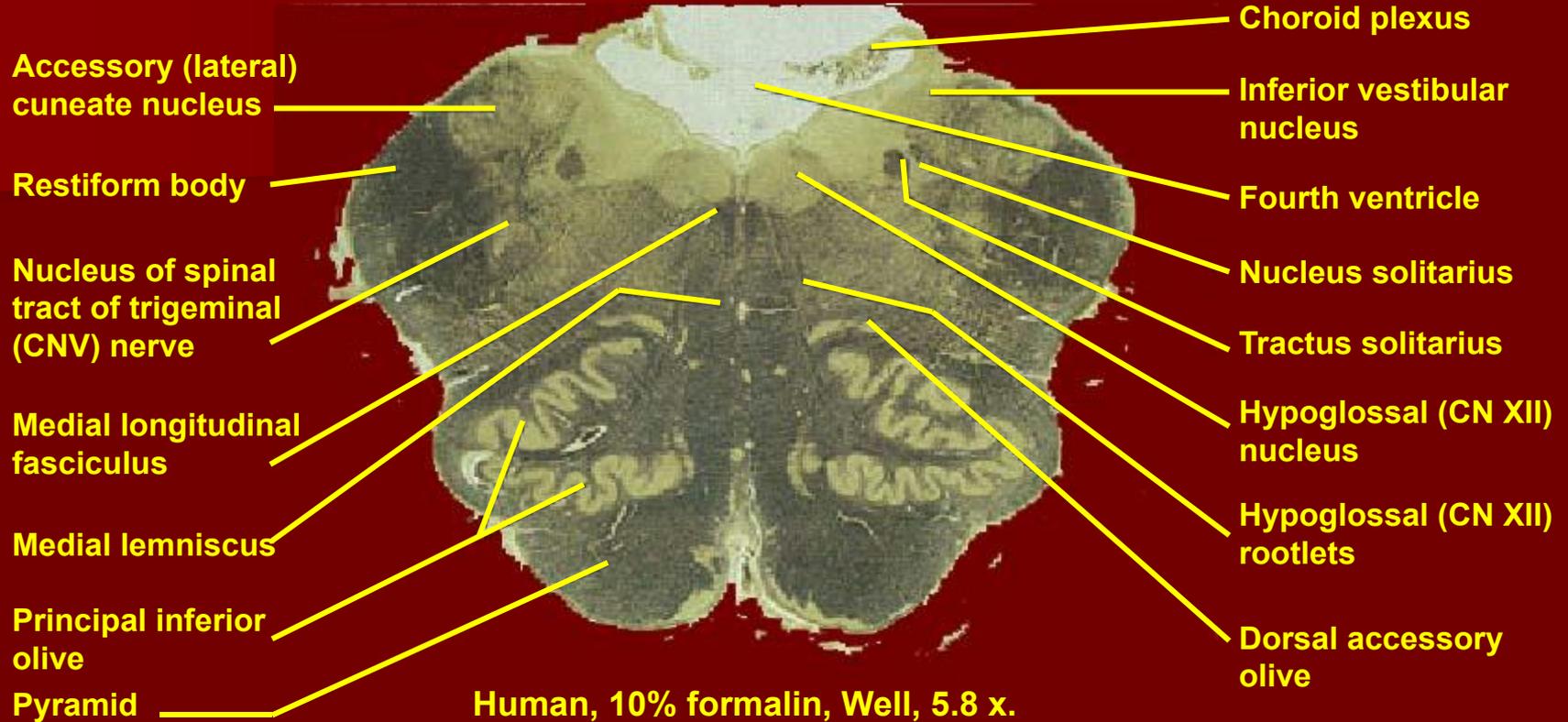
Корзинчатая клетка

Клетка Пуркинье

Зернистый слой

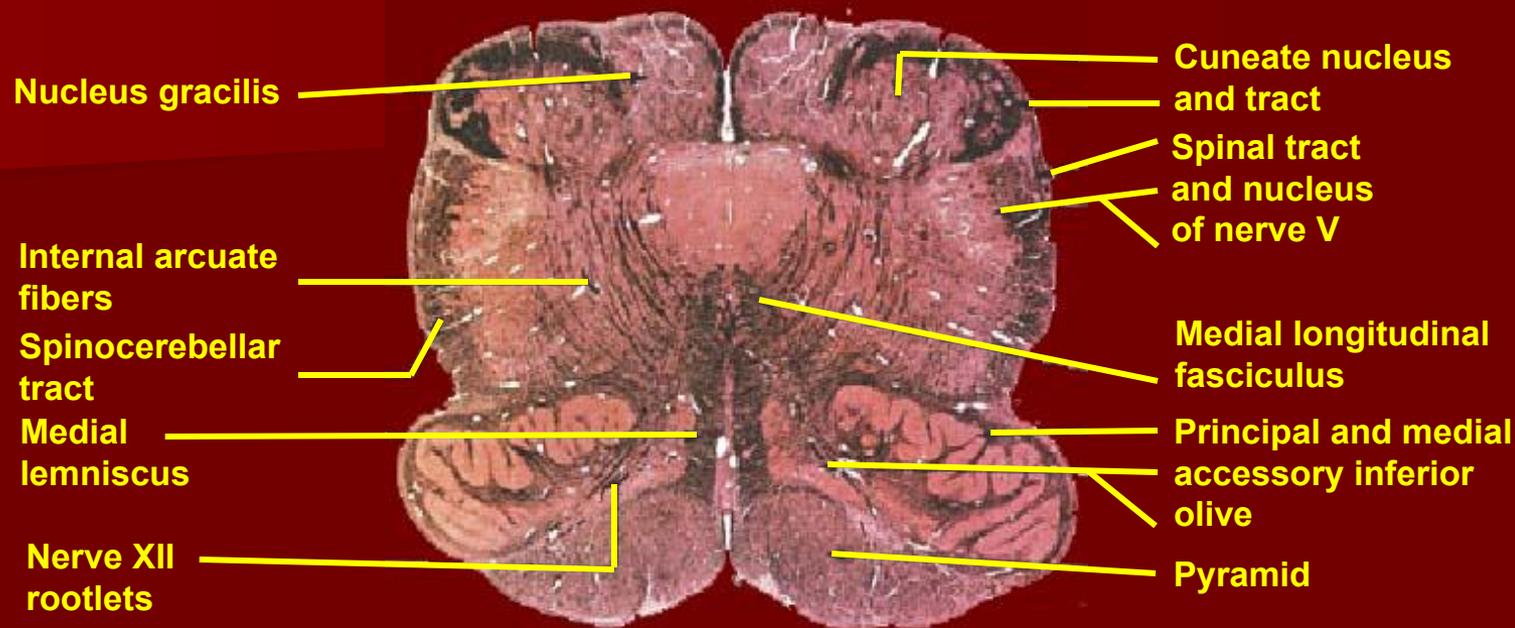
Клетки Гольджи II типа: находятся в верхней части зернистого слоя вблизи от слоя клеток Пуркинье. Они крупнее, чем клетки-зерна. Дендриты их обильно ветвятся в молекулярном слое. Аксоны образуют синапсы с дендритами клеток-зерен в «клубочках» зернистого слоя. На 10 клеток Пуркинье приходится 1 клетка Гольджи II типа.

Продолговатый мозг человека, фронтальный срез через нижнюю оливу, окраска по Уэллу, 5.8х.



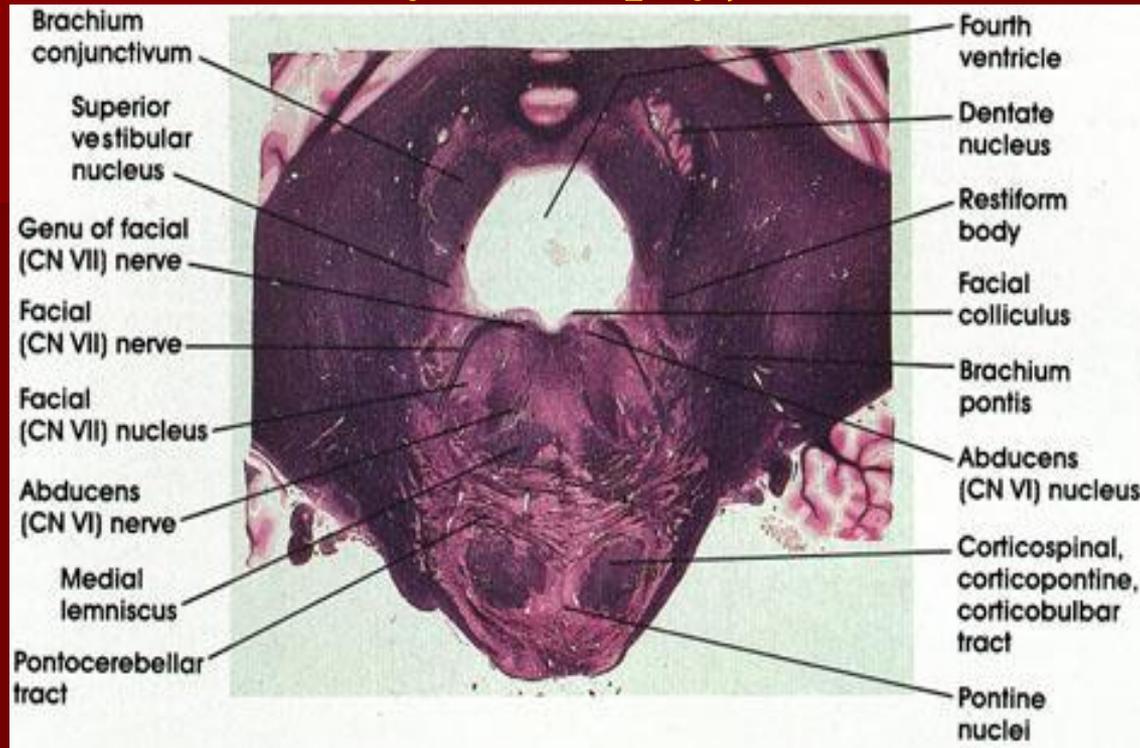
Продолговатый мозг – это самая дистальная часть ствола мозга. Его верхняя часть открыта (открыт IV желудочек), а нижняя часть закрыта (IV желудочек закрывается, становясь узким центральным каналом, продолжающимся в спинной мозг). Наиболее очевидная деталь верхней части продолговатого мозга – это ядро нижней оливы с характерной сборчатой внешностью. К нему прилежат дорсальное и медиальное добавочные ядра, образующие вместе комплекс нижней оливы.

Продолговатый мозг, фронтальный срез через нижнюю оливу, Окраска по Пэлу-Вейгерту и кармином, 7 ж.



Ядра комплекса нижней оливы переключают центральные и спинальные афферентные импульсы на кору мозжечка. Ниже располагается пирамида, сильно миелинизированная система двигательных волокон. Представляет собой нисходящие волокна из коры больших полушарий, которые проходят через внутреннюю капсулу, ножку мозга и мост, прежде чем попасть в мозговые пирамиды. Волокна в пирамиде подвергаются частичному перекресту в двигательном перекресте, давая начало латеральному кортико-спинальному тракту. Подсчитано, что у человека примерно 1 миллион волокон присутствует в каждой пирамиде.

Мост, лицевой и отводящий нерв, фронтальный срез, окраска по Пэлу-Вейгерту, 2.2 ж.

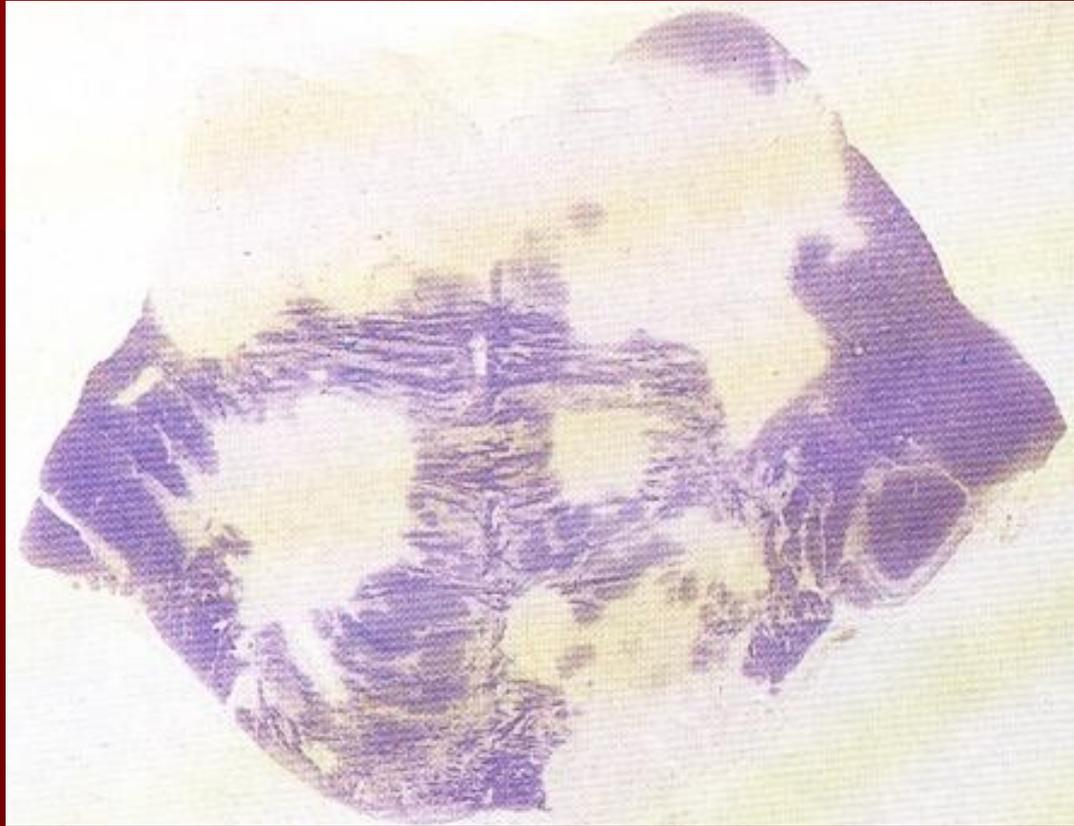


Brachium conjunctivum: Известен также как верхняя ножка мозжечка. Наиболее важная система эфферентных волокон глубоких ядер мозжечка.

Понто-церебеллярный тракт: Продолжение той же структуры, видимой на более каудальном уровне. Оксоны ядер моста направляются в мозжечок.

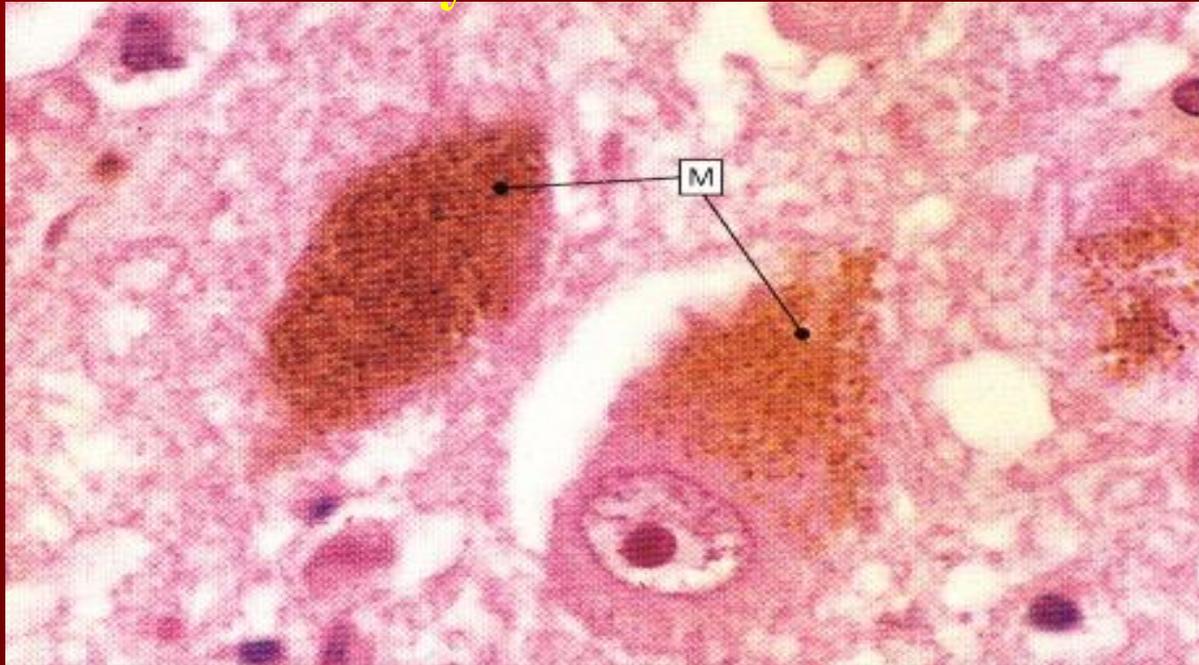
Ядра моста: Рассеяны между понто-церебеллярными волокнами и кортико-спинальными, кортико-понтинными и кортику-бульбарными волокнами. Являются переключателями импульсов между корой больших полушарий и мозжечком.

Мост, множественный склероз



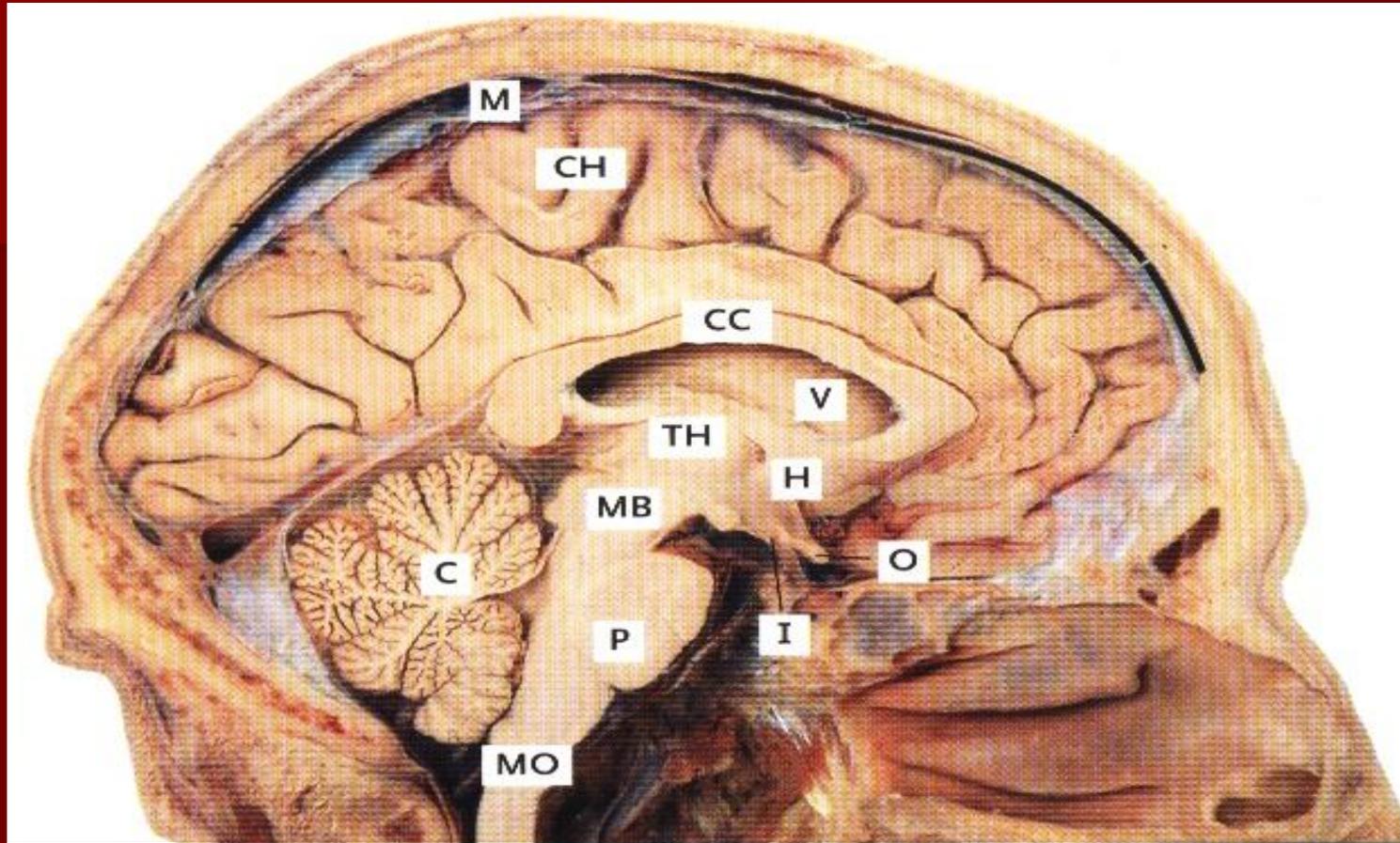
Миелин ЦНС является мишенью для атак иммунной системы при заболевания неизвестной этиологии – множественном склерозе. Разрушение миелина приводит к серьезному поражению НС: параличам, потере чувствительности и/или нарушению координации движений в зависимости от стороны поражения. На срезе крупные неокрашенные бляшки – области разрушения миелина.

Средний мозг. **Substantia Nigra. Н & Е.** Большое увеличение.



Substantia nigra – это крупная масса серого вещества, простирающаяся по всему среднему мозгу. Ее легко узнать по черного цвета пигменту, давшему структуре ее название. Нейроны содержат пигмент нейромеланин (остаточный продукт нормальной метаболической активности). Нейроны также содержат нейротрансмиттер допамин, который ответственен за координацию, точность и плавность движений. Деструкция этих клеток приводит к развитию болезни Паркинсона, которая характеризуется ригидными медленными движениями и тремором. Эти симптомы могут быть сглажены введением препарата L-ДОФА, предшественника допамина, который проходит через гемато-энцефалический барьер.

АРХИТЕКТОНИКА ГОЛОВНОГО МОЗГА



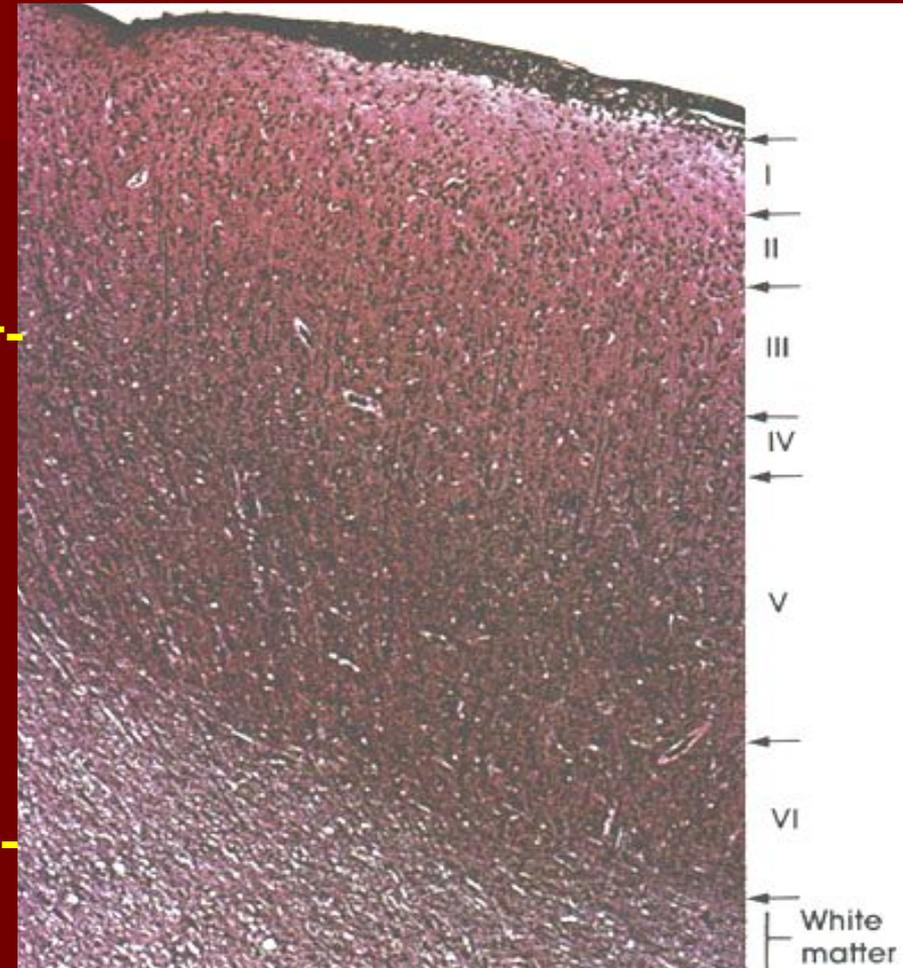
Саггитальный срез головного мозга, демонстрирующий мозговые оболочки (М), большие полушария (СН) со складками серого вещества – извилины – и бороздами между ними, мозолистое тело (СС), боковой желудочек (V), таламус (ТН), гипоталамус (Н), оптический нерв (О), гипофизарная ножка (I, отрезана), средний мозг (МВ), мост (Р), продолговатый мозг (МО), мозжечок (С).

Кора больших полушарий, постцентральная извилина, серебрение, 49 х.

Слоистость – главная характерная черта коры больших полушарий. В неокортексе выделяют 6 горизонтальных слоев. Слои различаются по типу, плотности и организации клеток. Шесть слоев от поверхности до белого вещества: I-молекулярный слой, самый поверхностный, содержит дендриты и аксоны кортикальных нейронов, образующие синапсы друг с другом.

Серое вещество

Белое вещество



Редкие ядра принадлежат глиальным клеткам или случайным горизонтальным клеткам Кахала.

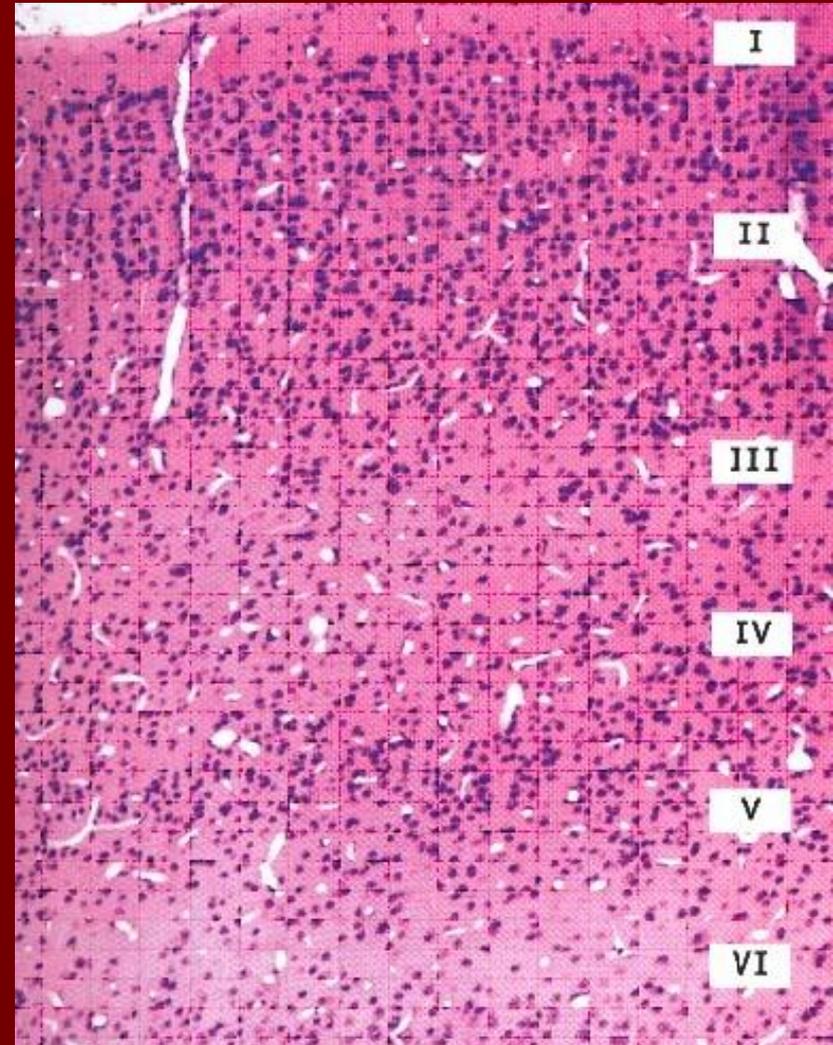
Кора больших полушарий, Н & Е, малое увеличение

Вертикальный срез сомато-сенсорной коры – париетальная доля, занимающая большую часть постцентральной извилины (связана с первичной обработкой тактильной информации и проприоцептивной информации – чувство положения). Каждый слой имеет характерные нейроны с особыми функциями и уникальными соединениями. Сигнал вначале попадает в 4-ой слой (например, от таламуса), а затем распространяется апикально и базально.

II. Наружный зернистый слой : плотно упакованные мелкие нейроны.

III. Пирамидный слой: состоит в основном из пирамидных нейронов, многочисленных зернистых нейронов и клеток Мартинотти.

V. Внутренний зернистый слой: состоит главным образом из плотно упакованных звездчатых клеток.



Кора больших полушарий, серебрение

Показана сложность хода дендритов и образование связей внутри слоев и между слоями. Толстые дендриты пирамидных клеток V слоя простираются до I слоя, где они в конечном счете раздваиваются. Вертикальная организация представляет собой колонки клеток (до 10,000 тел нейронов в одной колонке) – функции каждой колонки связаны с определенным ощущением, таким как рецепция натяжения мышц, рецепция с волос или сухожилий и проч.



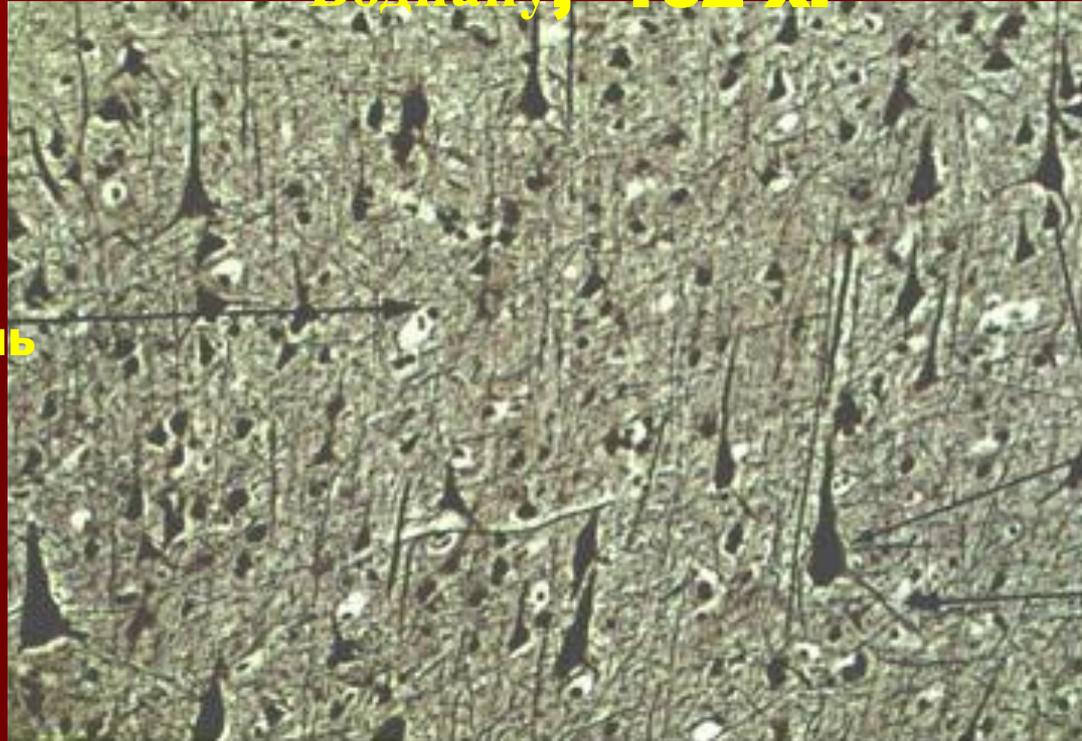
V. Внутренний пирамидный или ганглионарный слой: состоит из средних и крупных пирамидных клеток, перемежающихся с зернистыми клетками.

VI. Полиморфный слой (веретенообразных клеток): содержит различные типы нейронов.

Белое вещество: содержит входящие и исходящие нервные волокна.

Кора больших полушарий

Двигательная зона, прецентральная область, серебрение по Бодиану, 162 х.



Апикальные дендриты

Нейропиль

Пирамидная клетка

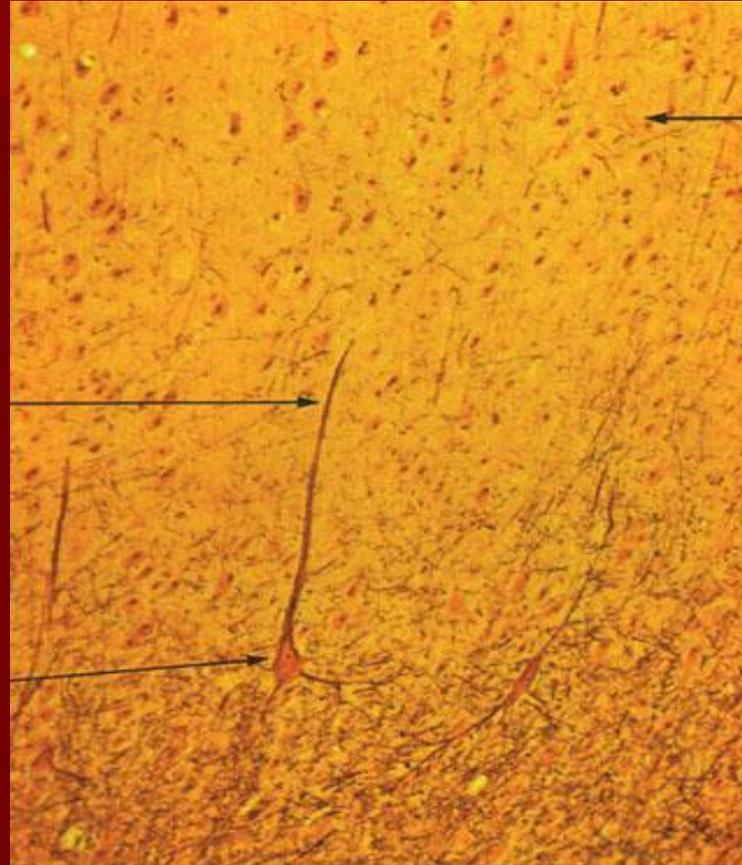
Базальный дендрит

Пирамидные клетки: характерны для коры больших полушарий. Вершин клетки направлена к поверхности коры – это апикальный дендрит. Горизонтально ориентированные базальные дендриты также отходят от тела клетки. Размеры пирамидных клеток варьируют от 10 to 100 мкм). Самые крупные пирамиды расположены в двигательной коре, в ганглионарном слое (клетки Беца).

Двигательная кора, (область 4), клетки Беца, окраска по Рансону, 162 х.

Апикальный дендрит

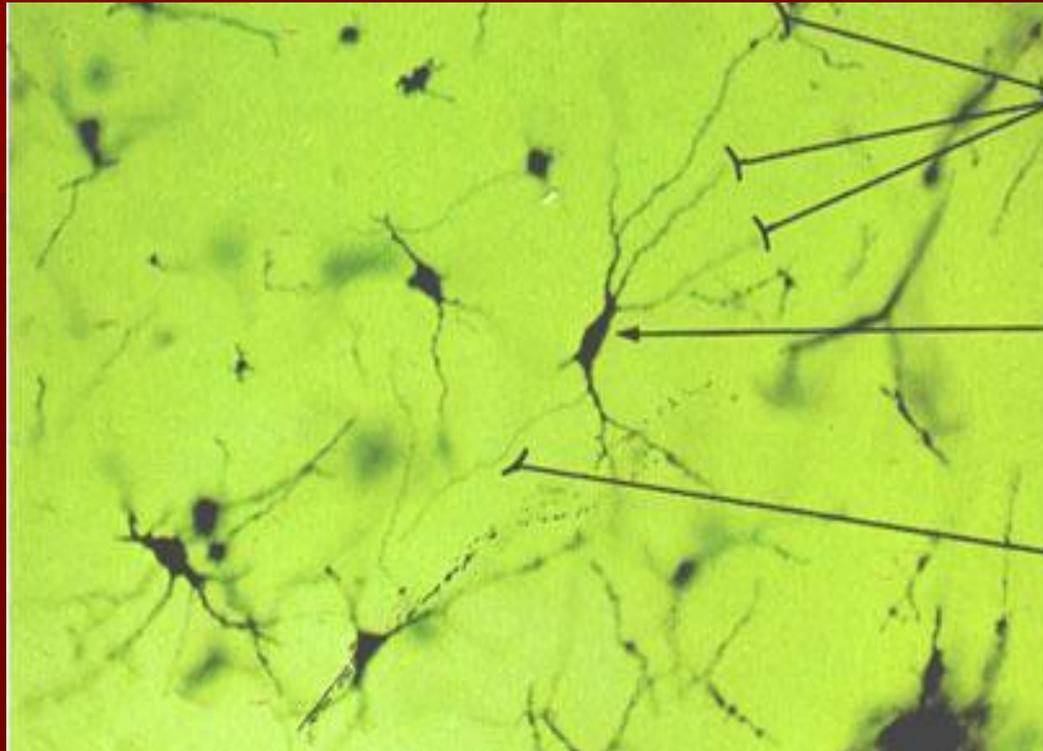
Перикарион клетки Беца



Нейропиль

Пирамидные клетки Беца имеют крупное мультиполярное тело (перикарион) и апикальный дендрит, направленный к поверхности коры.

Кора больших полушарий мыши, пирамидные клетки, окраска по Гольджи-Коксу, 162 х.



Дендриты

Перикарион

Аксон

Перикарион: имеет форму пирамиды. **Дендриты:** каждая клетка имеет несколько сужающихся отростков, содержащих цитоплазматические органеллы, напоминающие таковые в теле клетки. Некоторые дендриты имеют шиповидные отростки – геммулы. **Аксон:** происходит в данной клетке от проксимальной части дендрита. Он тонкий, имеет одинаковый диаметр по всей длине, но длина может варьировать в зависимости от локализации. Аксон двигательных нейронов может быть длиной более 1 м.

Словарик

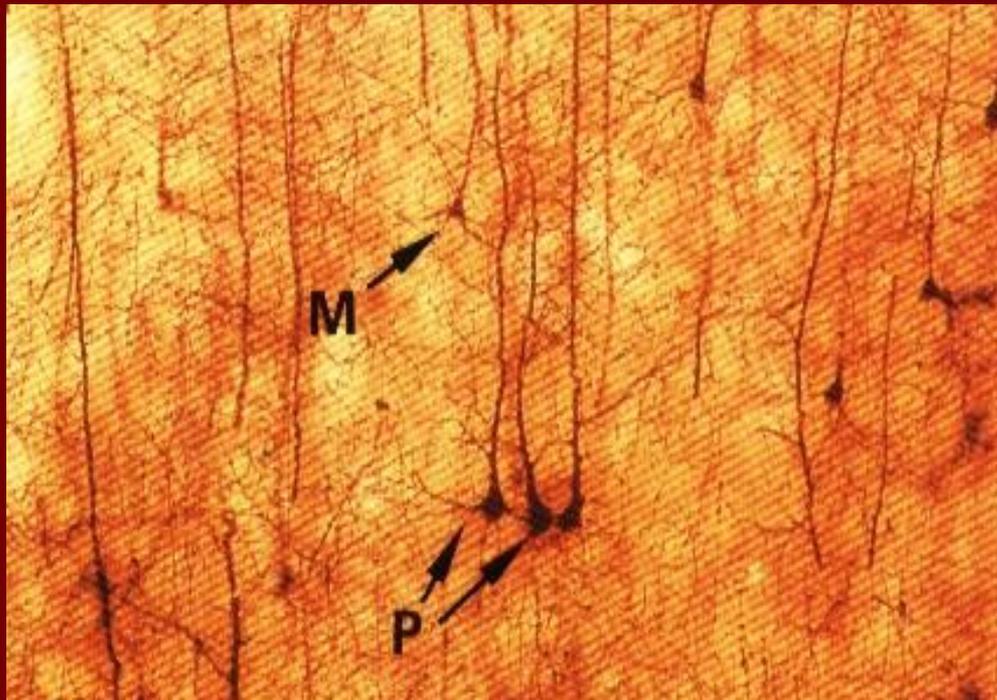
Клетки Гольджи I типа – это категория нейронов с длинными аксонами, оканчивающимися либо в сером веществе и оканчивающиеся либо в другой части ЦНС, либо в других органах и тканях (мышца, железа, кожа). Они включают нейроны, которые принимают участие в образовании ассоциативных, комиссуральных и проекционных волокон, а также периферических нервов (клетки Пуркинье в мозжечке, пирамидные нейроны коры головного мозга, двигательные нейроны спинного мозга и др.).

Клетки Гольджи II типа – категория мелких нейронов с короткими аксонами, остающимися в соседних пределах серого вещества. Включают все зернистые нейроны, ассоциативные и комиссуральные нейроны спинного мозга, звездчатые клетки, корзинчатые клетки мозжечка, клетки Мартинонни, Реншоу и др.

Клетки Реншоу – мелкие интернейроны в медиальной части вентрального рога спинного мозга, снабженные аксонными коллатеральями от двигательных нейронов. Их аксоны образуют синапсы с перикарионами других моторных нейронов. Не каждый моторный нейрон имеет соответствующую клетку Реншоу. Их ингибирующее действие на моторные нейроны у человека не полностью подтверждено.

Словарик

Горизонтальные клетки Кахаля – мелкие нейроны, присутствующие только в молекулярном слое коры головного мозга. Длинные ветвящиеся дендриты отходят горизонтально от веретенообразного перикариона, аксоны образуют тангенциальные волокна в молекулярном слое. Клетки Мартинотти – мелкие нейроны, присутствующие в большинстве слоев коры. Их аксоны направлены к поверхности мозга и раздваиваются в молекулярном слое, чтобы приобрести горизонтальный ход. Структурно очень похожи на зернистые клетки.



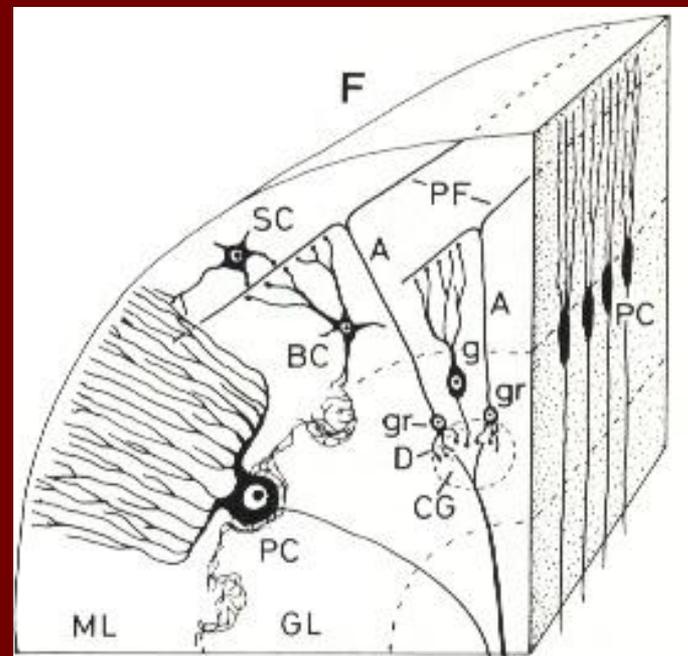
Слой V неокортекса.

Пирамидные клетки обнаруживают главный дендрит. Клетки Мартинотти могут быть идентифицированы по их полигональной форме.

СЛОВАРИК

Клетки-зерна коры мозжечка - мультиполярные нейроны зернистого слоя коры мозжечка. Есть два типа клеток-зерен:

- 1) (Мелкие) клетки-зерна (gr) – 5-6 мкм в диаметре, с 3-5 короткими дендритами, образующими синапсы с моховидными волокнами в клубочках мозжечка. Аксоны входят в молекулярный слой и Т-образно делятся параллельно длинной оси «листка» мозжечка (параллельные волокна). Каждая ветвь устанавливает синаптические связи с дендритами многих клеток (Пуркинье, корзинчатых, звездчатых, крупных клеток-зерен).
- 2) Большие клетки-зерна (g) размером 8-10 мкм, их дендриты устанавливают синапсы с параллельными волокнами, а аксоны – с моховидными волокнами. Они оказывают ингибирующее действие на клетки-зерна. Очень важные модуляторы синаптической передачи в мозжечке.



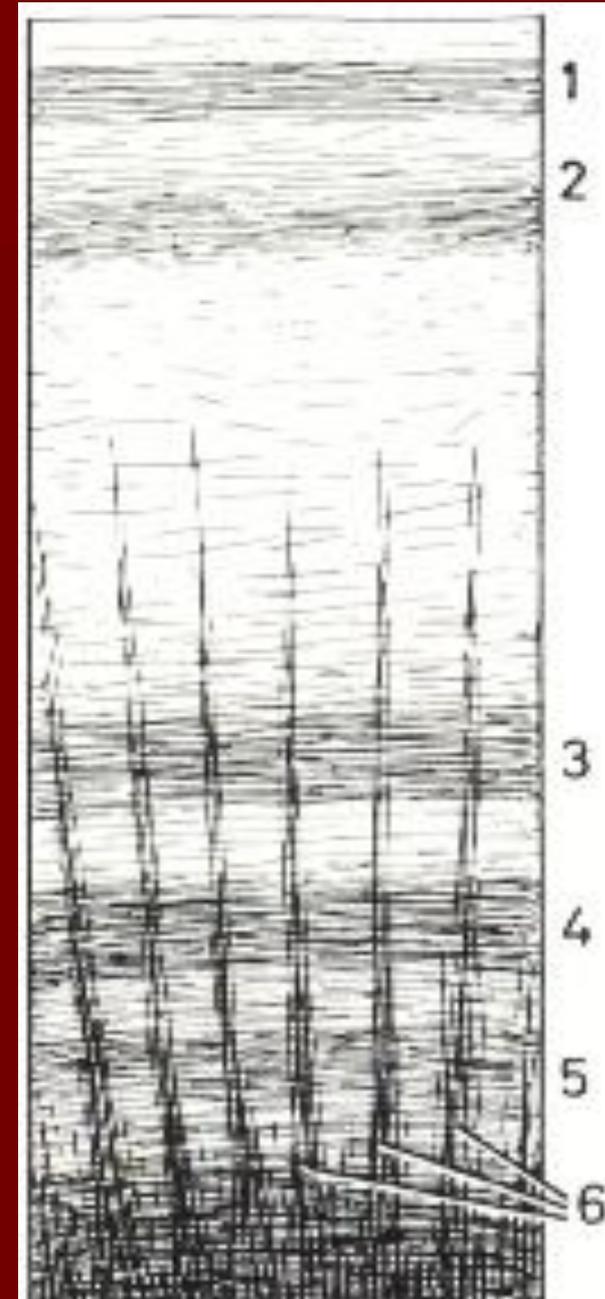
Центральная область коры больших полушарий. Окраска по Кахалю. Большое увеличение.



Самый выраженный отросток – апикальный дендрит. Аксон отходит от основания перикариона и проходит в белое вещество.

Миелоархитектоника

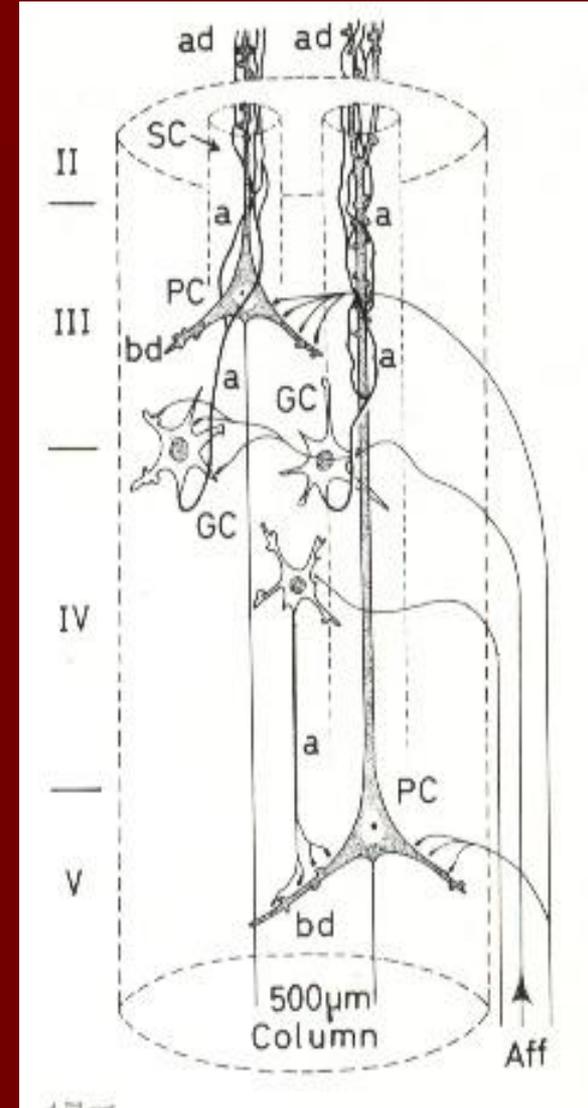
1. Тангенциальный слой волокон, параллельных поверхности изокортекса.
2. Полоска Бехтерева – полоска миелинизированных внутрикортикальных ассоциативных волокон, расположенных во II слое,
3. Наружная полоска Байярже - полоска миелинизированных нервных волокон, расположенных в IV слое.
4. Внутренняя полоска Байярже - полоска миелинизированных нервных волокон, расположенных в V слое,
5. Lamina Substriata,
6. Радиальные колонки – шириной 300-500 мкм, цилиндрические функциональные единицы, простирающиеся вертикально через всю толщу коры. Подразделяются на несколько мелких колонок, непосредственно окружающих апикальные дендриты пирамидных клеток вместе с соответствующими лазающими аксонами клеток Гольджи II типа.



Нейронные цепи в коре головного мозга

Не до конца изучены. Афферентный импульс (Aff) передается клеткам Гольджи II типа в IV слое, отсюда информация передается через их аксоны (a) к:

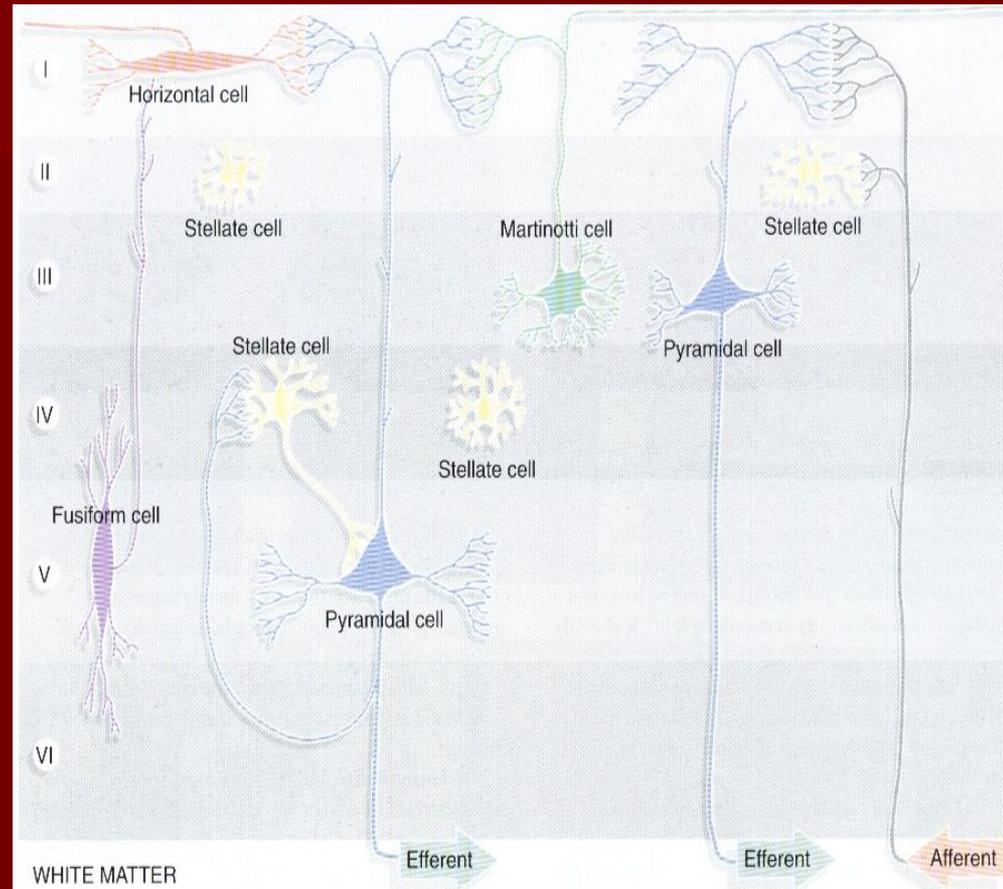
- 1) Апикальным дендритам (ad) пирамидных клеток (PC), что приводит к ограниченному возбуждению маленькой колонки (SC),
- 2) Базальные дендриты (bd) пирамидных клеток провоцируют возбуждение всей колонки. Несколько ингибиторных интернейронов (таких, как корзинчатые клетки), модулируют полученную информацию, в то время как другие клетки (звездчатые) обладают возбуждающим действием. На основную нейронную сеть влияют афферентные импульсы кортикального происхождения, проходящие через слой I, а также прямые связи афферентных волокон с дендритами пирамидных клеток слоев III и V.



ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОРЫ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ.

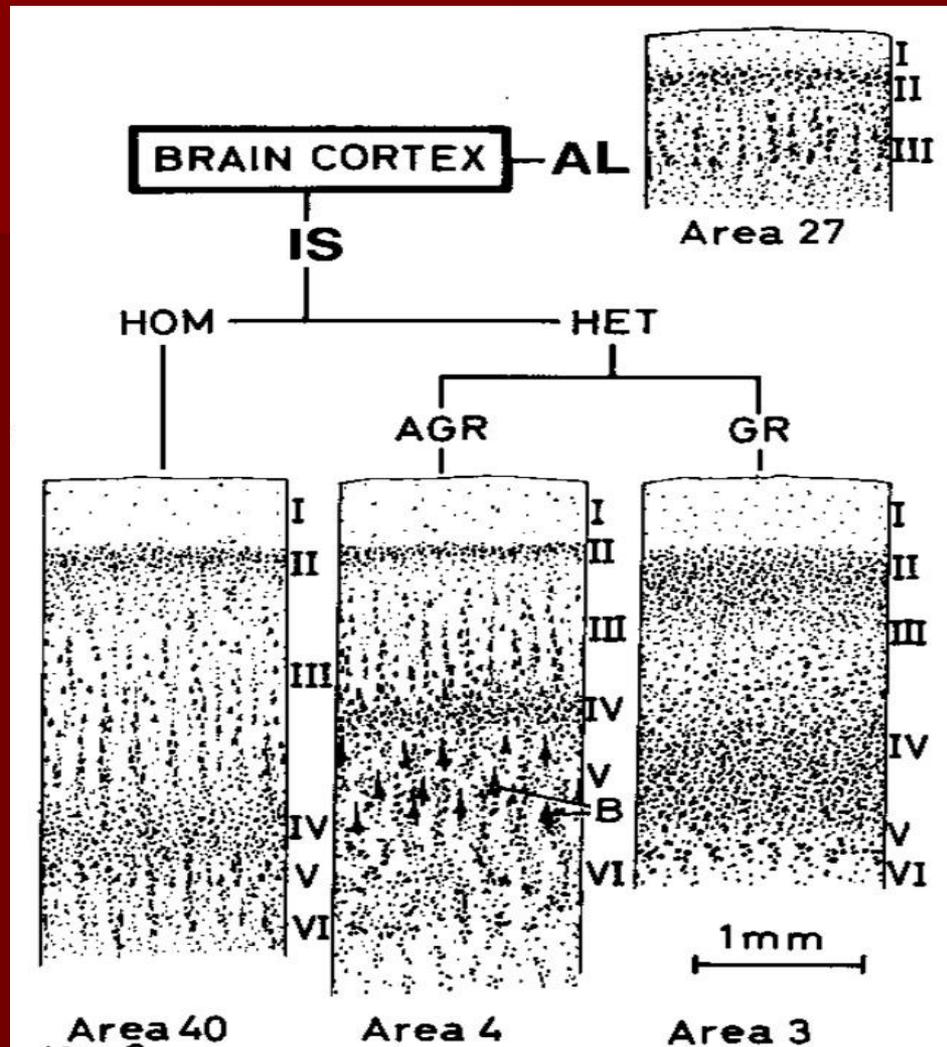
1. **Функциональные единицы** расположены вертикально, соответствуя общей ориентации аксонов и главных дендритов.

2. **Афферентные волокна** (тела их клеток располагаются в ЦНС за пределами больших полушарий) в общем образуют синапсы в высоких слоях коры с дендритами эфферентных волокон, тела клеток которых лежат глубоко в коре головного мозга.



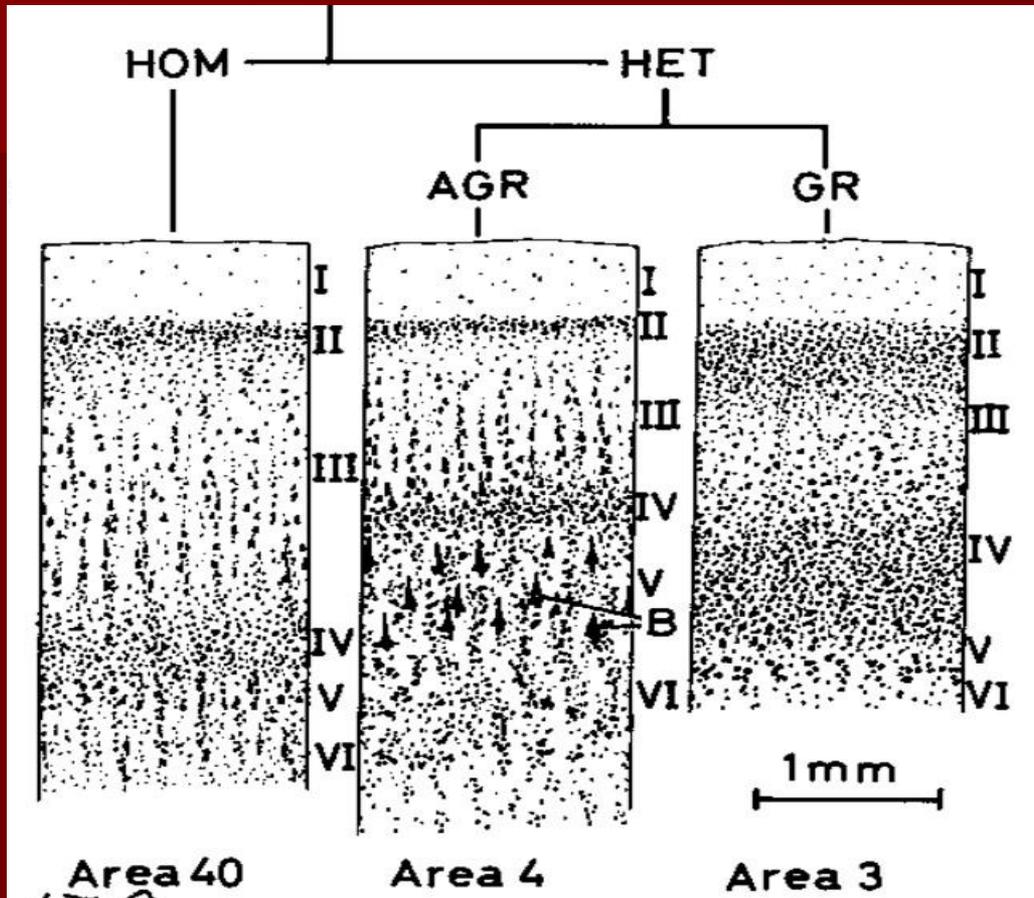
3. **Эфферентные пути**, как правило аксоны пирамидных клеток, имеют тенденцию посылать ветви, идущие назад в более поверхностные слои коры, чтобы там связаться со своими собственными дендритами через интернейрональные связи, в которые вовлечены другие типы клеток коры.

Кора мозга, филогенетические и структурные подразделения



Аллокортекс (палеокортекс) является филогенетически очень древней, первичной корой, имеющей только 1-3 слоя, простирающейся на 1/12 всей поверхности головного мозга (лимбическая система, обонятельная кора).

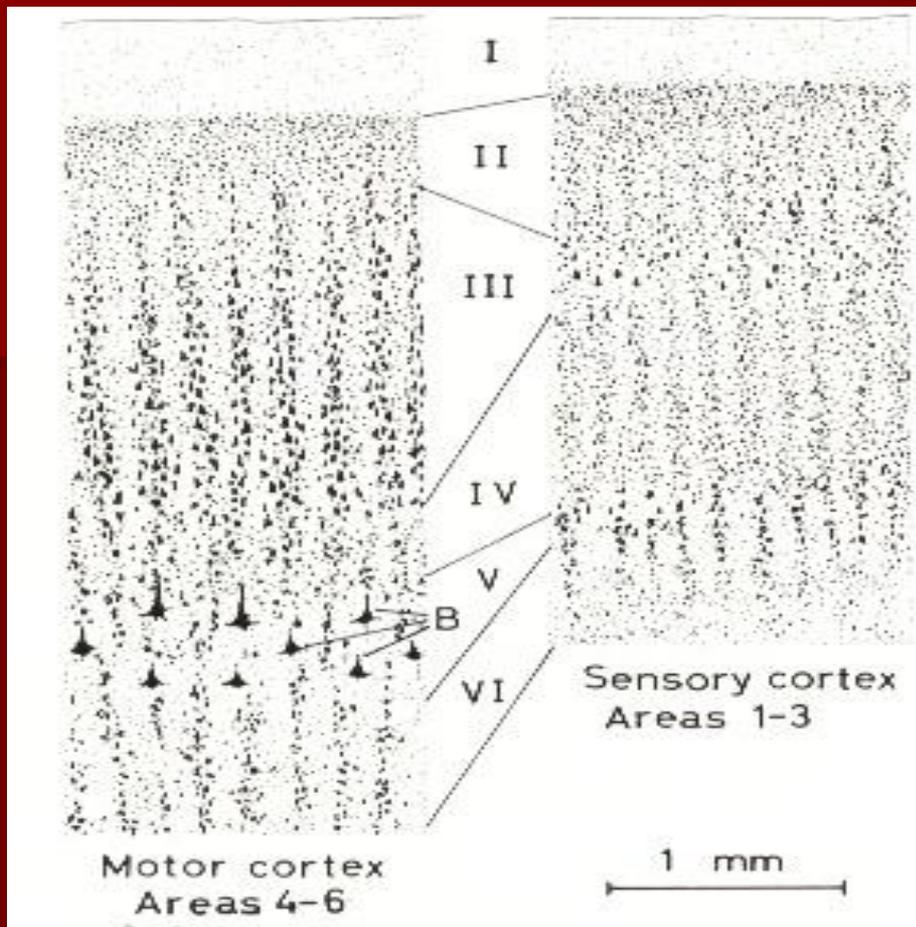
неокортекс



Изокортекс (неокортекс) – филогенетически более молодая кора, покрывает 11/12 поверхности коры, содержит 6 слоев. Подразделяется на гомо- и гетерокортекс. Гомокортекс наиболее распространен (составляет большую часть фронтальной, теменных и височных долей), в нем развиты все слои.

Гетеротипический изокортекс

Одни клеточные слои развиты лучше других, однако 6-ти-слойная структура сохраняется. Бывает двух типов: гранулярного и агранулярного.



- 1) Агранулярный тип (двигательная кора), локализуется в областях 4-6 (прецентральная извилина). Хорошо развиты слои III, V с клетками Беца, слабо развит слой IV.
- 2) Гранулярный тип (чувствительная кора), локализуется в областях 3,1,2 (постцентральная извилина), слуховая кора (области 41,42 в височной доле), зрительная кора (области 17-19, затылочная область). Хорошо развит слой IV, бедно развиты слои III и V.

Цитоархитектоника. Развита все 6 слоев.

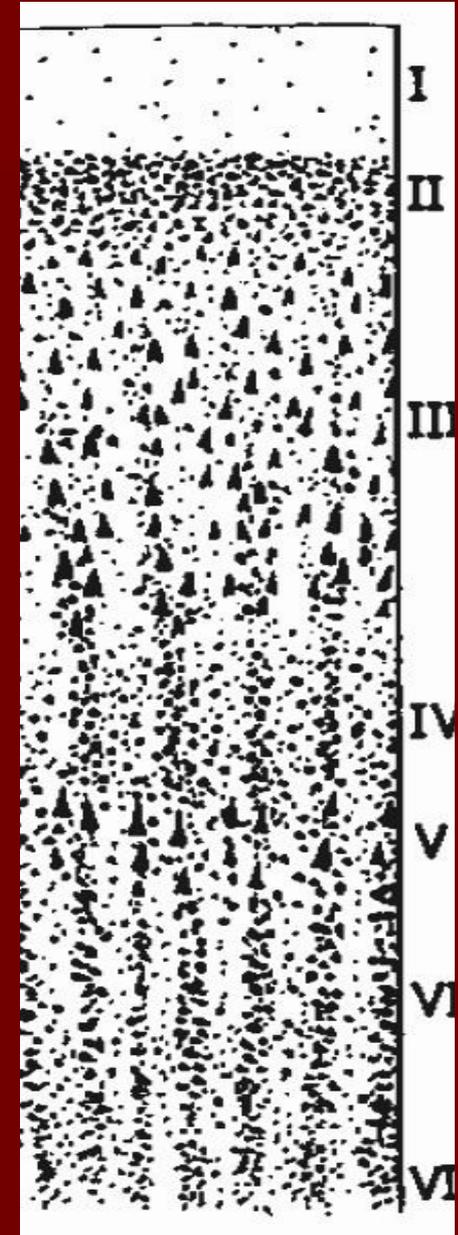
Гомотипическая кора

I. Молекулярный слой – немного нейронов, среди которых есть горизонтальные клетки Кахаля. Слой с ассоциативной функцией.

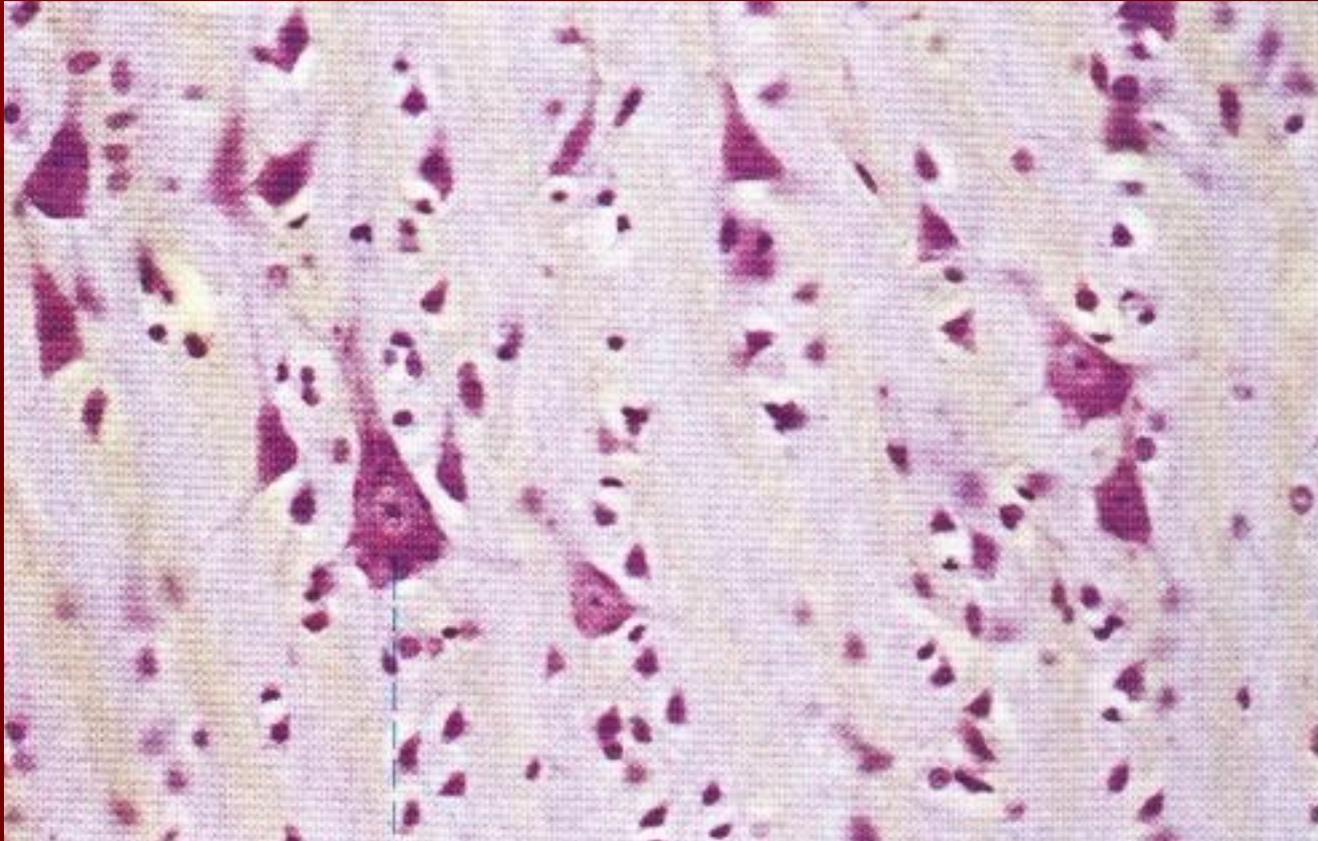
II. Наружный зернистый слой – очень многочисленные мелкие нейроны, 10 мкм в диаметре, их дендриты ветвятся в молекулярном слое, а аксоны направляются либо в сторону белого вещества, либо поворачивают назад в молекулярный слой. Присутствуют клетки Гольджи II типа. Слой с рецепторной функцией.

III. Пирамидный слой – нейроны с пирамидными перикарионами, до 40 мкм в диаметре. Дендриты ветвятся в молекулярном слое, аксоны контактируют с подкорковыми ядрами. Присутствуют клетки Гольджи II типа и клетки Мартинотти. Слой с ассоциативной функцией.

IV. Внутренний зернистый слой – много мелких неправильной формы нейронов Гольджи II типа, это главный рецепторный слой.



V. Ганглионарный слой двигательной коры. Крезил-виолет. 240х



Объемные пирамидные клетки с дендритами, ветвящимися в молекулярном слое; аксоны входят в белое вещество в виде центрифугальных или комиссуральных волокон. В прецентральной извилине (области 4-6) присутствуют клетки Беца. Главный эффекторный и ассоциативный слой.

Центральная борозда с прецентральной и постцентральной извилиной. Окраска по Нисслю. 8х.



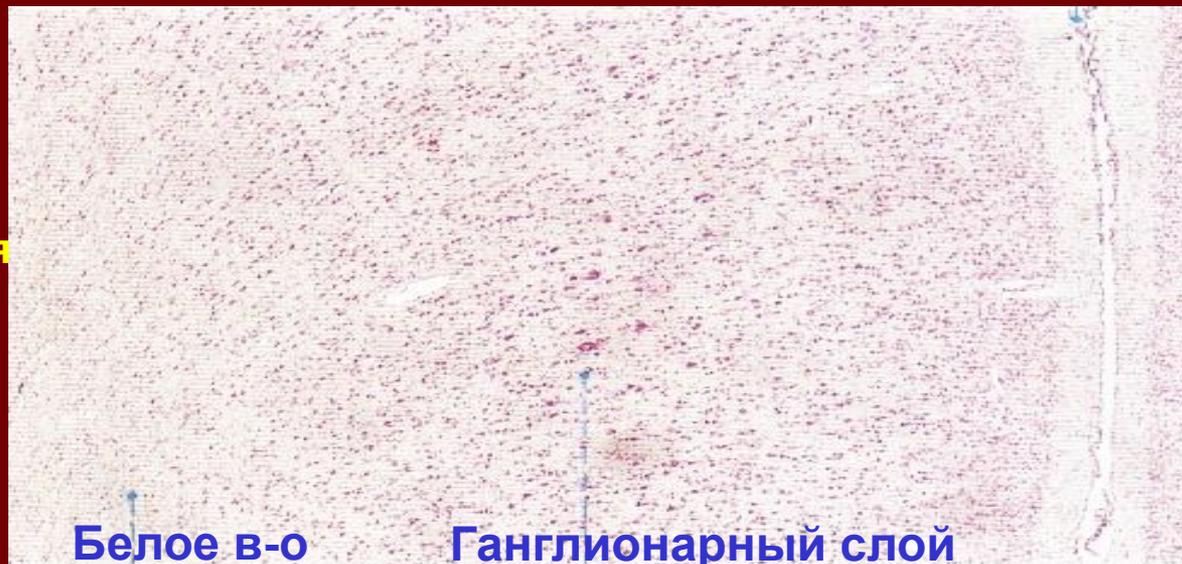
VI. **Слой полиморфных клеток. Неправильной формы веретенообразные и угольчатые нейроны (мелкие пирамидные клетки, веретеновидные клетки, звездчатые клетки, клетки Мартинотти). Слои варьируют по толщине четкости границ. Демаркация между серым и белым веществом менее выражена в прецентральной извилине, чем в постцентральной.**

Кора больших полушарий

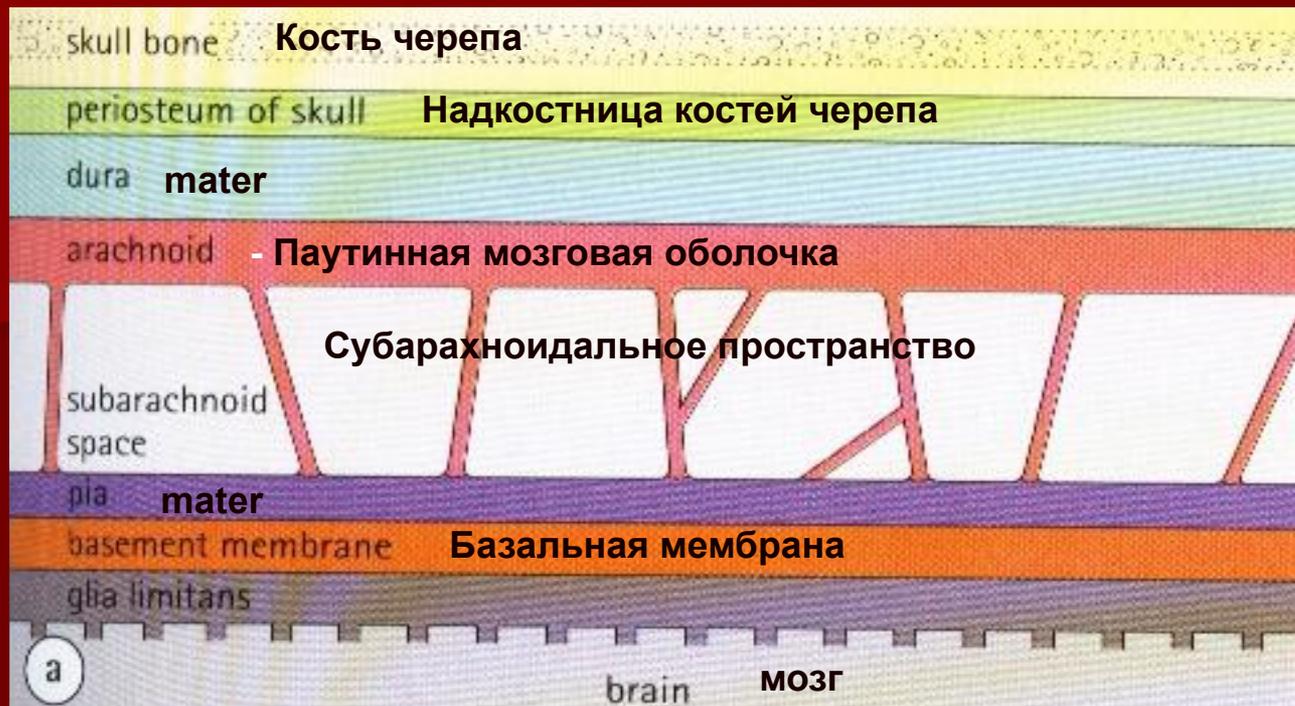


Двигательная

Чувствительная



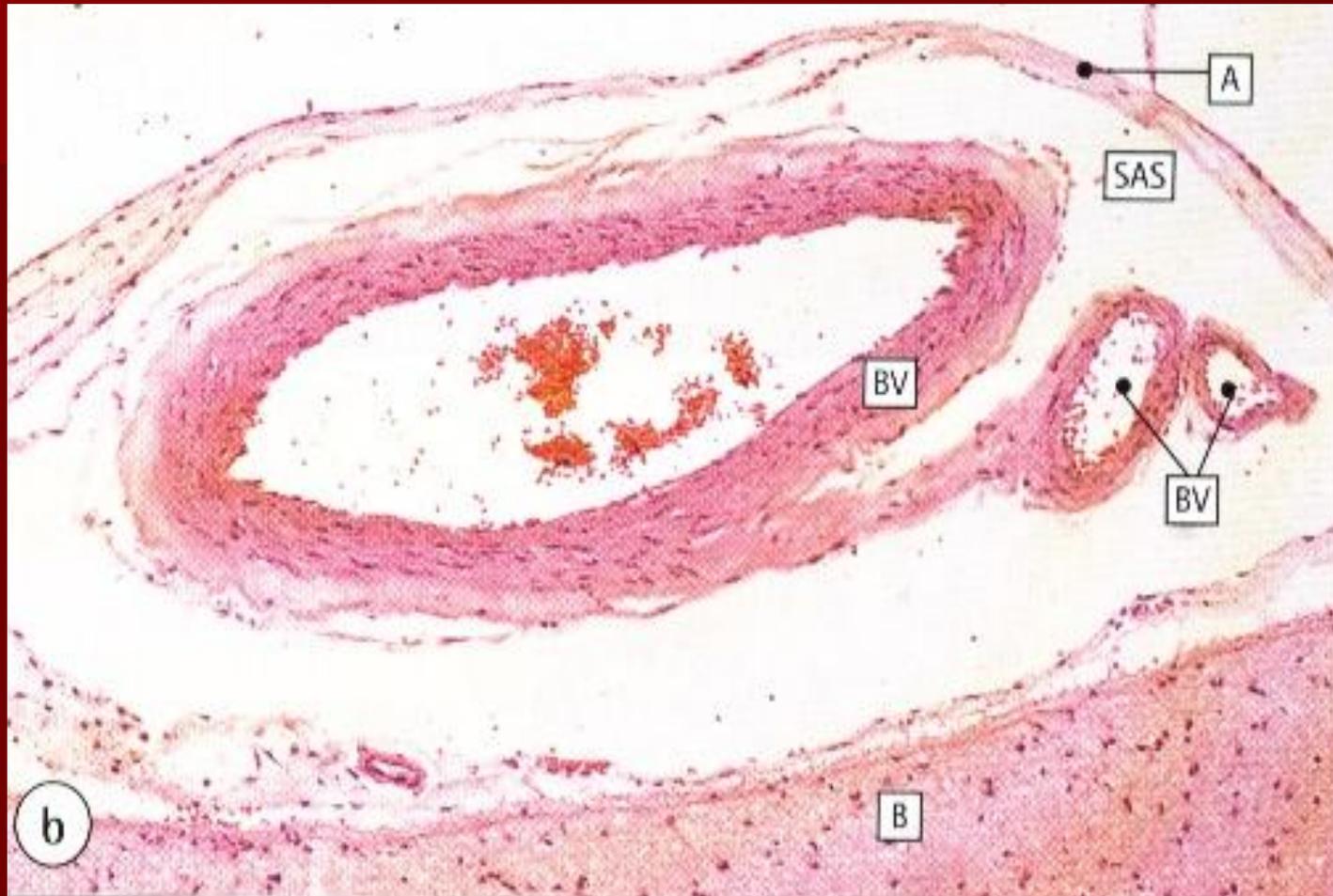
Постцентральная
извилина



Мозговые оболочки

ЦНС покрыта тремя защитными мозговыми оболочками. (1) самая наружная – твердая мозговая оболочка (dura mater), состоит из плотной волокнистой сосудистой СТ, смешивается с надкостницей костей черепа. (2) Средний слой – паутинная мозговая оболочка, несосудистая, хотя сосуды ее пересекают, состоит из нежной СТ, располагается под твердой мозговой оболочкой, но не прикрепляется к ней. Между мягкой мозговой оболочкой (pia mater) и паутинной оболочкой есть субарахноидальное пространство, в котором циркулирует ЦСЖ. (3) Самый внутренний слой – мягкая мозговая оболочка (pia mater), нежный сосудистый слой, прилежащий к поверхности и головного, и спинного мозга.

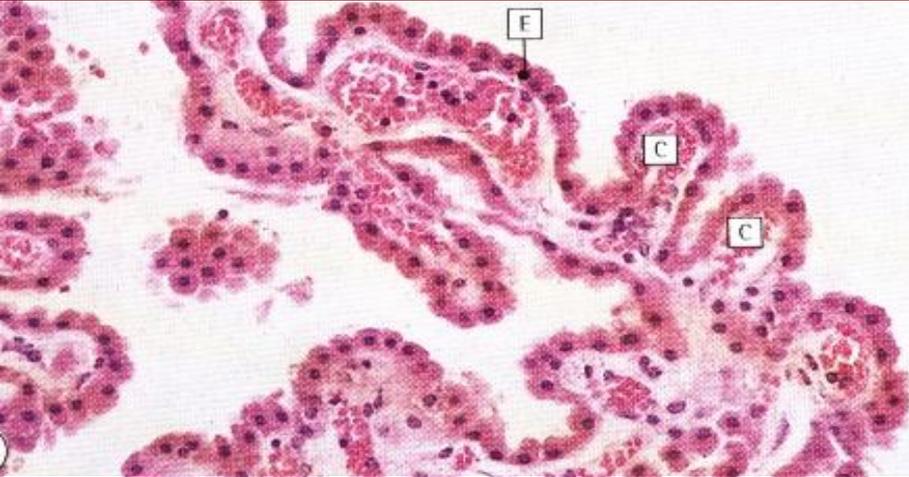
Мозговые оболочки, Н & Е., большое увеличение



Кровеносные сосуды (BV) проходят через субарахноидальное пространство (SAS). Показана паутинная оболочка (A) и поверхность мозга (B).

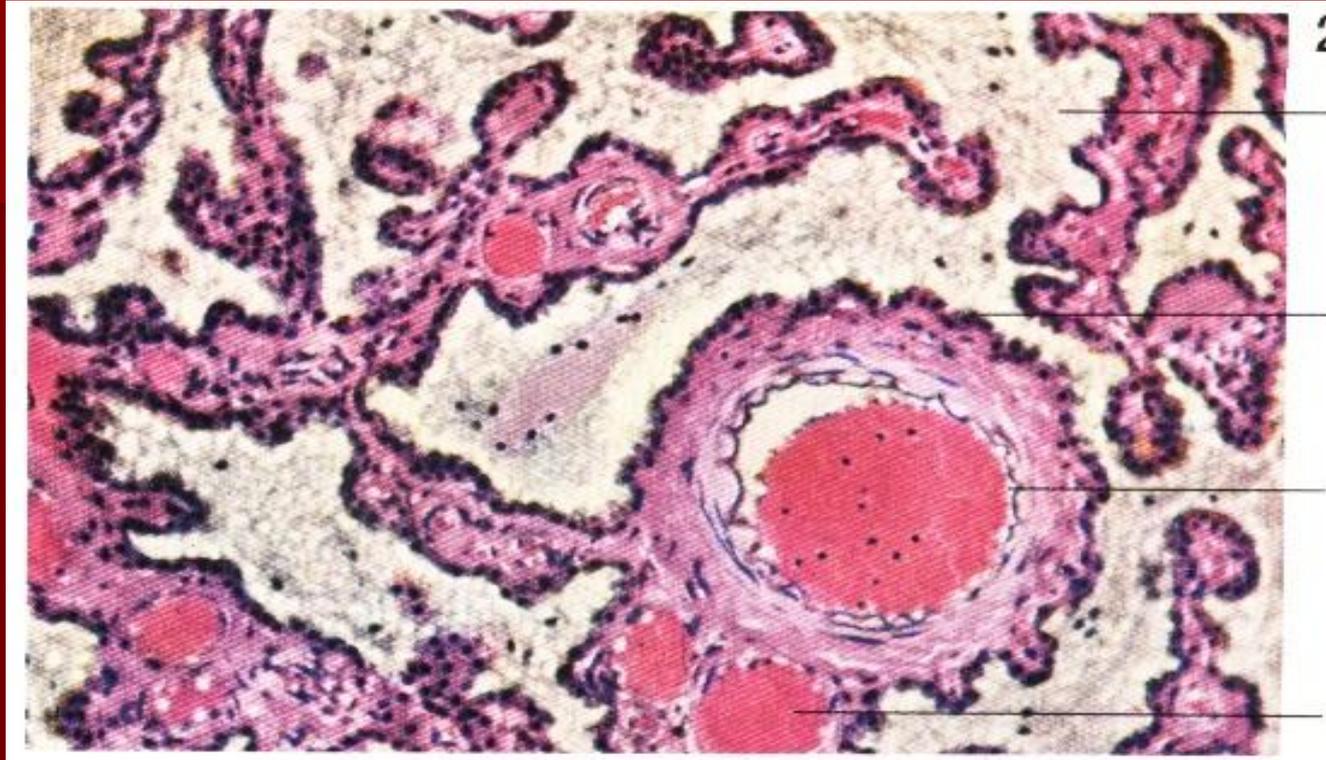
Хороидальное сплетение

Складки мягкой мозговой оболочки содержат множество фенестрированных капилляров и покрыты простыми кубическими (эпендимными) клетками. Они внедряются в 3-ий, 4-ый, и боковые желудочки, образуя хороидальное сплетение. Это сплетение выглядит как сосочки, выступающие над сосудистой стромальной основой.



Хороидальное сплетение вырабатывает ЦСЖ, которая заполняет желудочки головного мозга и спинномозговой канал в спинном мозге. На СЭМ видна извитая поверхность хороидального сплетения, которая собрана в глубокие складки, и тонкие микроворсинки видны на апикальной поверхности выстилающих клеток.

Хороидальное сплетение, железный гематоксилин-эозин, большое увеличение



ЦСЖ

Эпителий
сплетения

артерия

вена

Мягкая мозговая оболочка и эпендима соединяются вместе, образуя обильно васкуляризованную оболочку *tela choroidea*, которая выдается в желудочки как обильно ветвящееся дерево, образуя хороидальное сплетение.

Ворсинки сплетения покрыты простым кубическим эпителием. Строма состоит из волокнистой СТ с многими кровеносными сосудами и нервами. Промежутки между ворсинками заполнены ЦСЖ с небольшим количеством клеток.

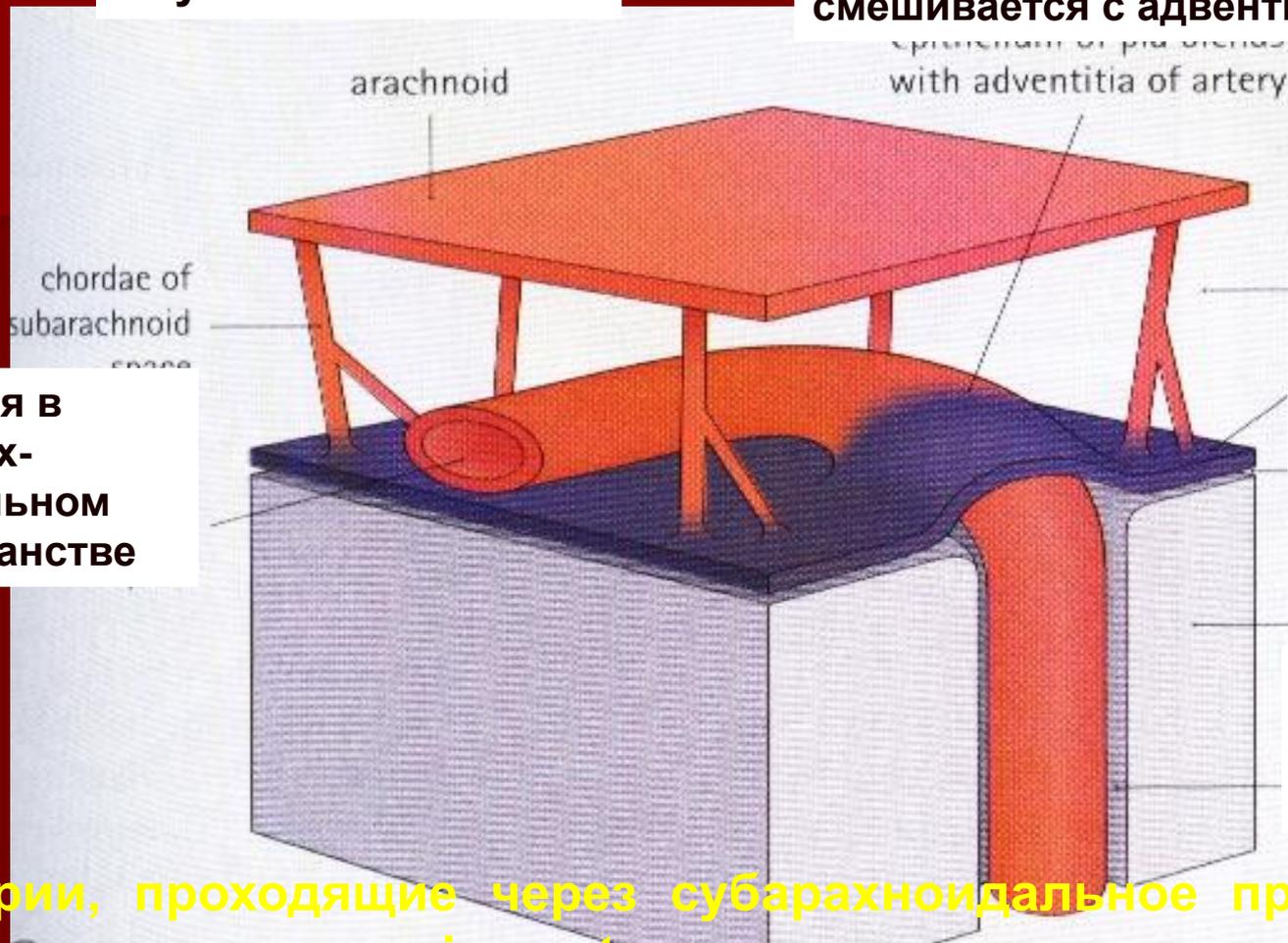
Клинические корреляции:

- ЦСЖ постоянно продуцируется хороидальным сплетением,
- ЦСЖ омывает мозг, циркулируя по субарахноидальному пространству, защищая мозг и служа жидкой полушкой для ЦНС,
- ЦСЖ очень важна для метаболической активности ЦНС, так как метаболиты мозга диффундируют в ЦСЖ по мере ее циркуляции в субарахноидальном пространстве.
- ЦСЖ реабсорбируется через тонкие клетки арахноидальных ворсинок в верхнем саггитальном венозном синусе, откуда ЦСЖ возвращается в кровоток.
- Любое уменьшение абсорбции ЦСЖ арахноидальными ворсинками или образование блока циркуляции в желудочках вызывает набухание ткани мозга,
- Это состояние называется гидроцефалией,
- Это приводит к увеличению размеров головы у плода и новорожденного, нарушению умственной деятельности, мышечной активности, и, в отсутствие лечения, смерти.
- ЦСЖ в субарахноидальном пространстве – это место развития инфекции при менингите.

Гемато-энцефалический барьер

Паутинная оболочка

Эпителий мягкой мозговой оболочки смешивается с адвентицией артерии



Артерия в субарахноидальном пространстве

Субарахноидальное пространство

Pia mater

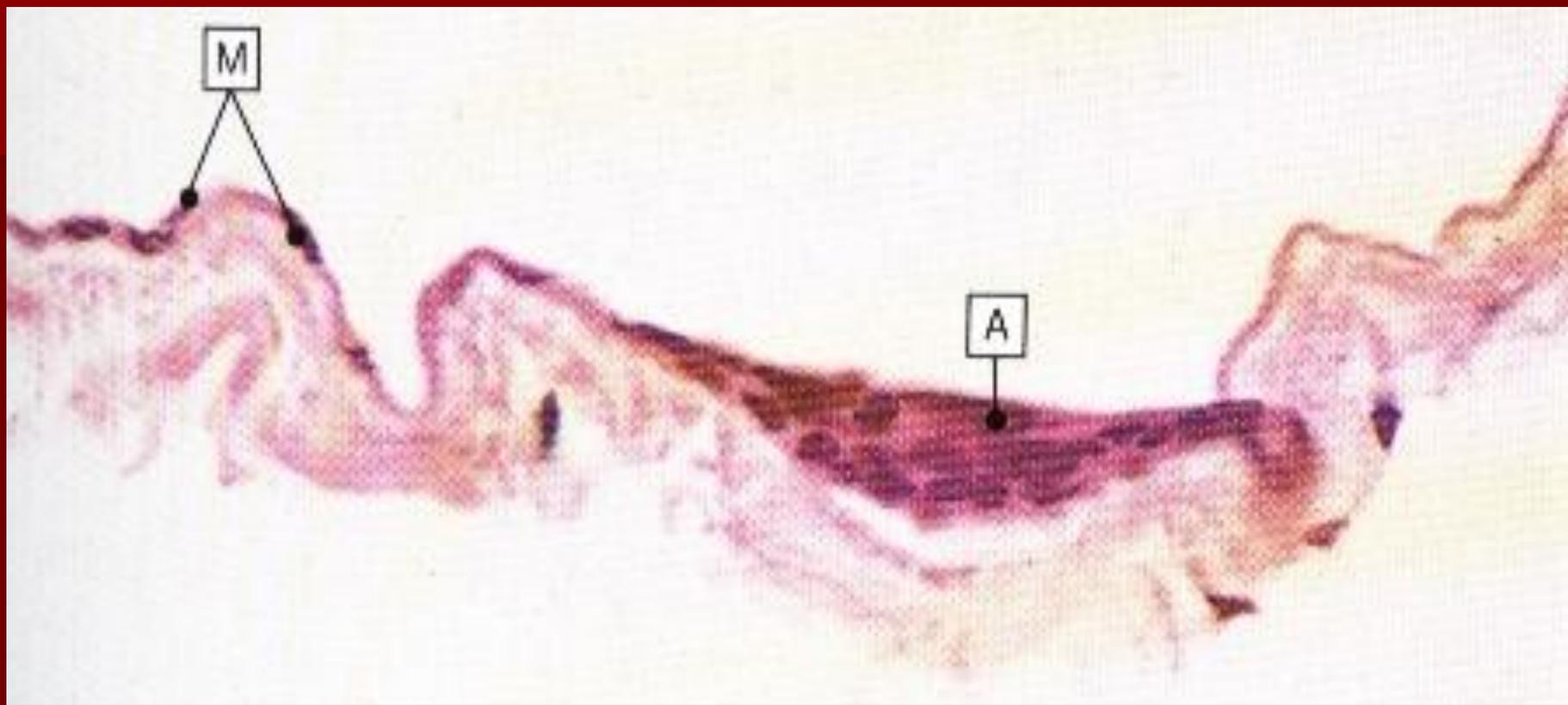
Субпиальное пространство

Кора мозга

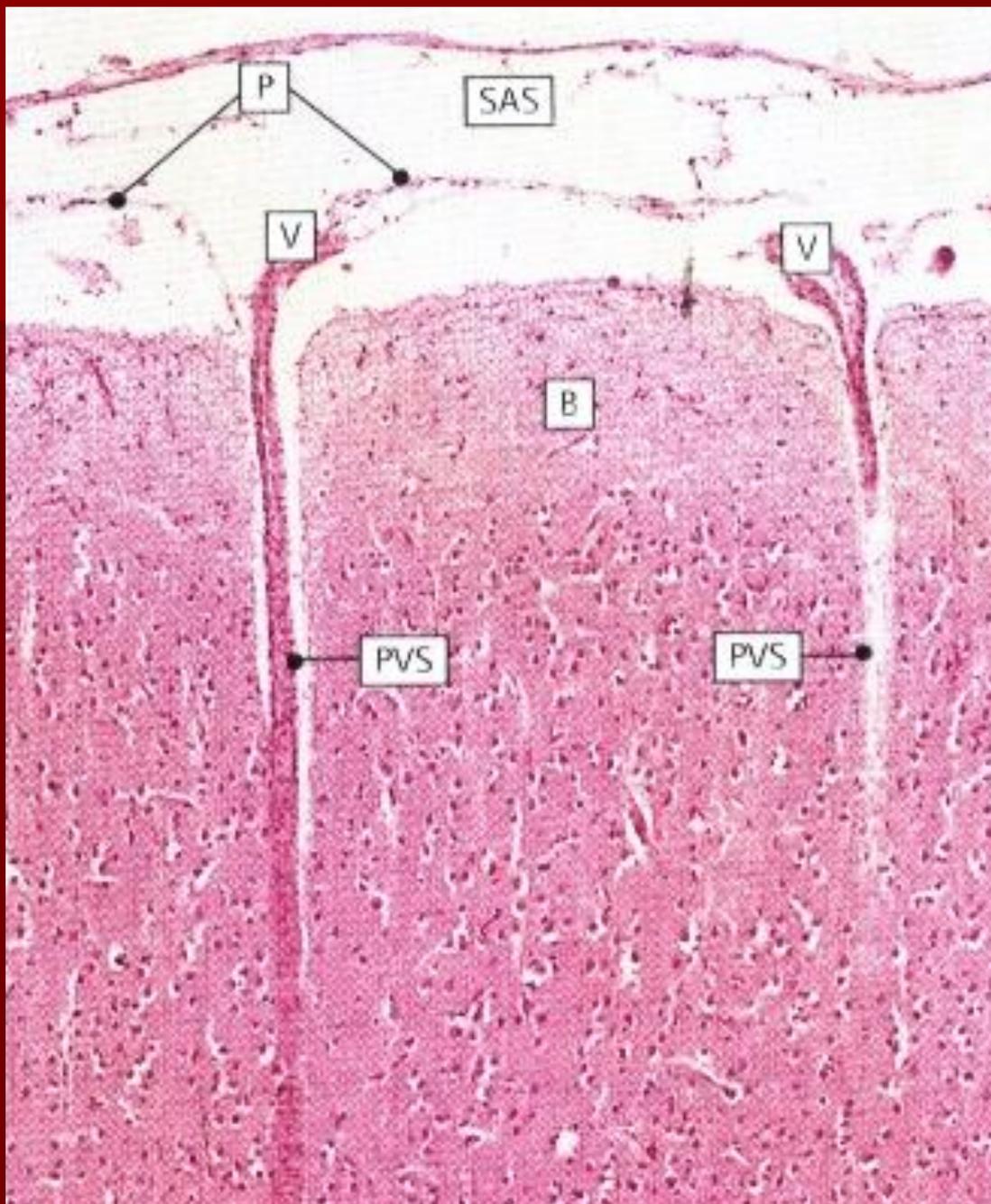
Периваскулярное пространство

Артерии, проходящие через субарахноидальное пространство, проникают через pia mater, которая, покрывая поверхность сосуда (artery in ...), изолирует периваскулярное пространство от субарахноидального. Слой мягкой мозговой оболочки, покрывающий стенку сосуда, состоит из ряда плоских менинготелиальных клеток.

Мозговые оболочки (*Arachnoidea*), Н & Е.



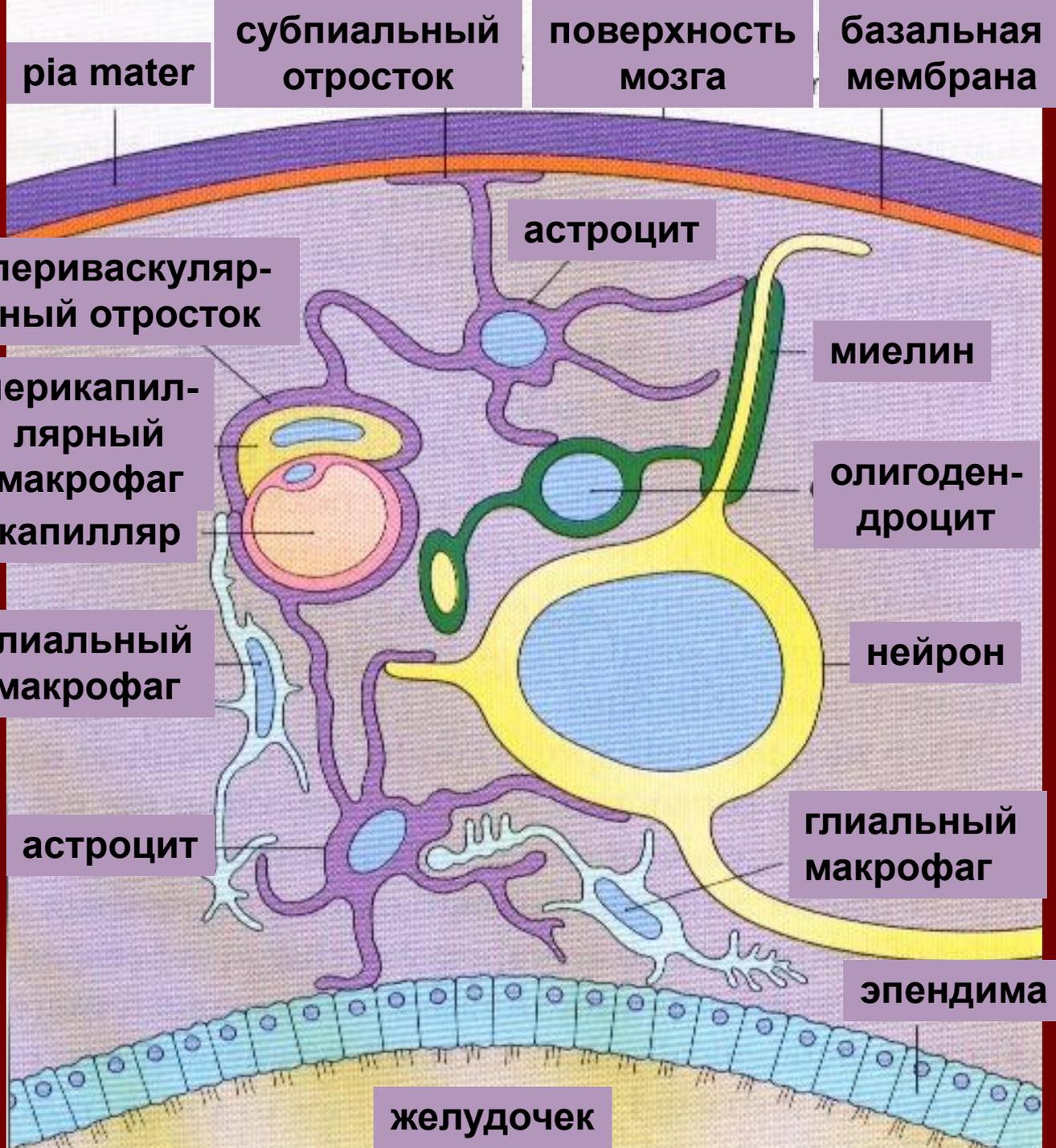
Менинготелиальные клетки (М), выстилающие твердую, паутинную и мягкую мозговую оболочку, - обычно плоские и мало различимые. С возрастом они становятся заметными и образуют агрегаты (А), (оболочки 60-летнего мужчины).



Гемато-энцефалический барьер

Мягкая мозговая оболочка тесно (P) связана с мозгом (B), четко повторяя его контуры, однако она никогда не касается нервной ткани, так как тонкий слой нейроглиальных отростков всегда находится вставленным между ними. Кровеносные сосуды (V) проникают с поверхности мозга и остаются окруженными мягкой мозговой оболочкой до тех пор, пока сосуд не распадается на типичные непрерывные капилляры, характерные для ЦНС. SAS, PVS - субарахноидальное и периваскулярное пространство.

На поверхности мозга астроциты покрывают базальную мембрану и образуют наружную глиальную пограничную мембрану - *glia limitans externa*, окружающую всю ЦНС, а капилляры ЦНС покрыты хорошо развитой базальной мембраной, почти полностью покрытой концевыми ножками астроцитов, образующих *glia limitans perivascularis*.



ГЭБ

Гемато-энцефалический барьер:

- Это высоко селективный барьер между веществами, попадающими в кровь, и тканью мозга,
- Он образован эндотелиальными клетками непрерывных капилляров, проходящих через всю ЦНС,
- *fasciae/zonulae occludentes* эндотелиальных клеток замедляют прохождение молекул между клетками,
- Везикулярный траффик почти полностью ограничен рецептор-медирированным транспортом,
- Кислород, вода, двуокись углерода и мелкие жирорастворимые молекулы легко проникают через гемато-энцефалический барьер (а также некоторые лекарства),
- Глюкоза, аминокислоты, витамины, нуклеозиды переносятся специальными белковыми носителями, главным образом посредством облегченной диффузии,
- Ионы транспортируются по ионным каналам посредством активного транспорта.

Гемато-энцефалический барьер:

- Антибиотики, некоторые лекарства, определенные нейротрансмиттеры (допамин) не проникают через гемато-энцефалический барьер,
- Перфузия гипертонического раствора маннитола временно раскрывает плотные контакты эндотелиоцитов капилляров для попадания в мозг некоторых лекарственных препаратов,
- При некоторых заболеваниях (нарушение мозгового кровообращения, инфекции, опухоли) целостность гемато-энцефалического барьера нарушается, что приводит к накоплению токсинов и внешних метаболитов в экстрацеллюлярное пространство ЦНС.