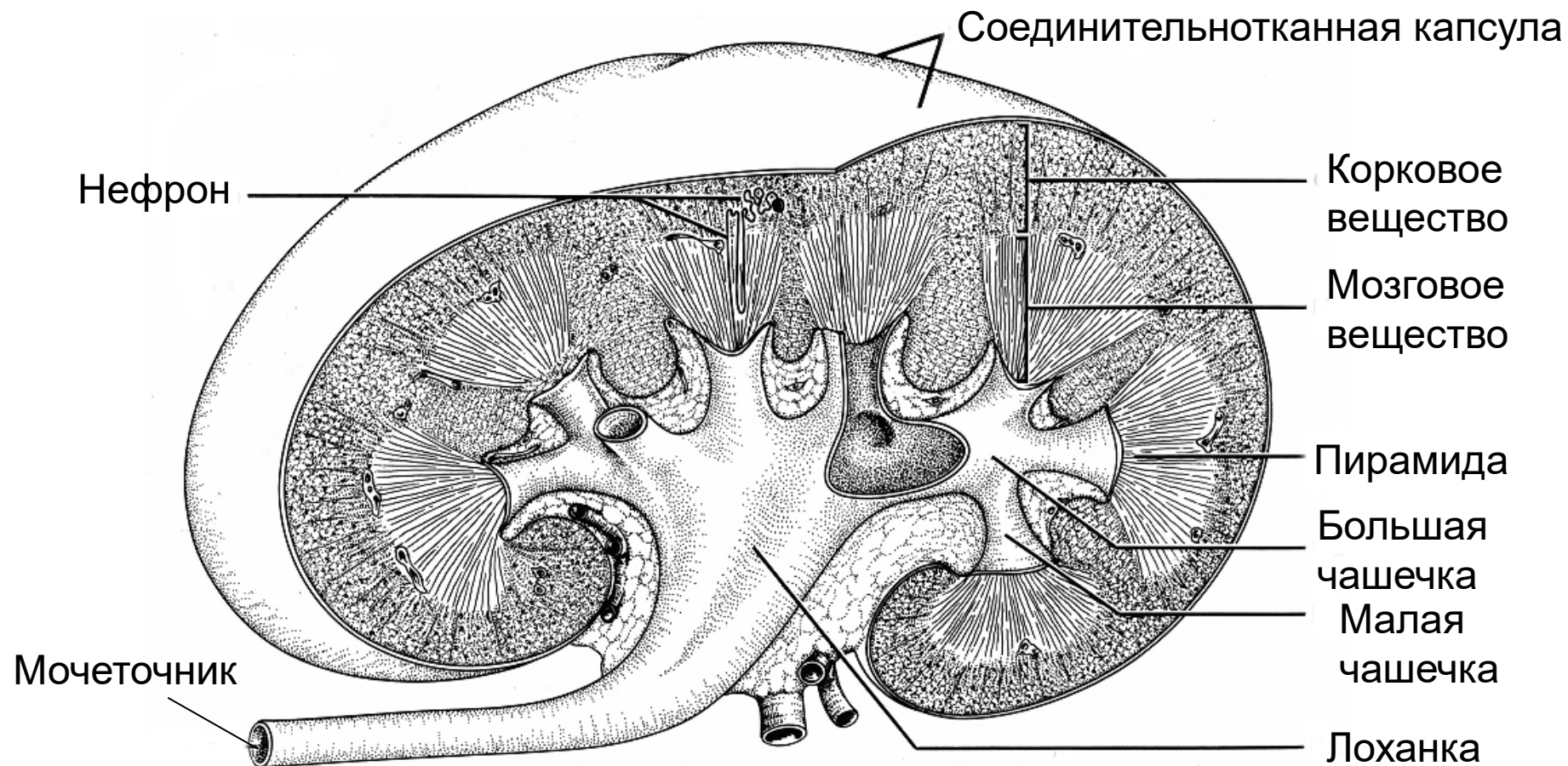
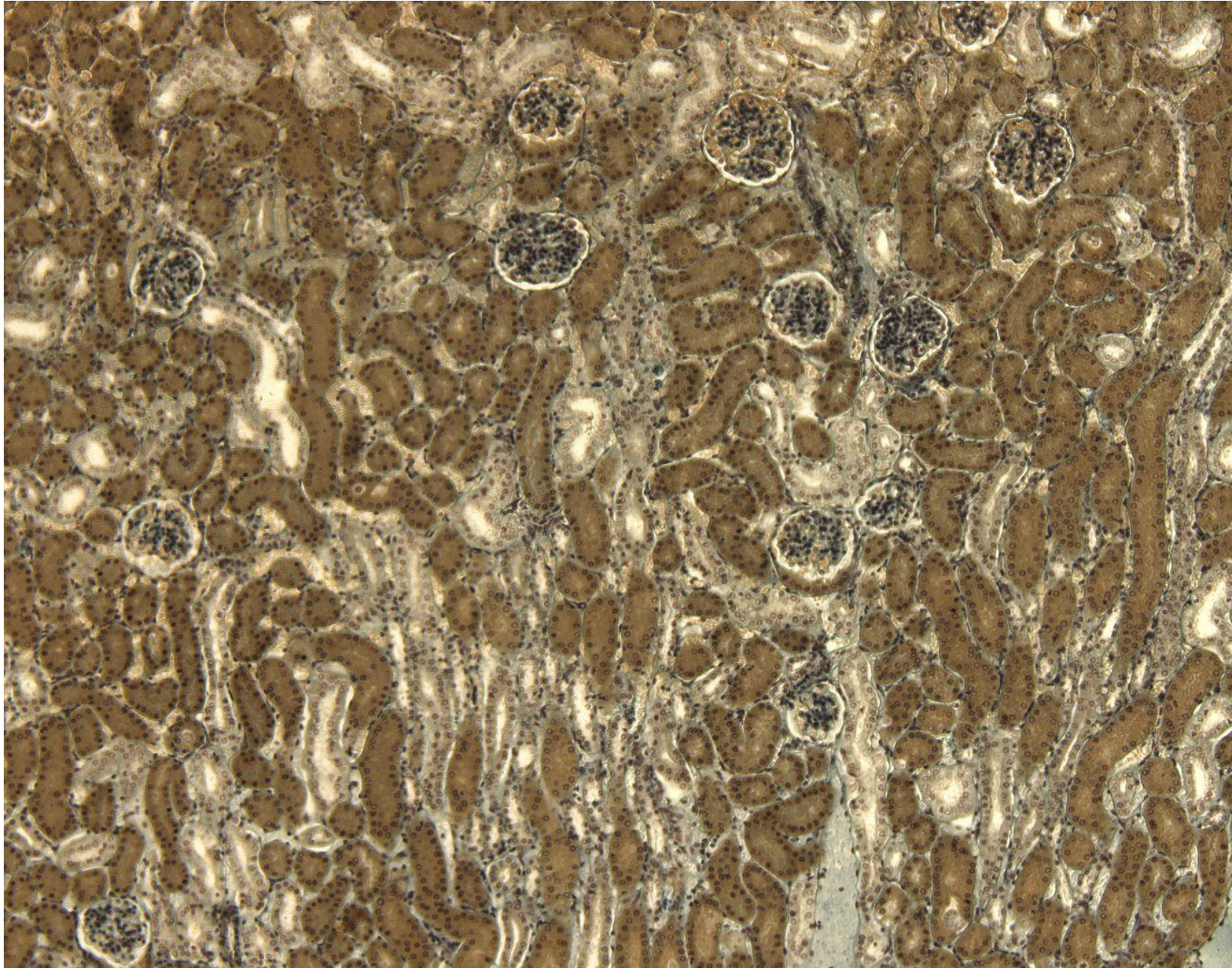


МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

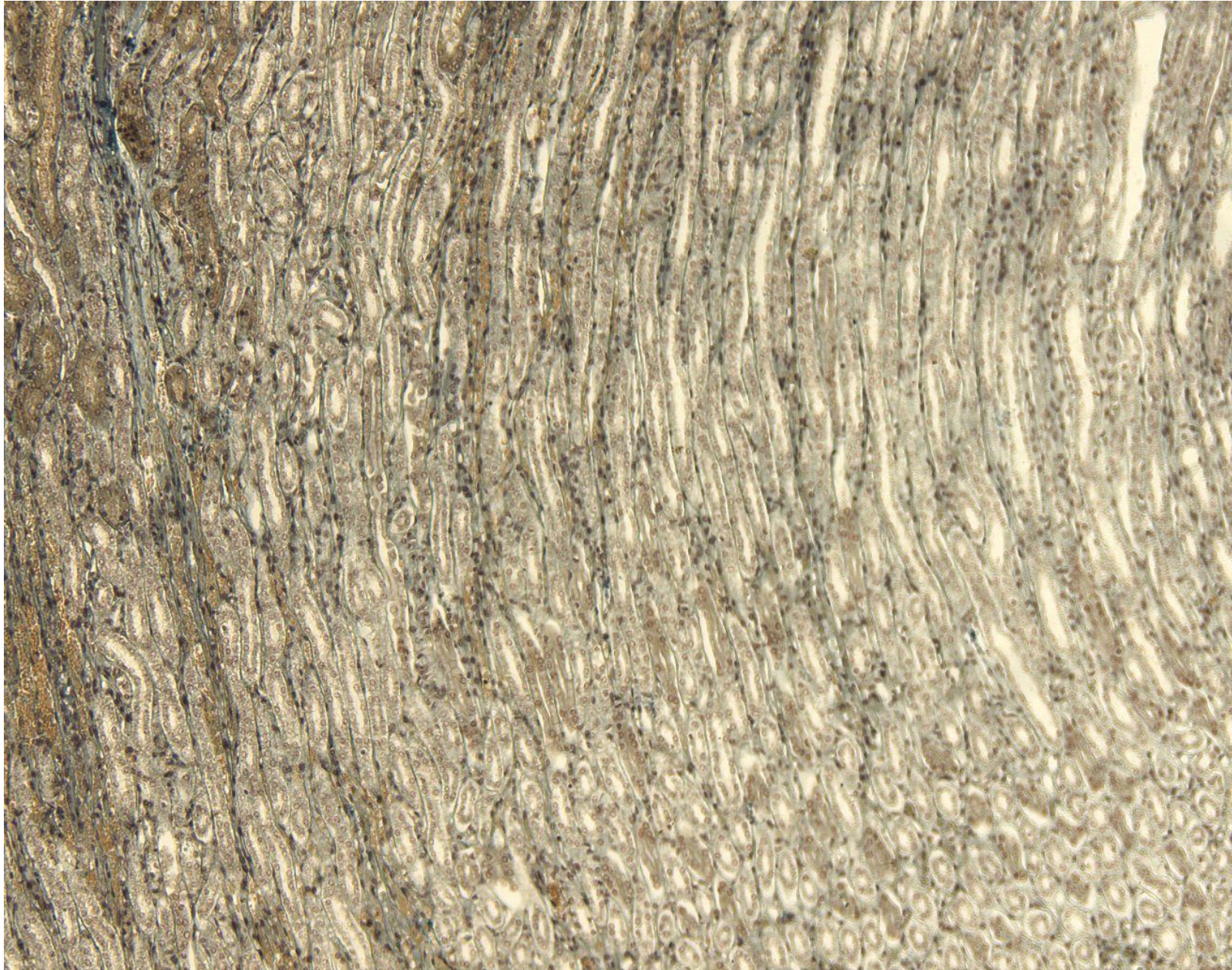


Выведение продуктов метаболизма (мочевина, мочевая кислота, креатинин), экзогенных веществ (лекарств), поддержание водно-электролитный баланса, обеспечение кислотно-щелочного равновесия, регуляция АД (ренин), эндокринная функция (эритропоэтин, кальцитриол), глюконеогенез.

КОРКОВОЕ ВЕЩЕСТВО

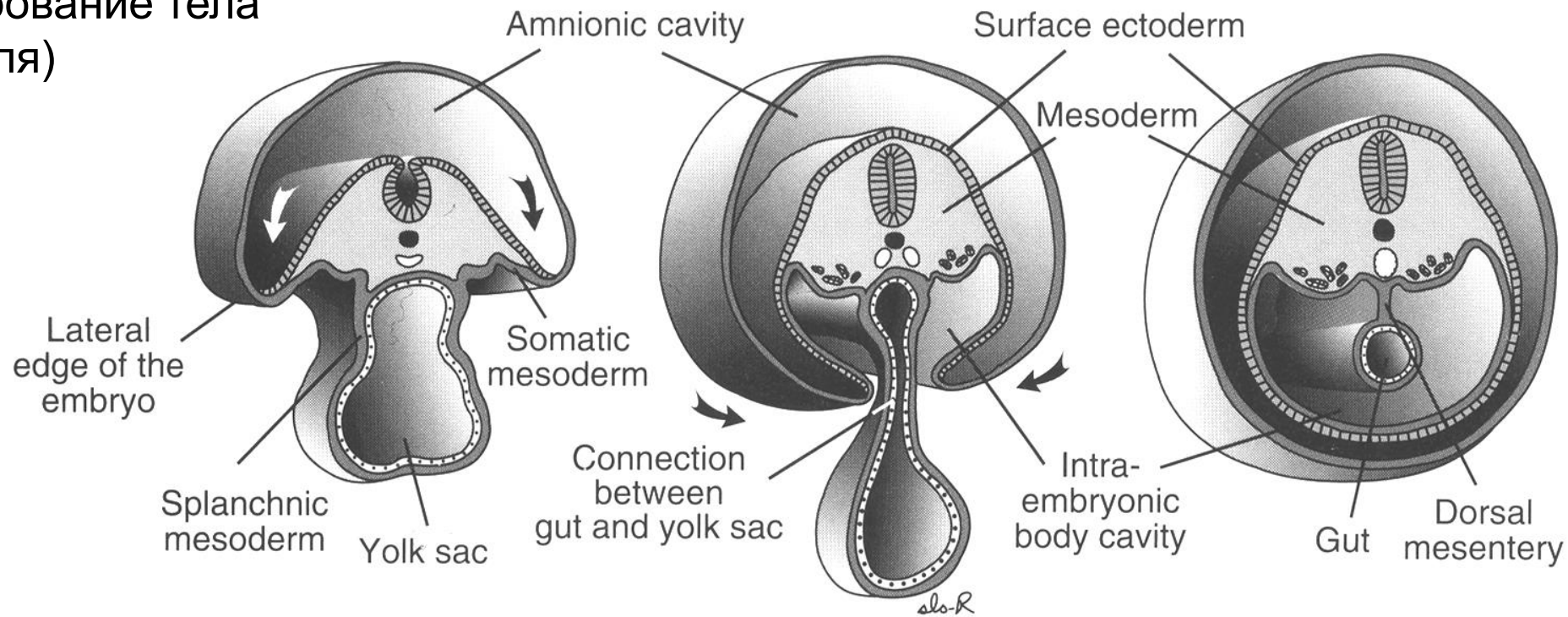


МОЗГОВОЕ ВЕЩЕСТВО



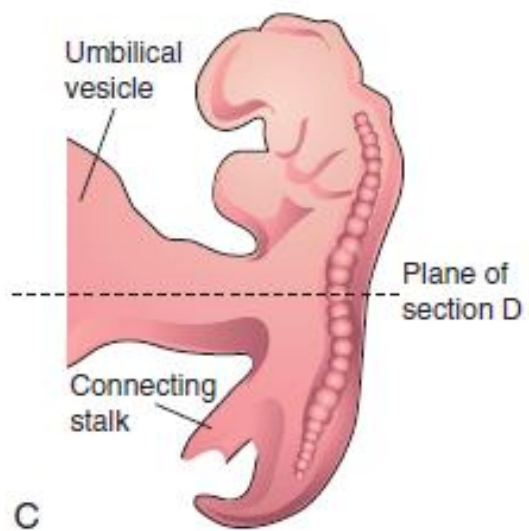
Мочевыделительная и половая системы развиваются из нефротома

Формирование тела
(4 неделя)

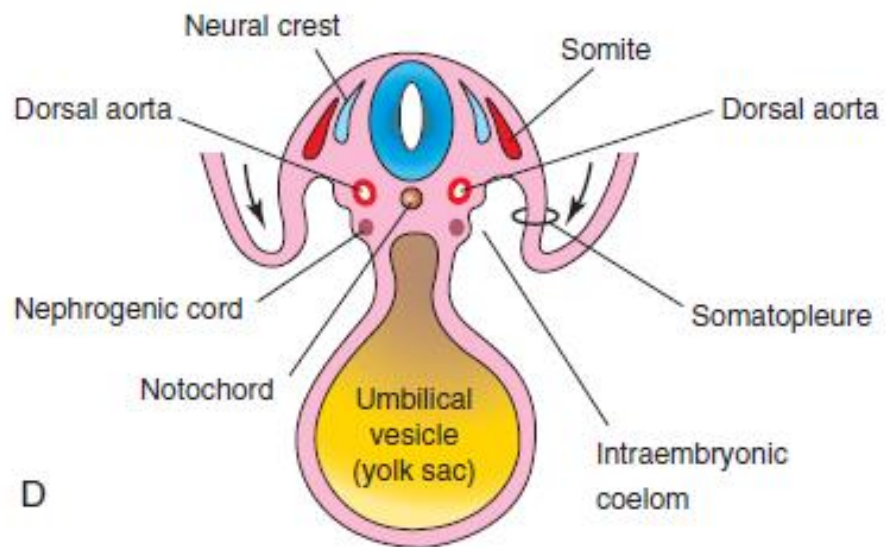


- **Мочевыделительная система формируется первой** (затем половая система).
- **Последовательно образуются:** пронефрос → мезонефрос → метанефрос.
- **Метанефрос** формирует постоянную почку, которая начинает функционировать на 9 неделе развития. Моча выделяется в амниотическую жидкость на протяжении всего плодного периода. Плод заглатывает амниотическую жидкость, которая реабсорбируется в кишечнике, а продукты обмена через плаценту выделяются в кровь матери.

24-й день

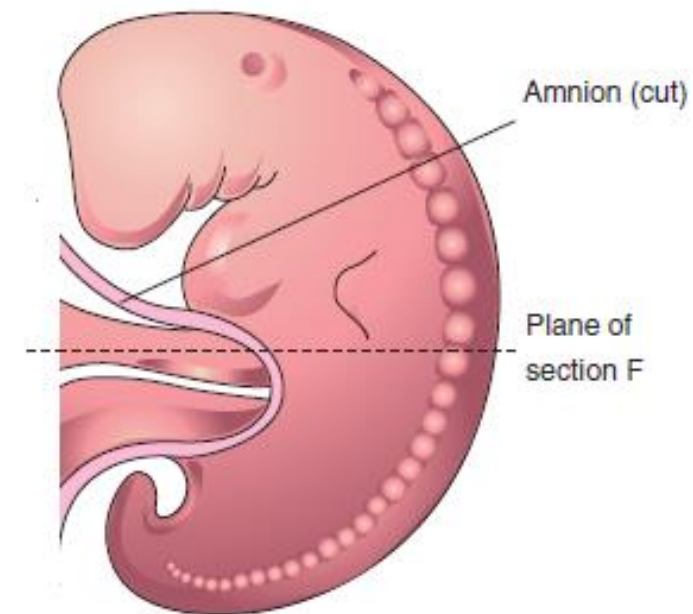


C

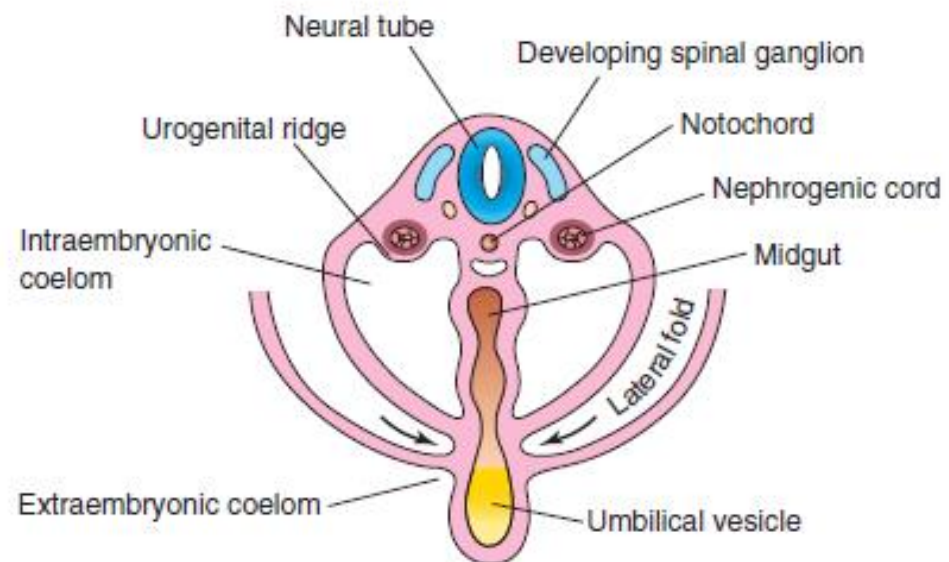


D

28-й день



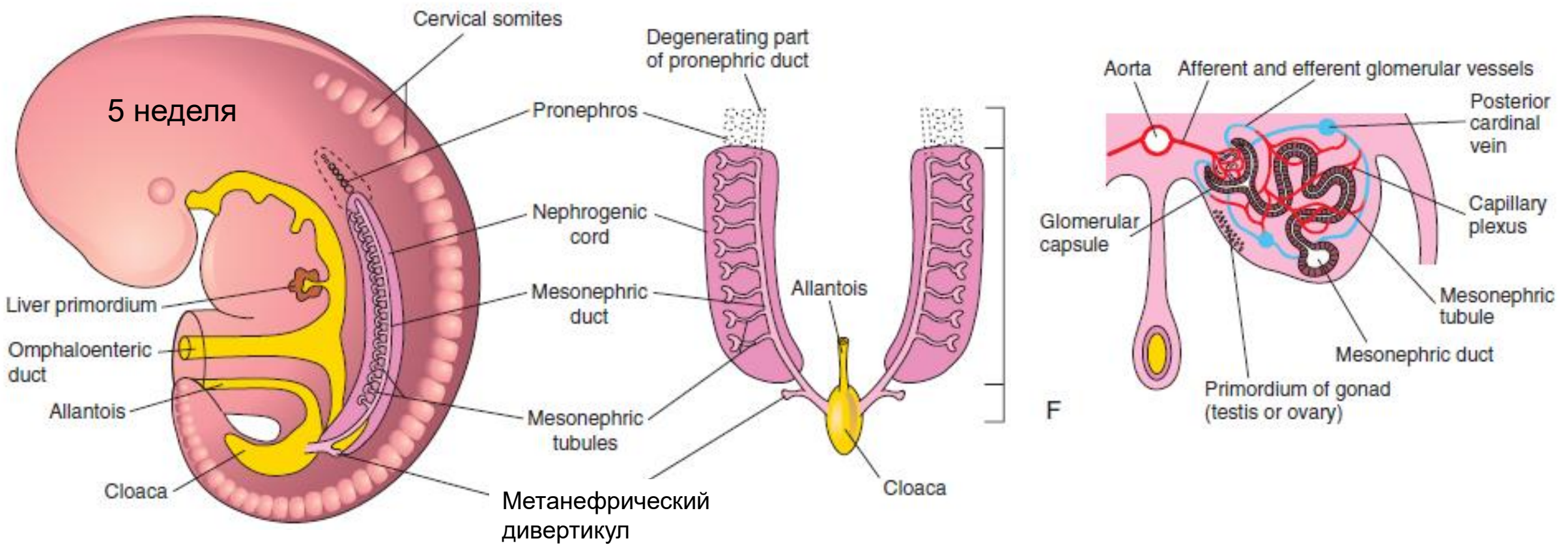
E



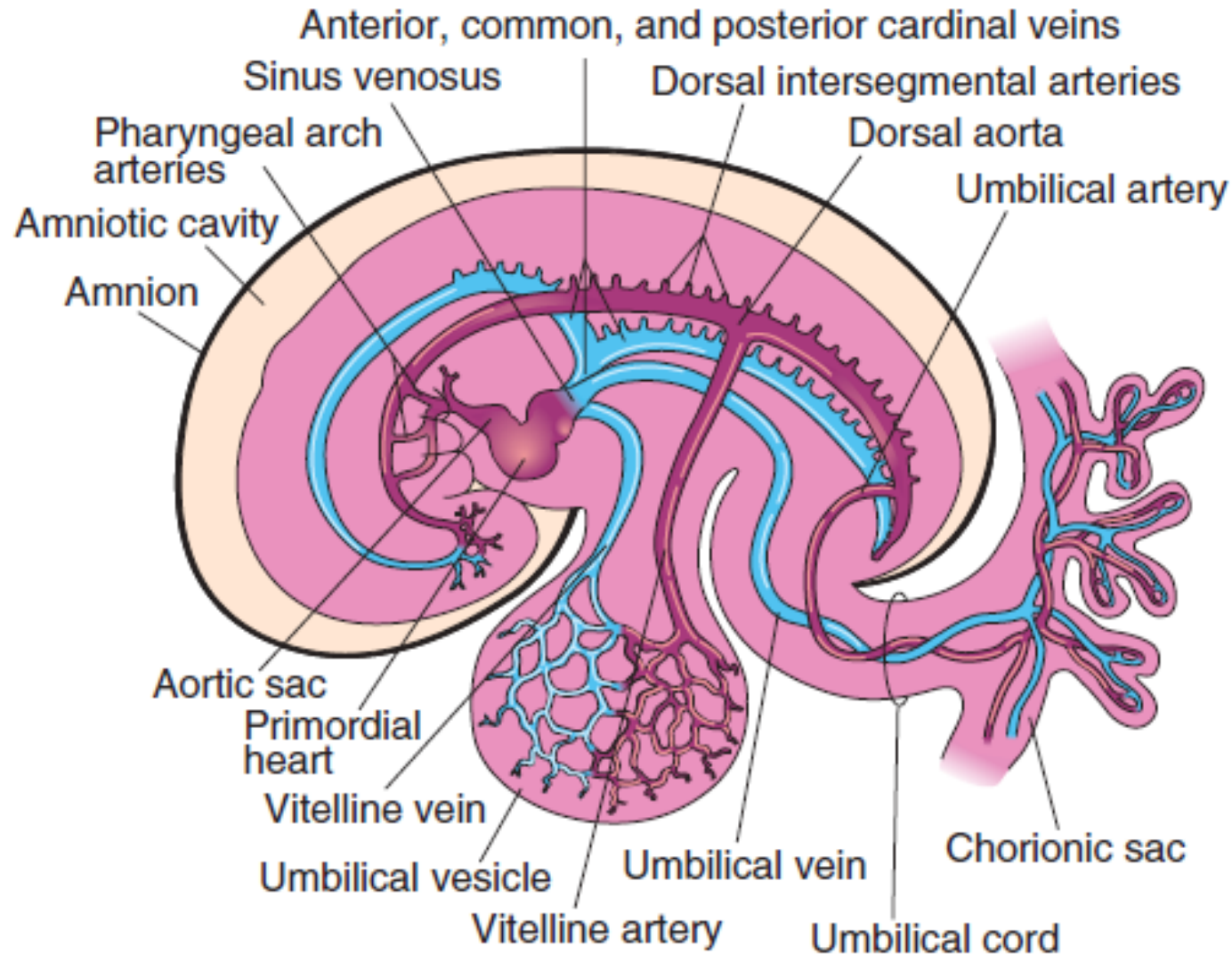
F

Пронефрос рудиментарен и не функционирует. В шейной области сегментированная мезодерма представлена 7-10 плотными скоплениями клеток — нефротомы. Между клетками формируется объединяющий их проток пронефроса, позднее соединяющийся с протоком мезонефроса. По мере появления последующих нефротомов происходит дегенерация предыдущих. К концу 4-й пронефрос дегенерирует.

Мезонефрос крупный орган овоидной формы, действует на ранних стадиях внутриутробного развития. Содержит S-образные каналцы, один конец которых охватывает капиллярный клубочек, а другой впадает в мезонефрический проток. Когда каудальные каналцы мезонефроса ещё формируются, краниальные каналцы уже дегенерируют; к концу 2-го месяца большинство из них исчезает.



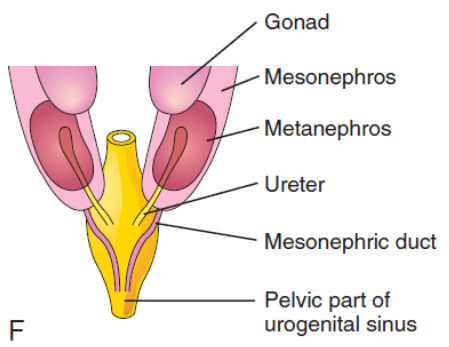
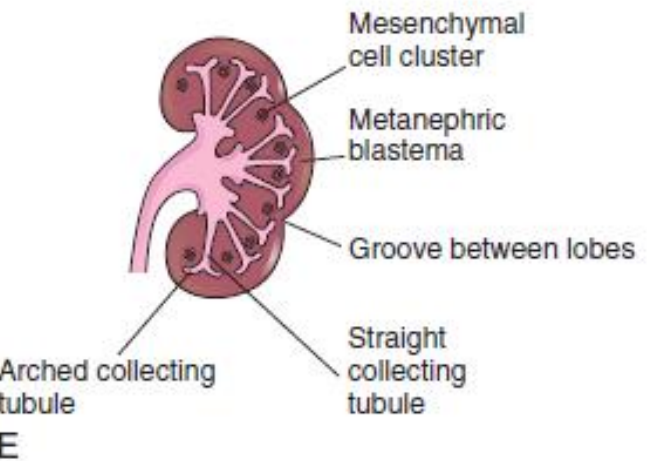
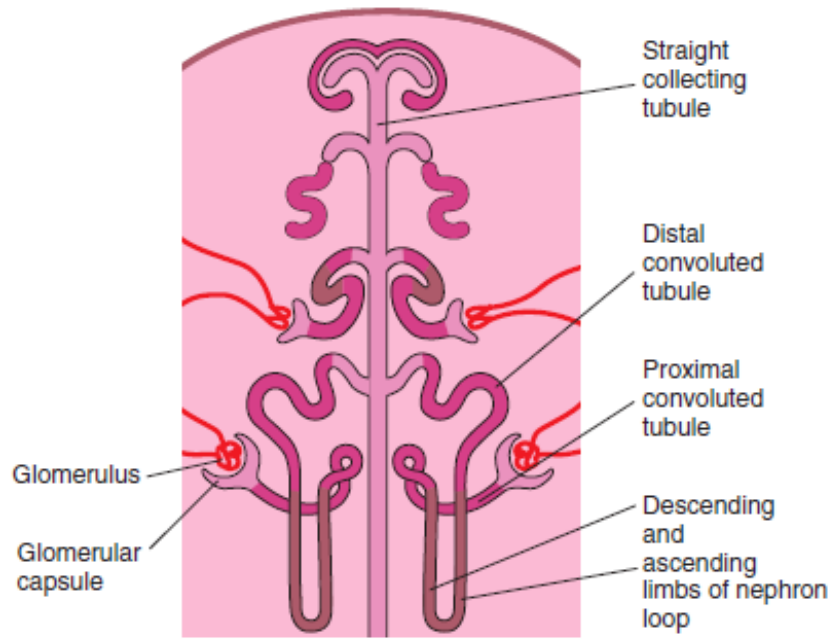
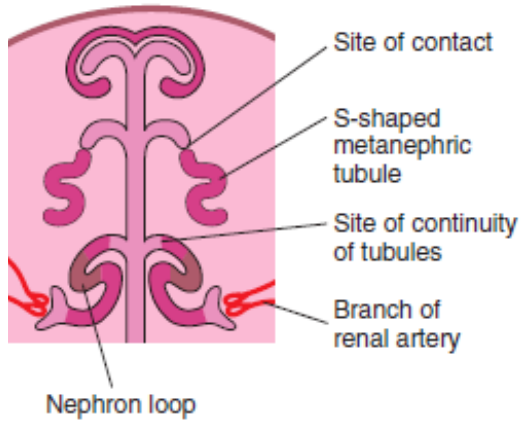
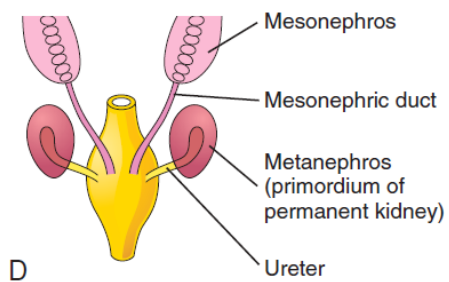
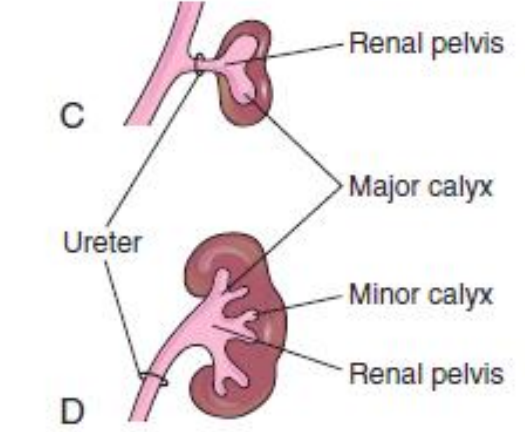
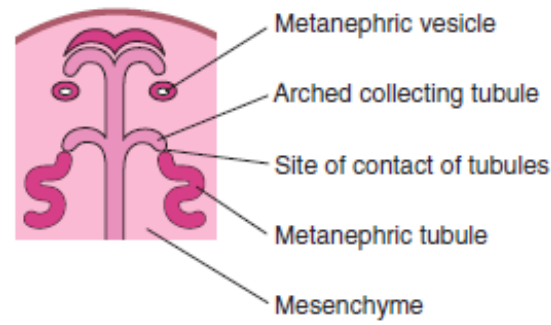
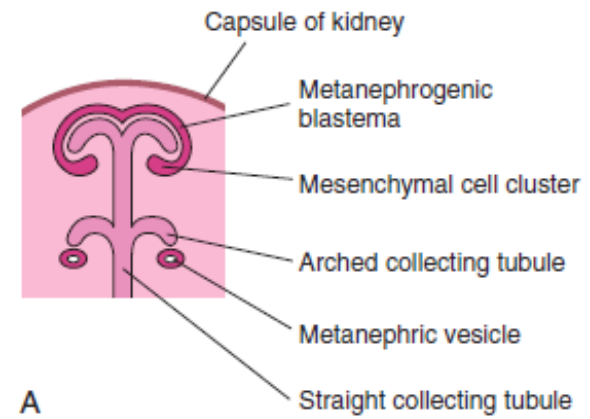
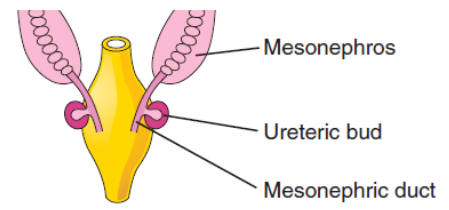
Кровоснабжение эмбриона на 26 сутки развития



Дорсальные межсегментные артерии отходят от дорсальной аорты и проходят между сомитами. Большинство из них питает сомиты (будущие мышцы и кости), от этих артериальных ветвей отходят приносящие артериолы, которые проникают в капсулы мезонефральных канальцев.

Пупочные артерии выносят углекислый газ и продукты обмена в сосуды хориона.

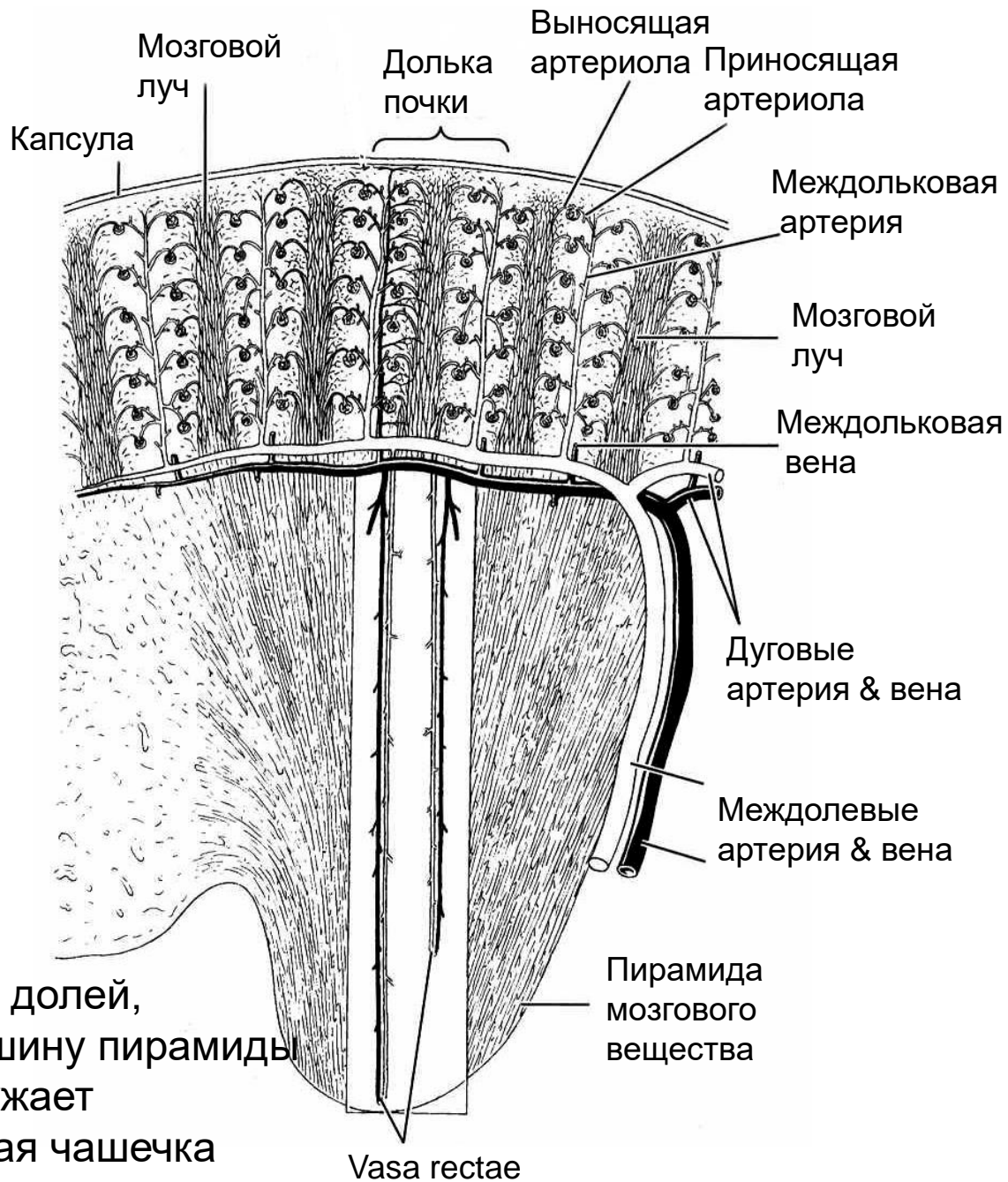
Метанефрос развивается с 5 недели из каудальной части промежуточной мезодермы — метанефрогенной бластемы (источника канальцев нефрона) и метанефрического дивертикула (источника собирательных трубочек и более крупных мочевыводящих путей). Нефроногенез завершается к 36-й неделе развития.



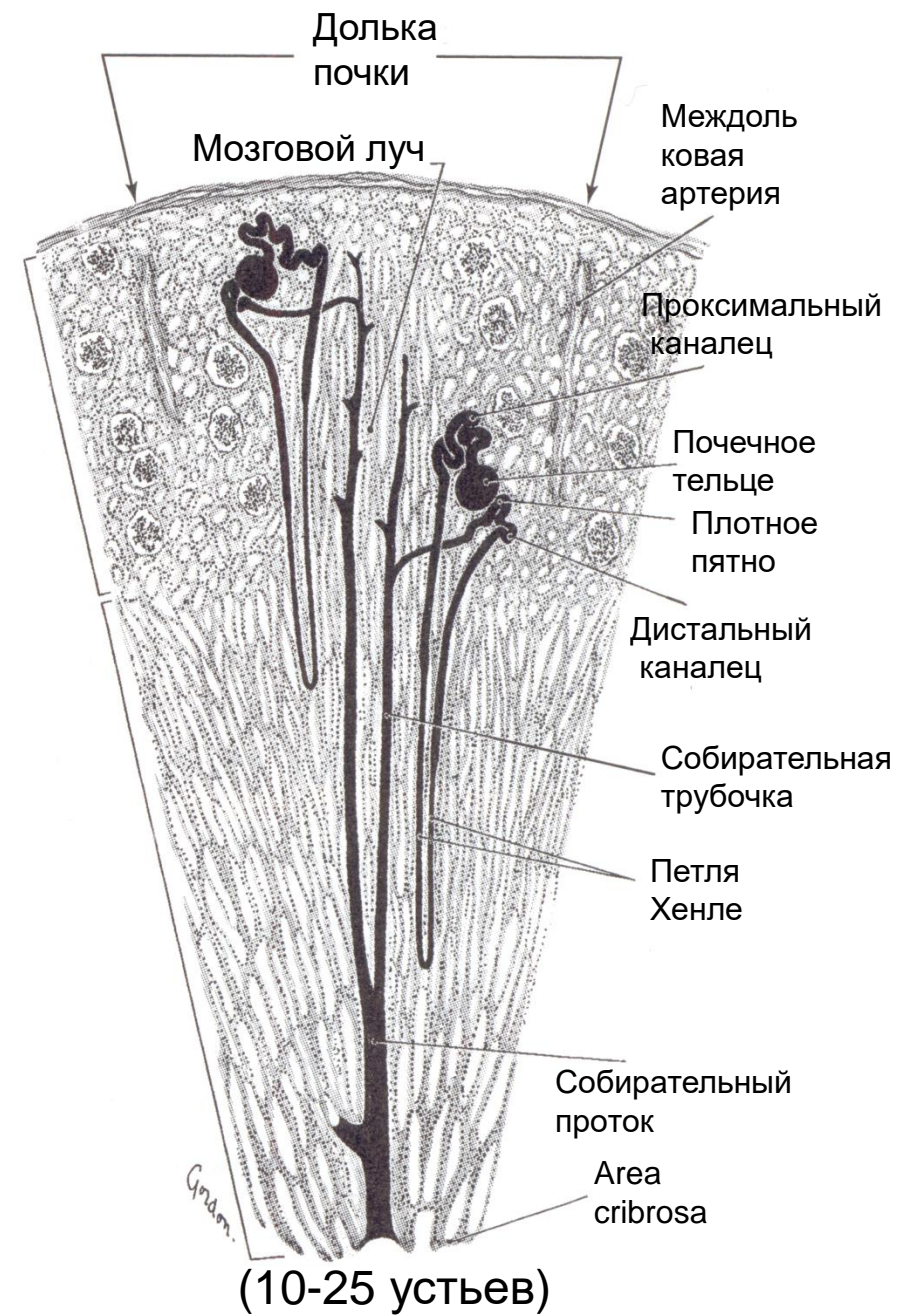
C

D

Доля почки



Долька почки



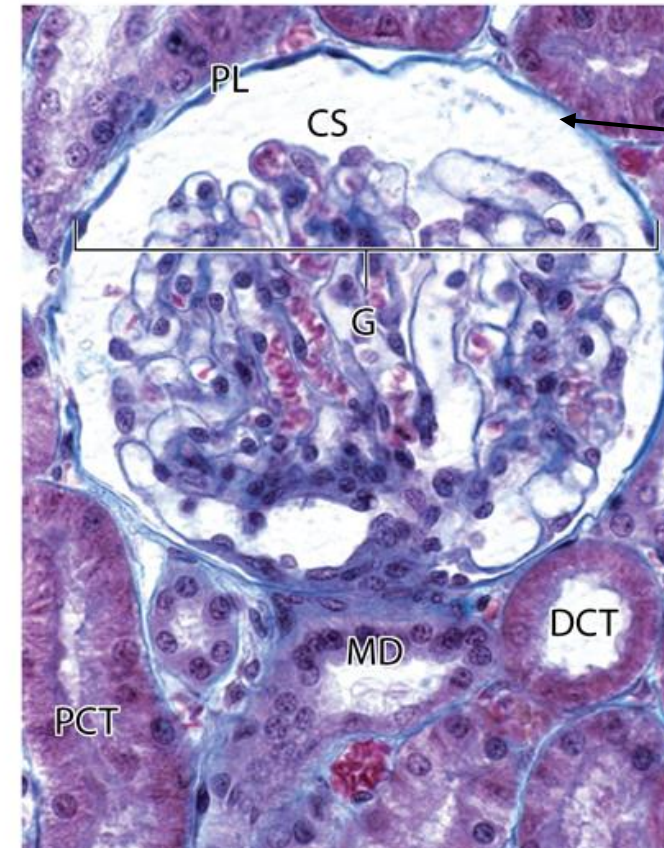
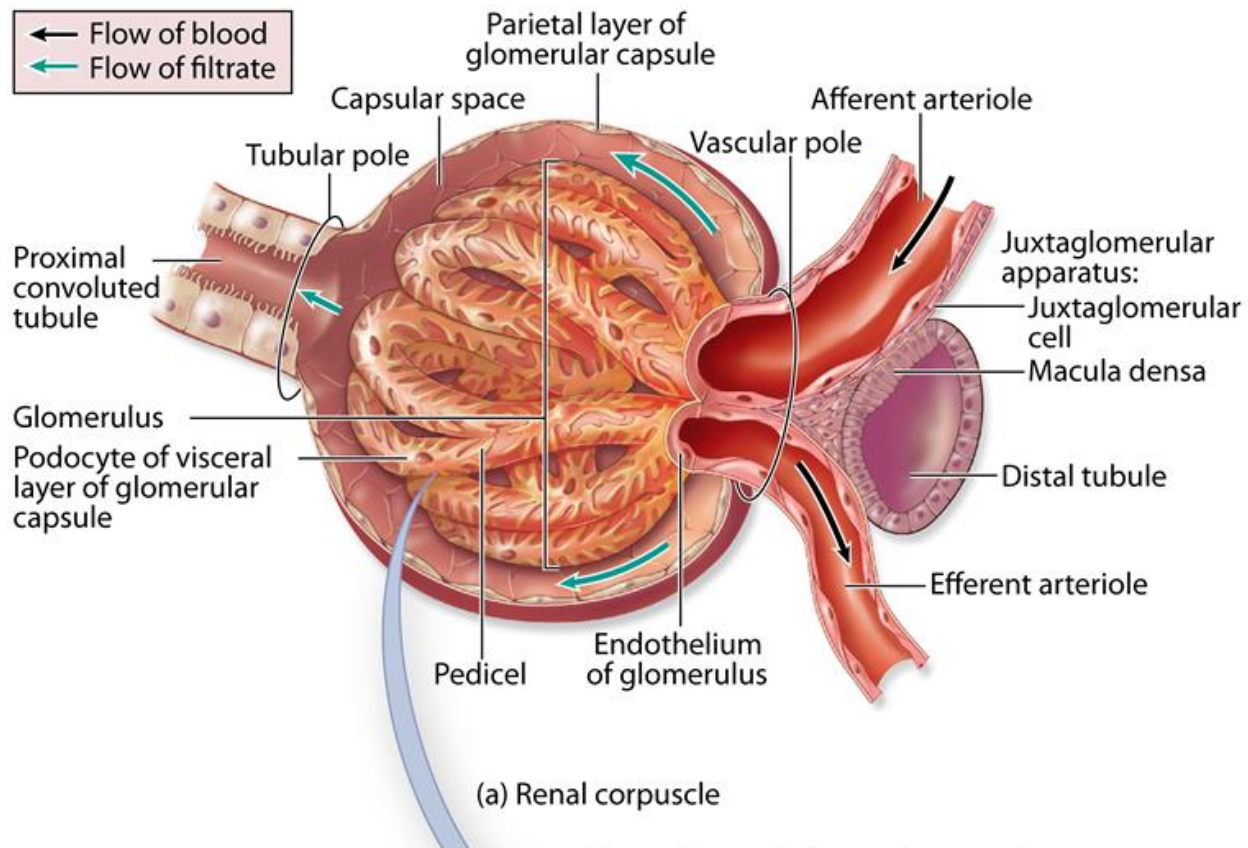
Кровоснабжение почки



Первичная капиллярная сеть. От междольковых артерий параллельно поверхности органа ответвляются короткие приносящие артериолы (внутридольковые артериолы), переходящие в капиллярный клубочек (первичная капиллярная сеть). Клубочки первичной капиллярной сети входят в состав почечных телец, в которых происходят фильтрация плазмы и образование клубочкового фильтрата.

Вторичная капиллярная сеть. Капилляры клубочка собираются в выносящие артериолы, дающие начало вторичной (перитубулярной) капиллярной сети коркового и мозгового вещества, причём перитубулярные капилляры глубоких слоёв мозгового вещества имеют прямой ход (*vasa rectae*). Далее начинается венозное русло; ход вен повторяет ход одноимённых артерий. Кровь из капилляров мозгового вещества поступает в прямые венулы, впадающие в дуговые вены.

Почечное тельце. Фильтрация



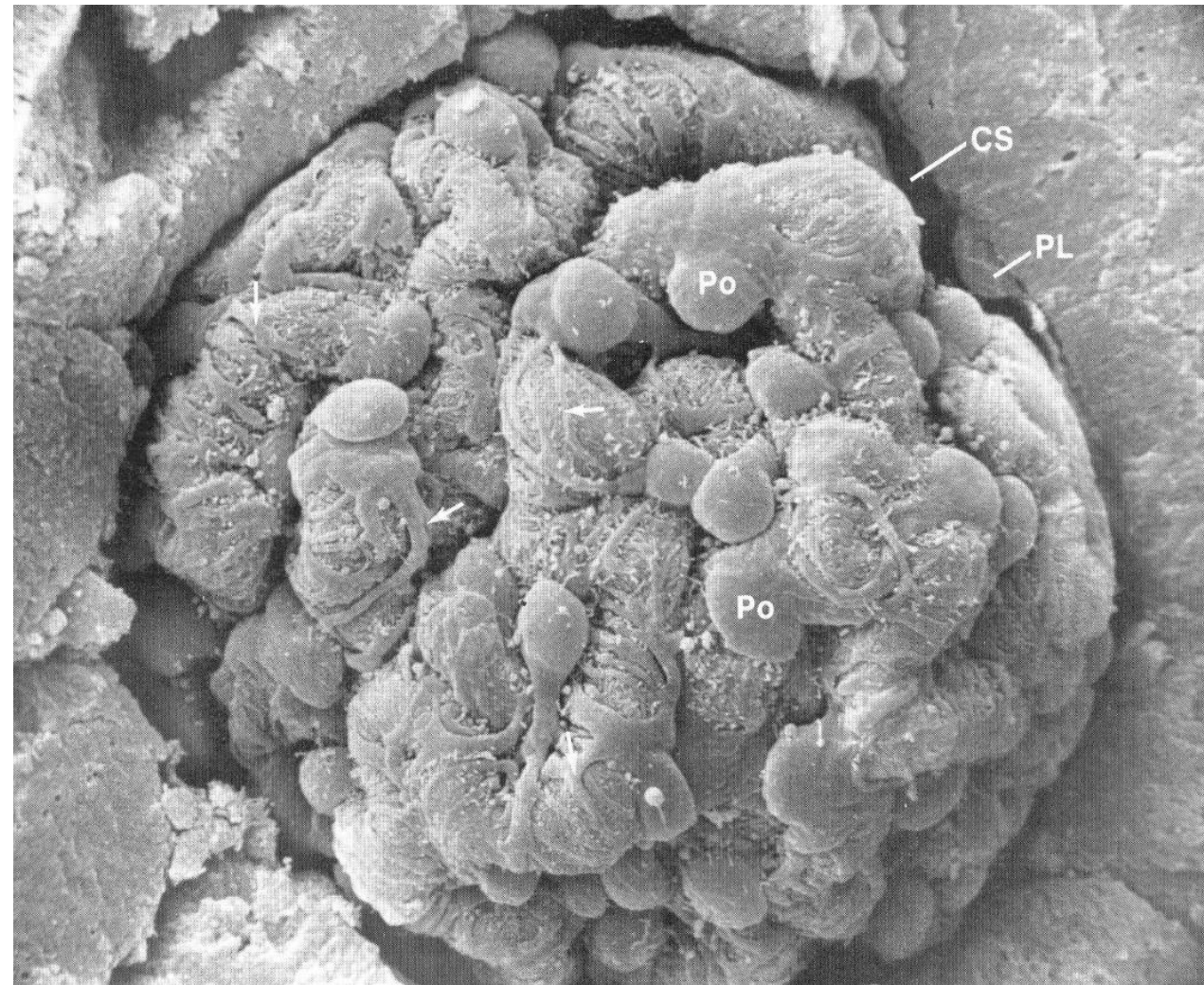
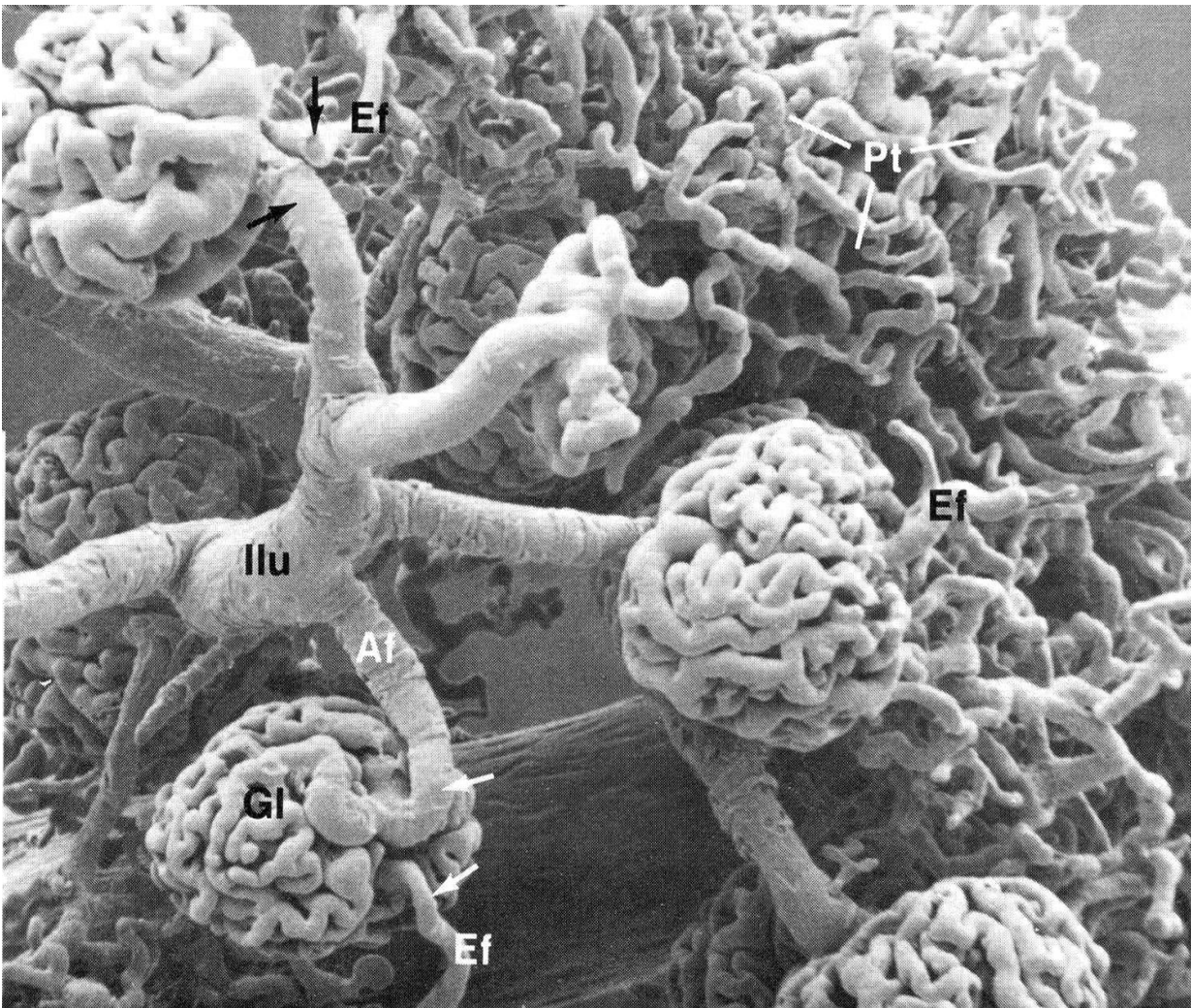
Однослойный
плоский
эпителий

Состоит из капиллярного клубочка и его эпителиальной капсулы.

Капиллярный клубочек. Приносящая артериола распадается примерно на 50 капиллярных петель, собирающихся в выносящую артериолу. Область, где в тельце входит приносящая и выходит выносящая артериолы, называют сосудистым полюсом.

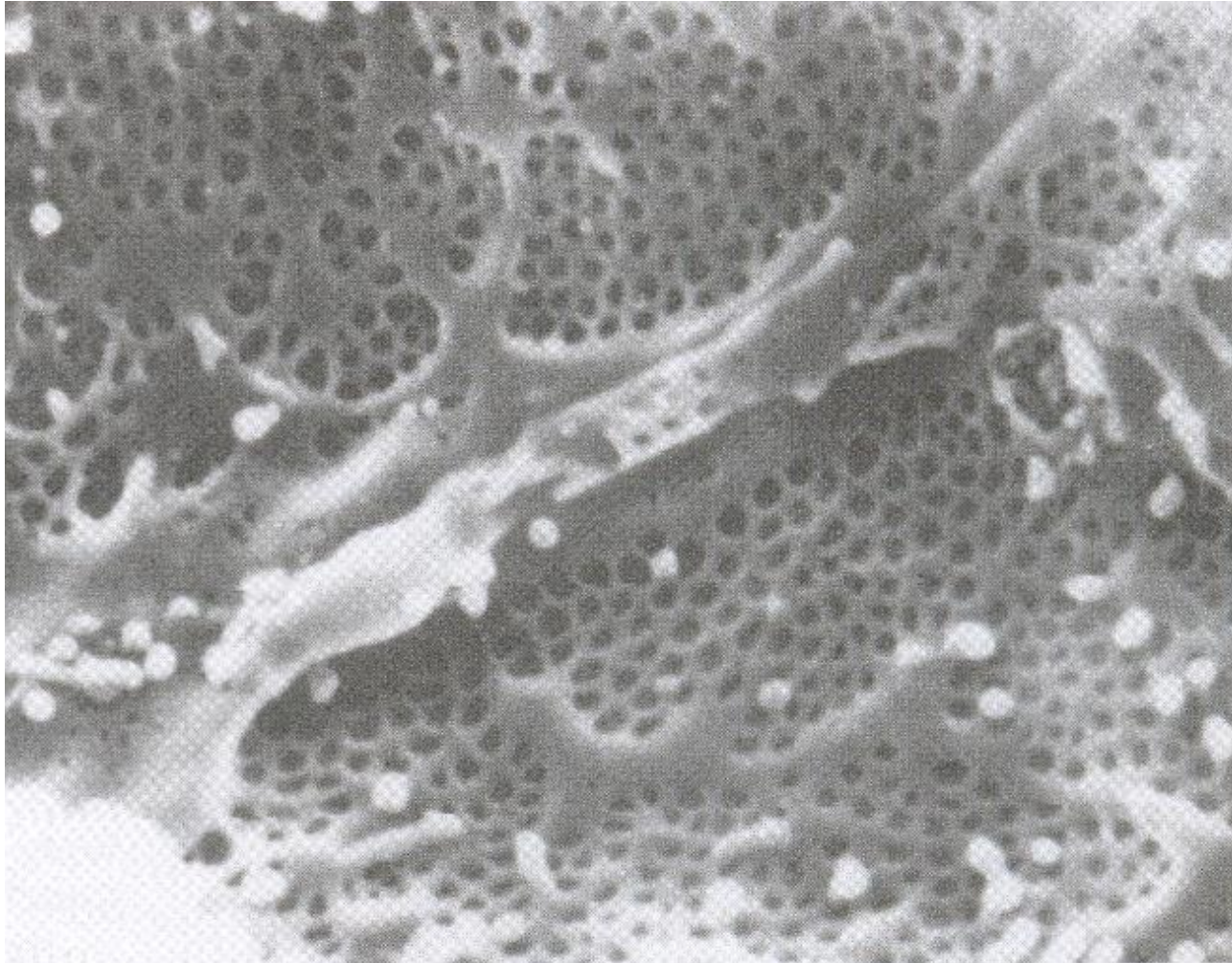
Капсула клубочка состоит из двух листков: наружного (париетального [однослойного плоского эпителия]) и внутреннего (висцерального [подоциты]). Между листками имеется полость, куда из просвета кровеносных капилляров поступает клубочковый фильтрат. Полость капсулы открывается в проксимальный извитой каналец.

Почечное тельце. Капиллярный клубочек и подоциты



Фильтрационный барьер

Состоит из эндотелия капилляров, базальной мембраны и фильтрационных щелей между ножками подоцитов. Путём фильтрации образуется первичная моча (10% объёма крови, протекающей по капиллярам клубочка, фильтрат составляет примерно 180 л/сутки, при этом объём плазмы — 3 л).

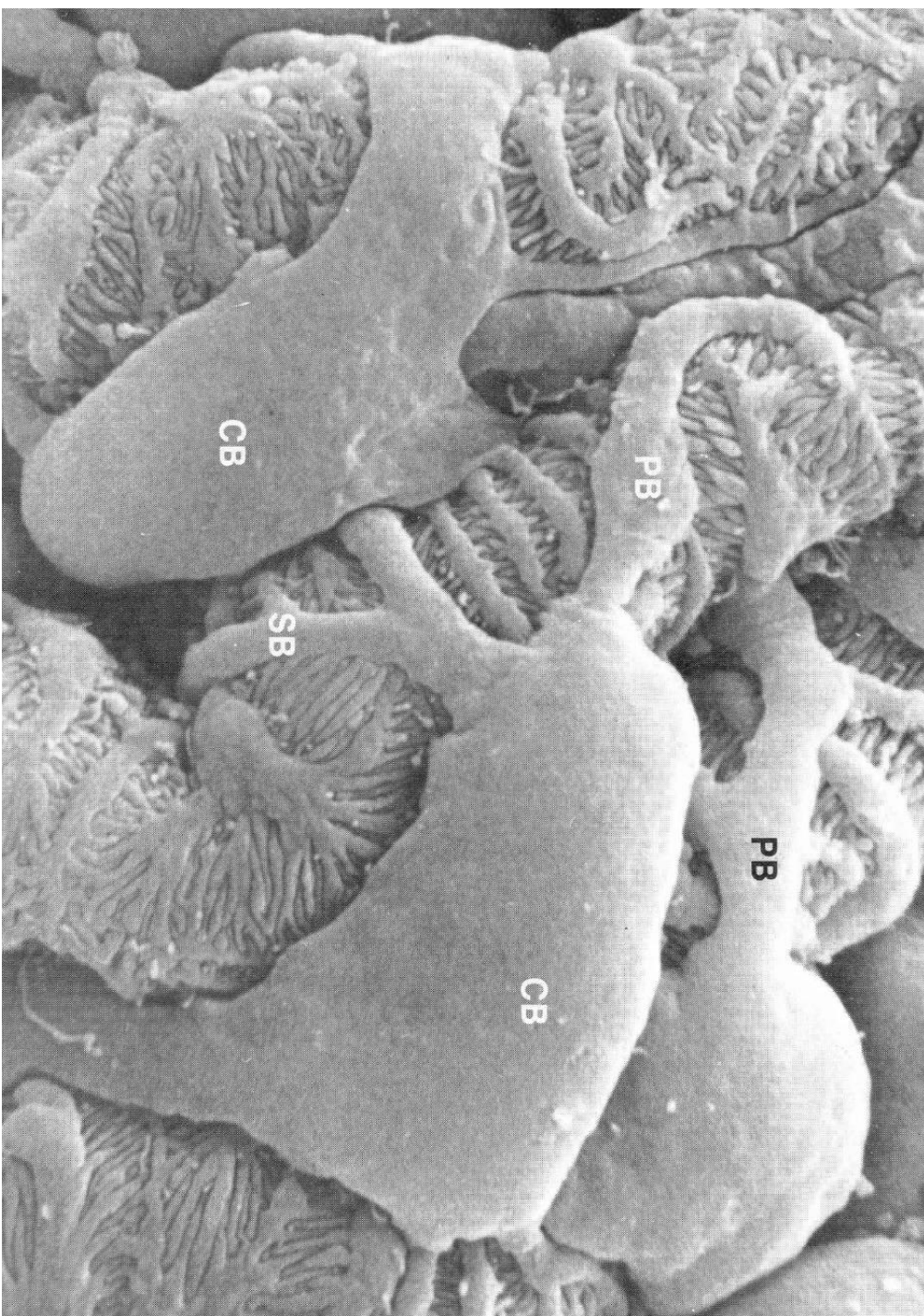


Эндотелиальные клетки капилляров

30% всей поверхности эндотелия занимают фенестры диаметром 100 нм. Задерживают только форменные элементы. Плазма крови непосредственно контактирует с базальной мембраной.

Базальная мембрана в составе барьера

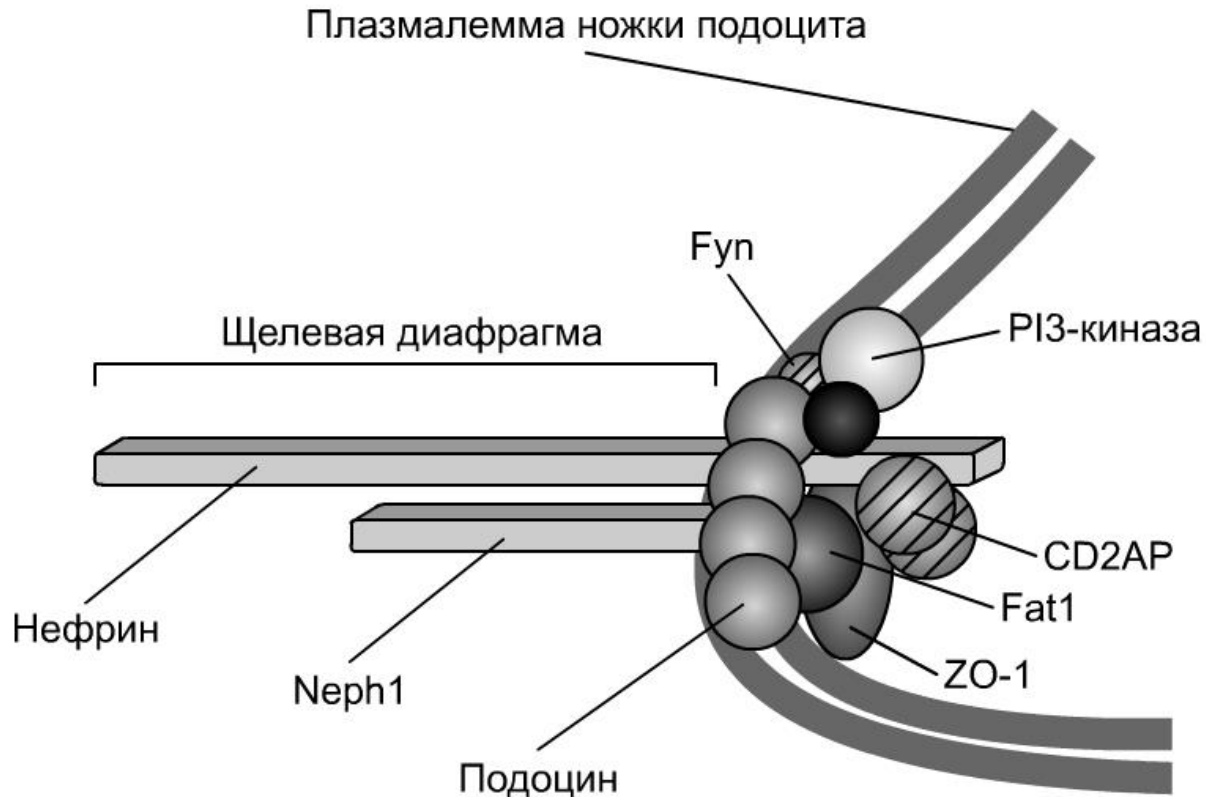
- БМ толщиной до 300 нм формируется за счёт синтетической активности эндотелиальных клеток, подоцитов и мезангиальных клеток.
- Мелкоячеистая сеть БМ образована молекулами коллагена типа IV, ламинина и связывающих их сульфатированного гликопротеина энтактина.
- Отрицательно заряженные цепи гепарансульфата препятствует прохождению сквозь неё отрицательно заряженных белков плазмы.
- Вещества с Mr до 1 кД проходят через базальную мембрану свободно, до 10 кД в ограниченном количестве, а более 50 кД — в ничтожных количествах.



Фильтрационные щели

- Подоциты — видоизменённые эпителиальные клетки внутреннего листка капсулы. Они образуют большие ножки, от которых отходят многочисленные нитевидные малые ножки, примыкающие снаружи к капиллярам почечного тельца.
- Между малыми ножками подоцитов формируется лабиринт щелевидных пространств.
- Фильтрационные щели размеров около 25 нм, затянуты щелевыми диафрагмами (сеть с ячейками размерами от 4 до 14 нм).
- Щелевые диафрагмы содержат отрицательно заряженные гликопротеины, белок нефрин.
- Ножки подоцитов (за счёт актиновых микрофиламентов) в широких пределах изменяют свою толщину, что неизбежно сказывается на ширине фильтрационных щелей.

Щелевая диафрагма



Нефрин. При мутации гена *NPHS1* отсутствует типичная щелевая диафрагма, имеются тяжёлые аномалии подоцитов; причина врождённого нефротического синдрома. Летальность 100%.

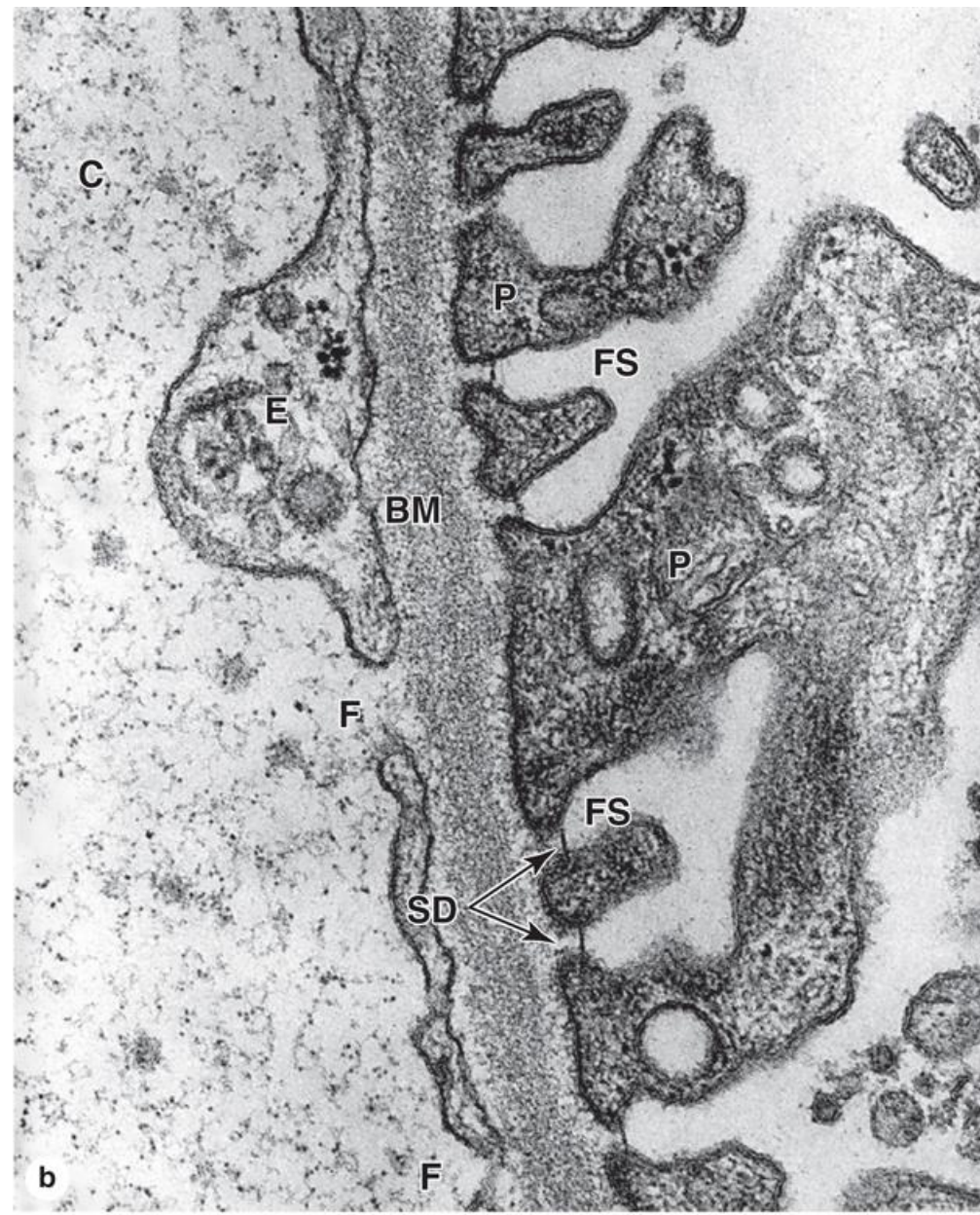
Подоцин. Недостаточность подоцина (дефекты гена *NPHS2*) приводит к развитию стероид-резистентной формы нефротического синдрома.

Нефротический синдром — состояние, характеризующееся генерализованными отёками, массивной протеинурией, гипопроteinемией и гипоальбуминемией.

Фильтрационный барьер под электронным микроскопом

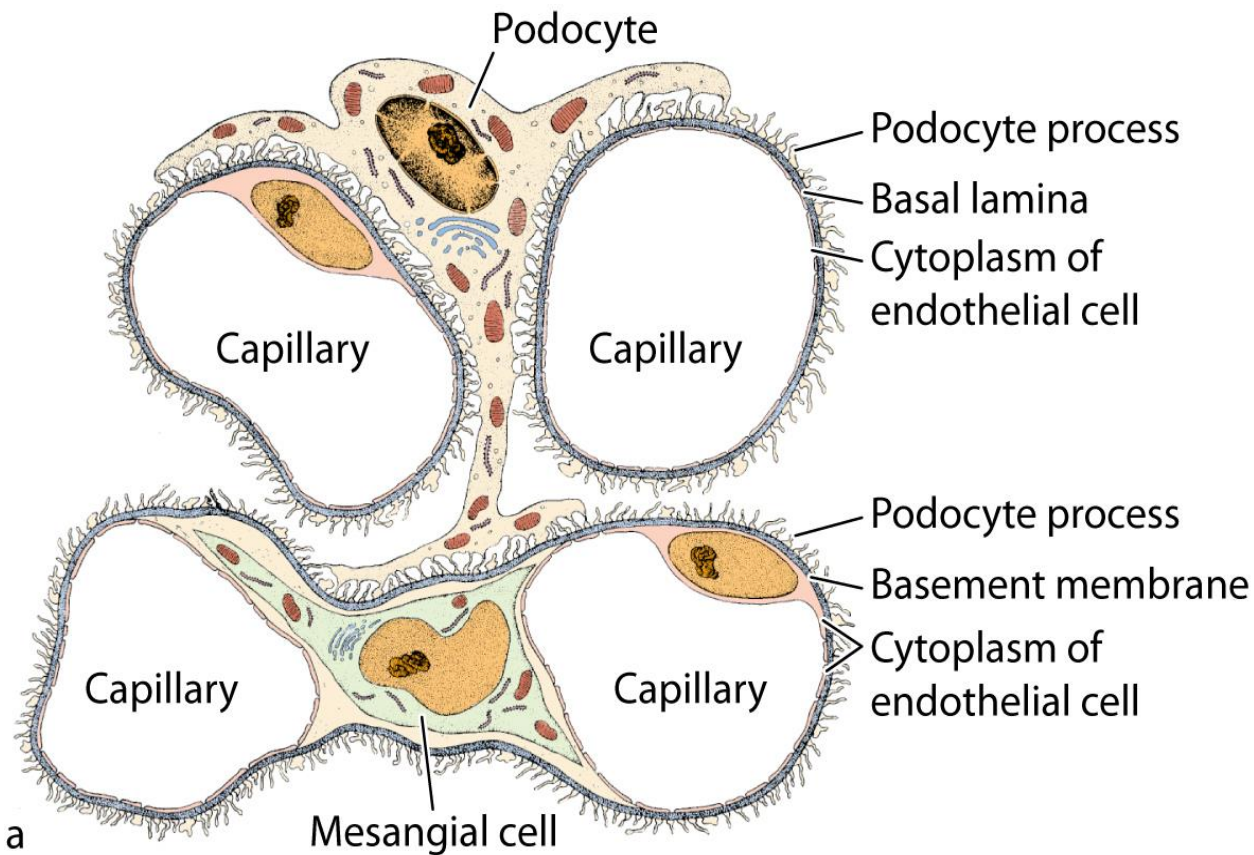


Figure 19-6



C – капилляр
CS – капсулярное пространство
FS – фильтрационные щели
F – фенестры
BM – базальная мембрана
E – эндотелий
SD – щелевые диафрагмы (указаны стрелками)

Мезангиальные клетки



Внутренний листок капсулы не полностью покрывает каждый отдельный капилляр клубочка. Между капиллярами в таких местах располагаются клетки отростчатой формы — интрагломерулярные мезангиальные клетки — модифицированные перициты.

В цитоплазме мезангиальных клеток в большом количестве присутствуют микрофиламенты. Благодаря этому клетки обладают сократительной активностью и способны регулировать площадь поверхности стенки капилляров, через которую происходит фильтрация, снижая, или увеличивая её уровень. Мезангиальные клетки участвуют в обновлении молекул межклеточного вещества.

Рецепторные входы. Мезангиальные клетки имеют рецепторы вазопрессина, ангиотензина II и атриопептина. Вазопрессин и ангиотензина II стимулирует сокращение мезангиальных (меньше площадь фильтрации → повышение АД), атриопептин — расслабление (больше площадь фильтрации → снижение АД).