

Мочевыделительная система

Лектор: Заведующая кафедрой гистологии и
микробиологии медицинского института СВФУ, к.б.н.,
доцент Елена Виссарионовна Пшенникова

Мочевыделительная система

- мочеобразующие органы - почки (1)
- мочевыводящие органы:
 - мочеточники (2),
 - мочевого пузырь (3),
 - мочеиспускательный канал (4)



Функции выделительной системы

- Удаление из организма конечных продуктов обмена и чужеродных веществ (лекарственных веществ, ксенобиотиков, токсических веществ)
- Регуляция водно-солевого обмена и кислотно-щелочного равновесия
- Регуляция АД
- Регуляция эритропоэза

Функции выделительной системы

- Эндокринная и синтез биологически активных веществ (ренина, эритропоэтина, эритрогенина, простагландинов, биогенных аминов, витамина ДЗ, калликреинов, ряда ИЛ)
- Участие в обмене веществ (белков и углеводов)
- Участие в работе свертывающей-противосвертывающей системы (урокиназы – активатора плазминогена, фактора фибринолиза, фактора активации тромбоцитов)

Развитие почек

- Начинается на 1 месяце эмбриогенеза и продолжается после рождения
- Источники – мезонефральный проток и нефрогенная ткань
- Выделяют 3 стадии:
 - 1. пронефроса (предпочки)
 - 2. мезонефроса (первичной почки)
 - 3. метанефроса (дефинитивной почки)

Развитие почек

- **Пронефрос (предпочка)** – на 1 месяце
- Развивается из 8-10 сегментов нефротомы
- Из них образуются протонефридии (трубочки), которые соединяются с канальцами мезонефроса, образуя **мезонефральный проток (вольфов)**
- Предпочка в качестве выделительного органа не функционирует и затем редуцируется

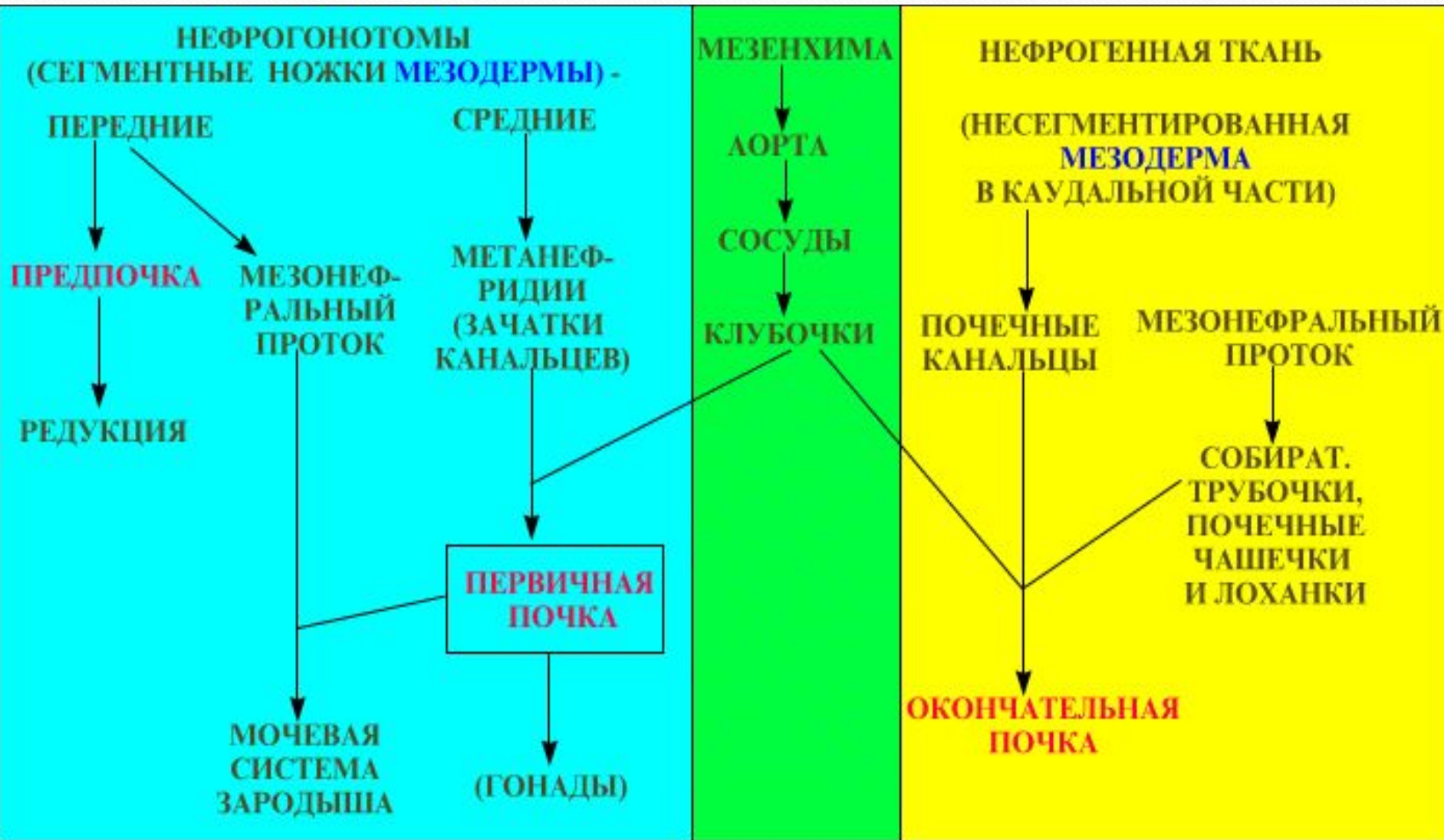
Развитие почек

- **Образование первичной почки (мезонефроса) –**
- На 2 месяце из 25 пар сегментов нефротомы образуются канальцы метанефридии и затем формируют капсулу вокруг сосудистого клубочка
- Одновременно от аорты отшнуровываются сосуды, заканчивающиеся клубочками
- Мезонефрос функционирует 5 месяцев эмбриогенеза, затем редуцируется

Развитие почек

- **Образование окончательной почки (метанефроса) –**
- **Начинает формироваться на 2 месяце и к 5 месяцу – функционирует.**
- **Образуется из нефрогенной ткани и мезонефрального протока**
- **Из нефрогенной ткани образуется корковое вещество**
- **Из мезонефрального протока – собирательные трубочки, сосочки канальцев, лоханки, чашечки, мочеточники**

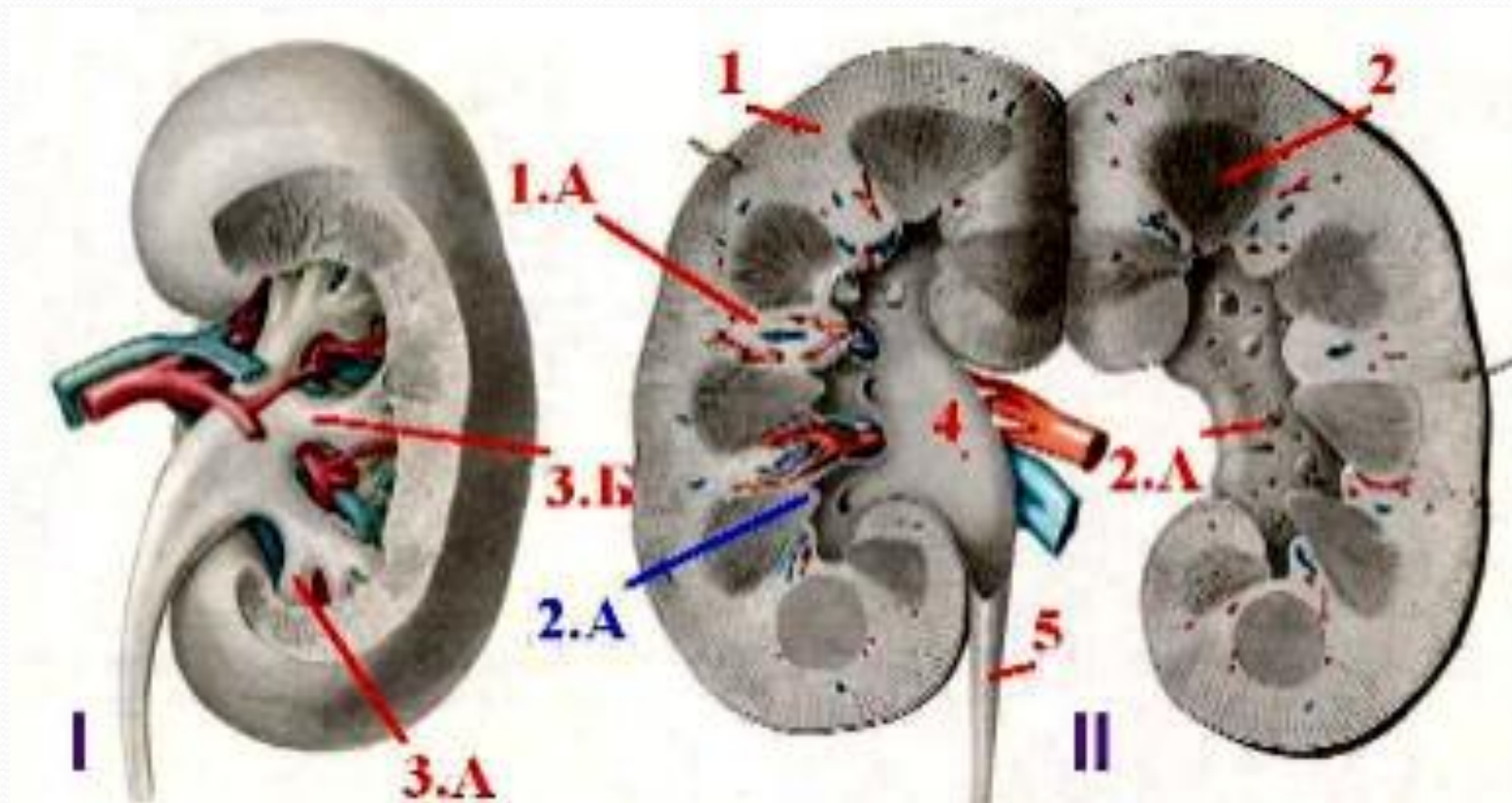
Развитие почек



Строение почки

- Является паренхиматозным органом
- Снаружи покрыта капсулой
- Состоит из коркового и мозгового вещества
- Граница неровная, мозговое вещество образует лучи
- Корковое вещество образует колонки, разделенными мозговыми пирамидами

Строение почки

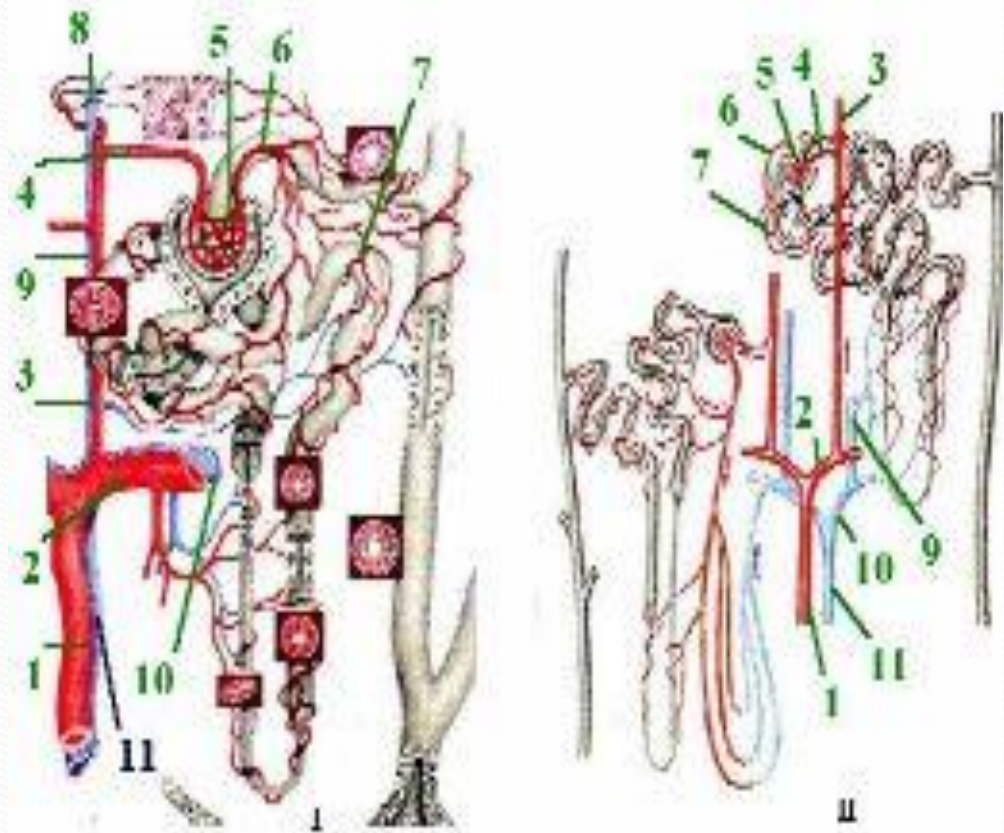


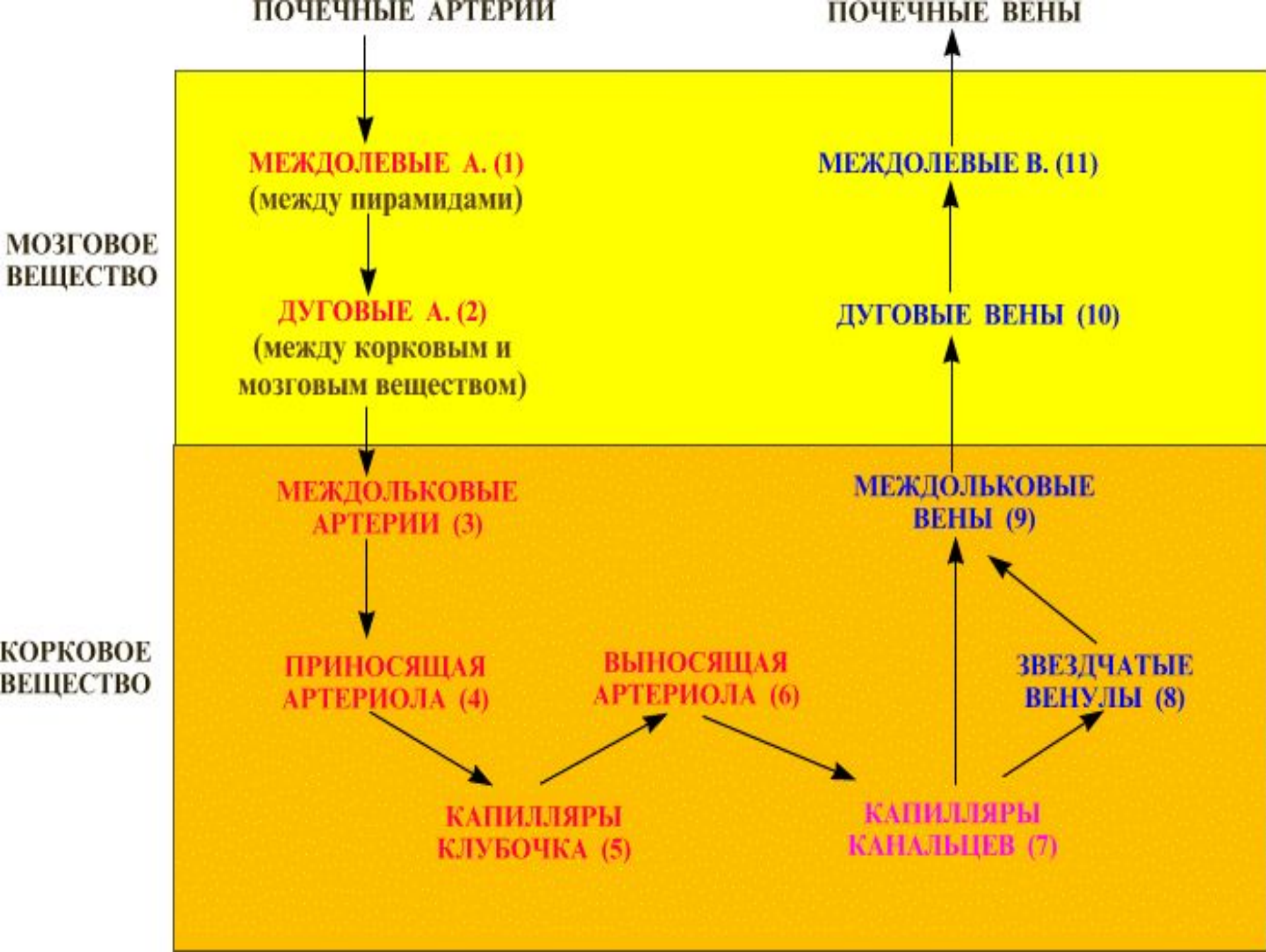
Строение почки

- Кортикальное вещество образует периферический слой паренхимы (под капсулой), а также проникает между скоплениями мозгового вещества в виде почечных колонок.
- Мозговое вещество лежит под корковым и организовано в т.н. почечные пирамиды (числом 8-12), вершины обращены в малые чашечки; пронизывает корковое вещество тонкими мозговыми лучами.

Сосудистая система почки

- В почках кровь последовательно проходит через
- **две капиллярные сети;**
- Капилляры первой сети сгруппированы в
- **Клубочки**, окружённые эпителиальной
- **капсулой Шумлянско-Боумена,**
- Капилляры второй сети оплетают эпителиальные канальцы.





Нефрон – структурно-функциональная единица почки

- Состоит из:
- **Капсулы** (вместе с сосудистым клубочком формирует почечное тельце)
- **Проксимальных** канальцев (извитого, прямого)
- **Тонкий каналец** (часть петли)
- **Дистальных** (прямой и извитого)

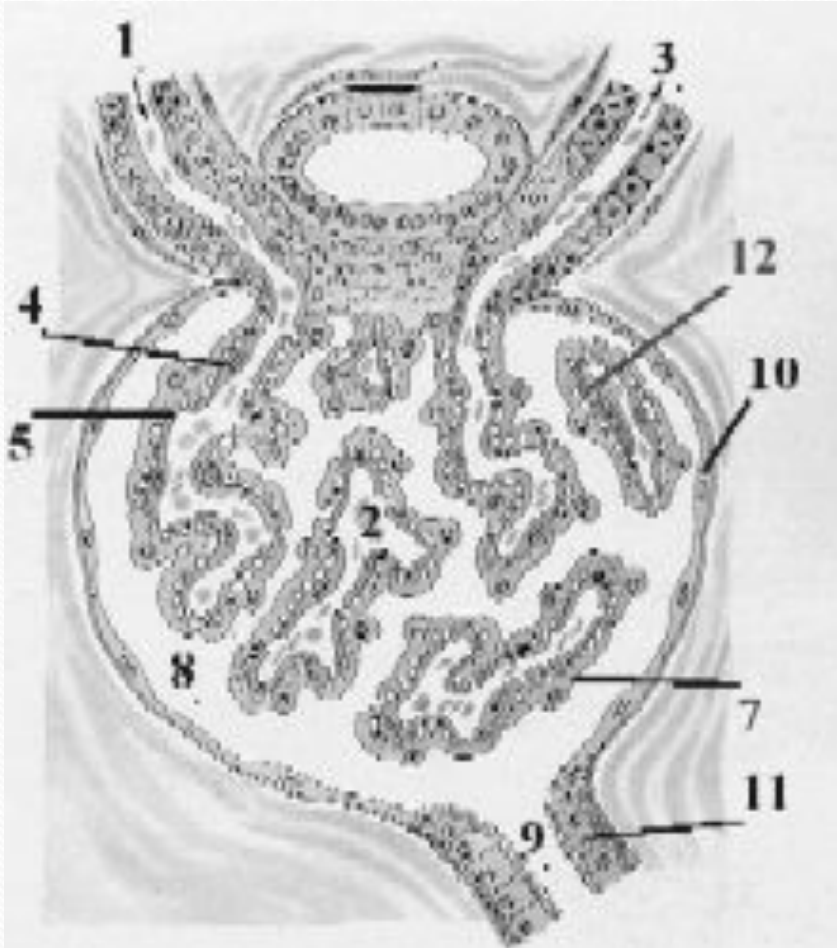
Нефрон

- В каждой почке около 2 млн. нефронов.
- По локализации различают:
- **суперфициальные, или подкапсульные** (1%);
- **корковые** (85%);
- **юкстамедуллярные**, или около мозговые (около 14%).
- Протяженность всех канальцев 1 нефрона составляет около 50 мм, а всех нефронов – около 100 км.
- Дистальные извитые канальцы впадают в собирательные трубочки, продолжают в мозговое вещество и на вершине пирамид открываются в сосочковые каналы.

Почечное тельце

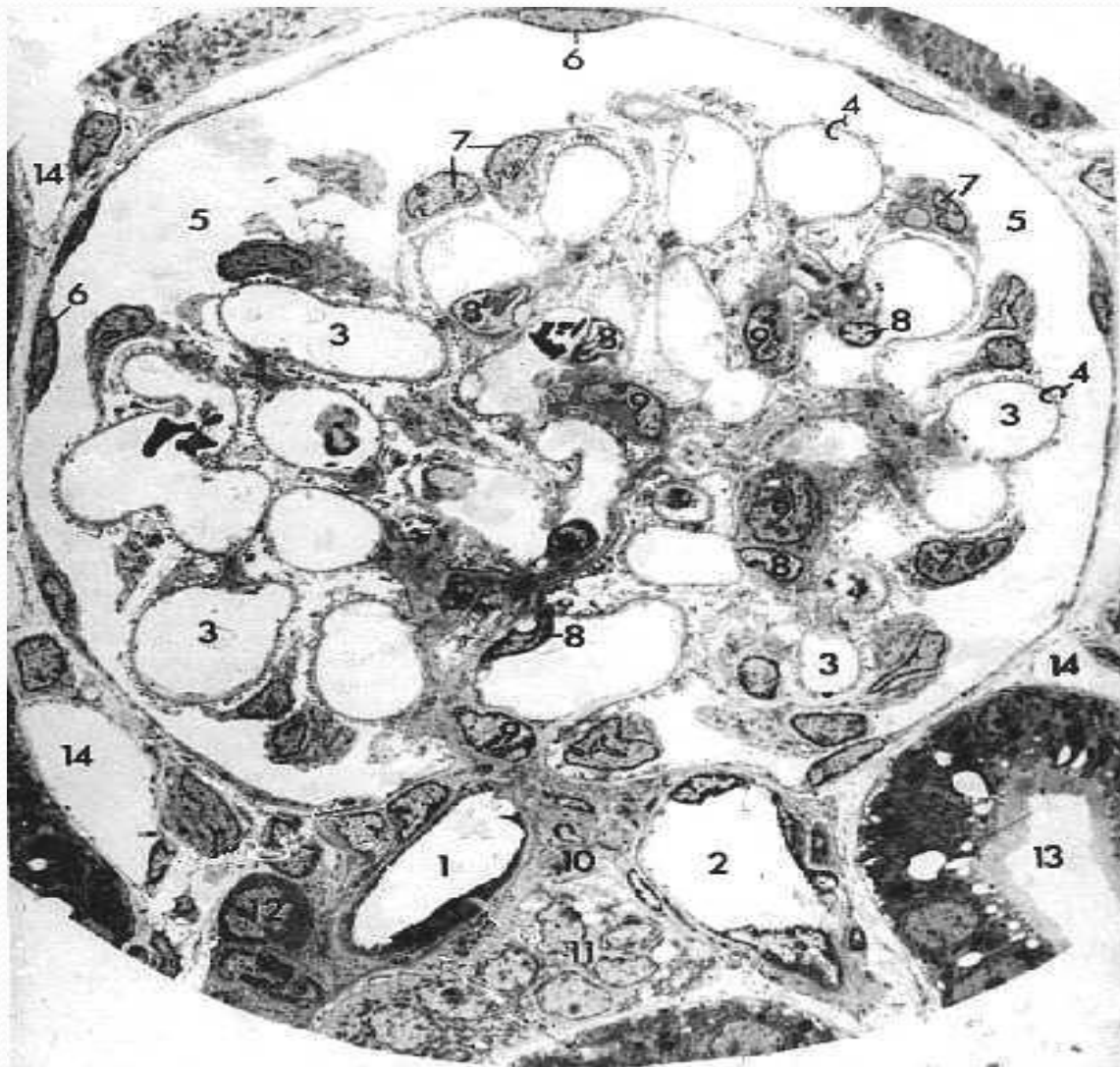
- Обеспечивает избирательную фильтрацию крови
- Образуется первичная моча
- Состоит из сосудистого клубочка и капсулы клубочка

Почечное тельце

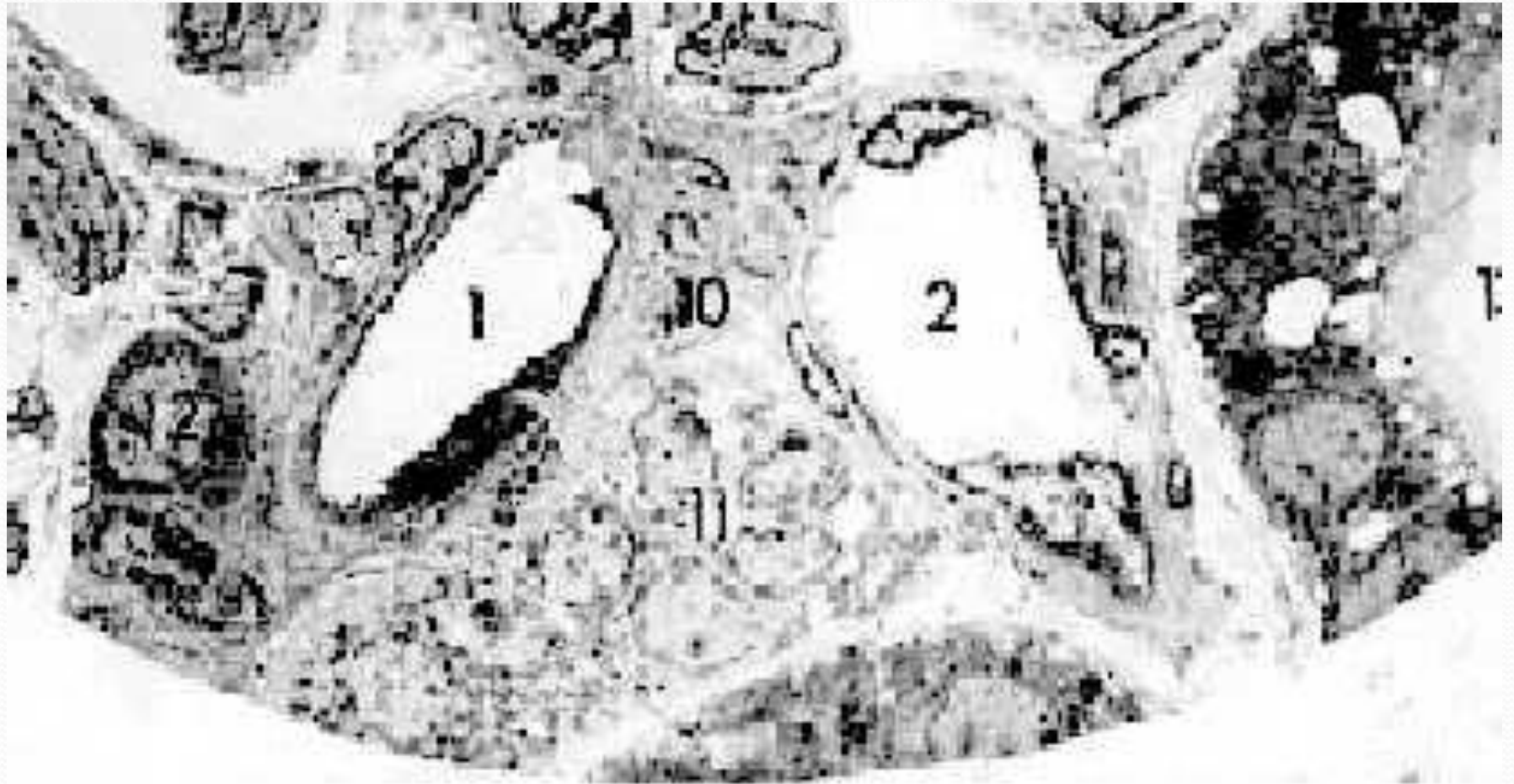


- Приносящая артериола разветвляется
- на 25-50 капилляров,
- которые затем собираются в выносящую артериолу
- Эндотелиальные клетки капилляров имеют фенестры (истончения) и поры.

Почечное тельце



Приносящая и выносящая (меньше по диаметру) артериолы



Сосудистый клубочек

- Образован 20-40 капиллярными петлями между которыми находится особая соединительная ткань – **мезангий**
- Капилляры **фенестрированного** типа, имеет поры,
- Эндотелий имеет **отрицательный заряд** и базальную **мембрану общую с подоцитами**
- Общая поверхность капилляров 1,5 м²

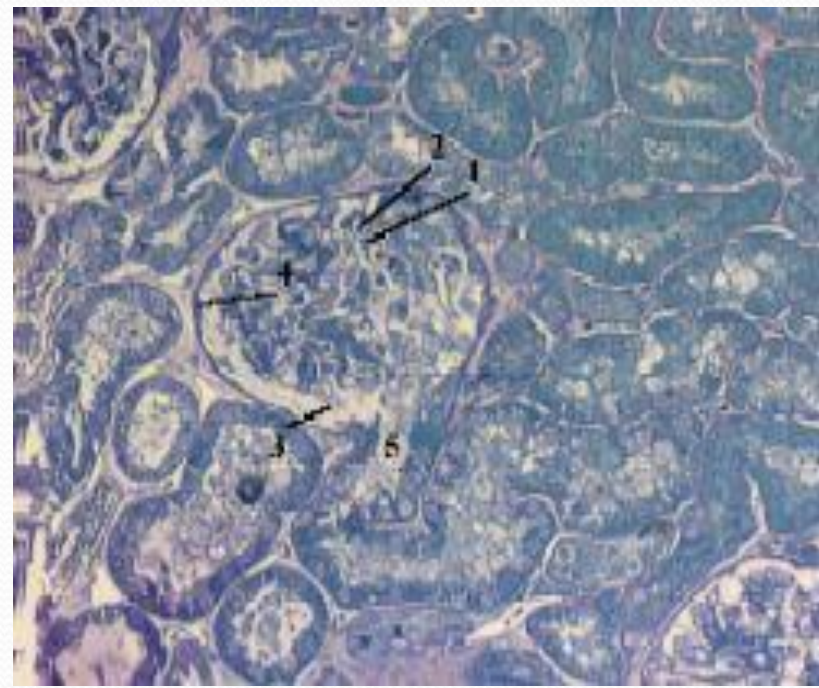
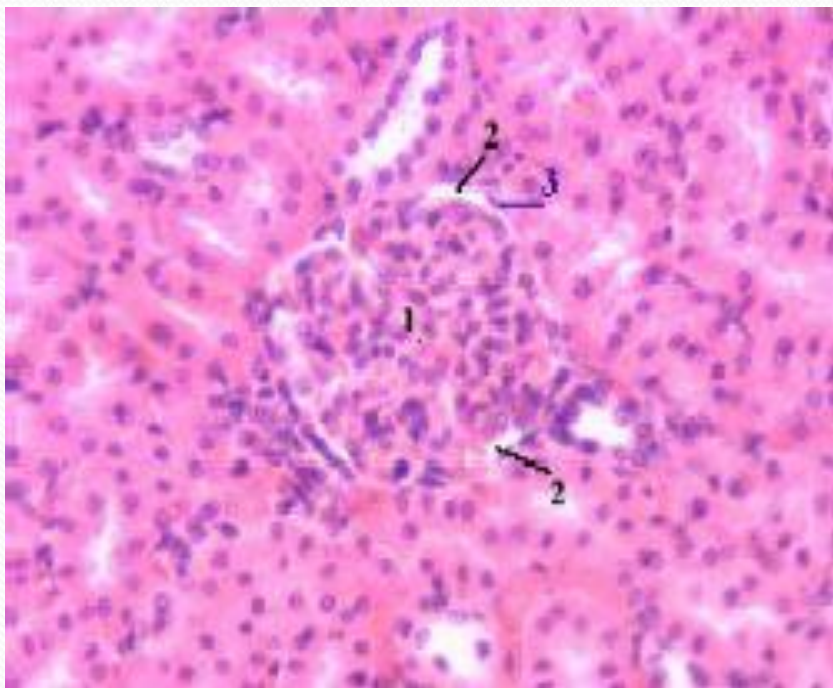
Мезангий

- Мезангий состоит из мезангиальных клеток и межклеточного вещества
- ***Мезангиальные клетки*** – отростчатые, имеет сократительные филаменты
- ***Регулируют кровоток, фагоцитоз, опорную, вырабатывают матрикс***

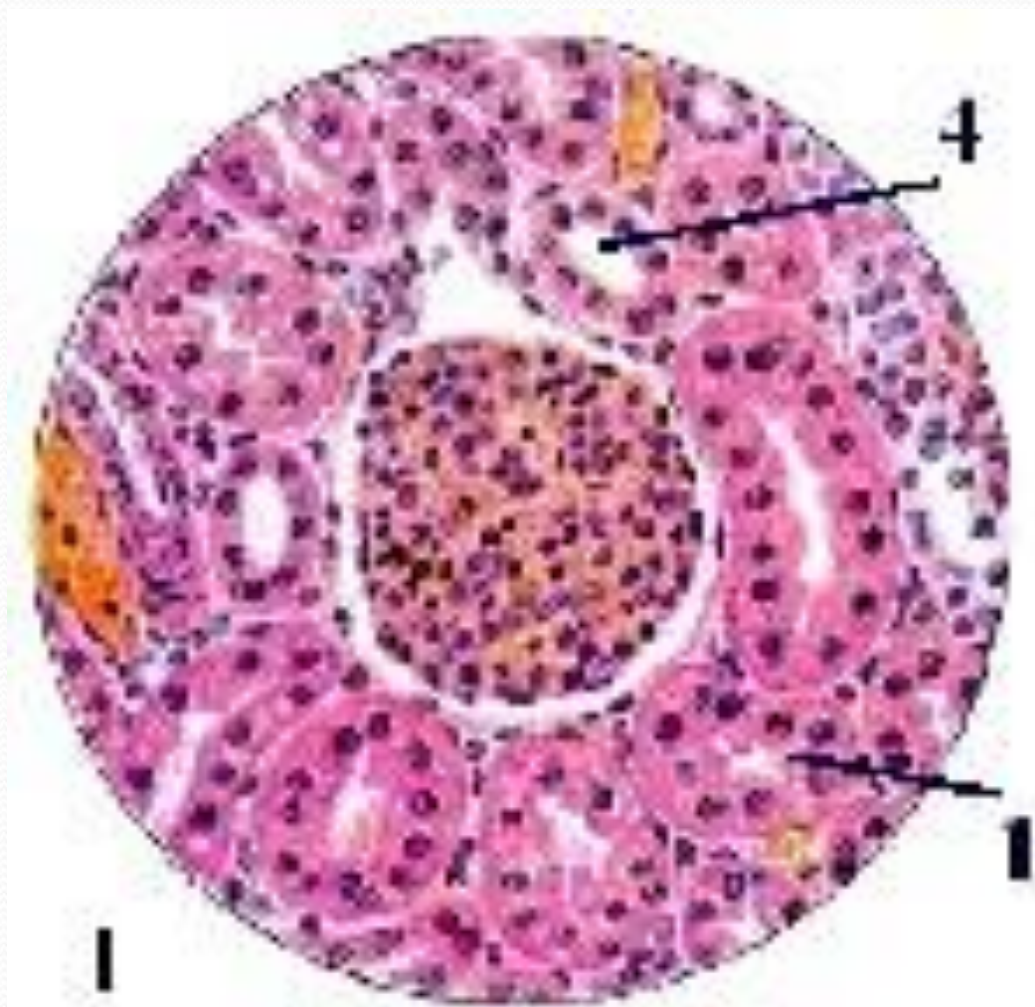
Капсула клубочка Шумлянско-Боумена

- Образована двумя листками (париетальным и висцеральным)
- Париетальный листок – **однослойный** эпителий
- Висцеральный листок – охватывает капилляры клубочка и образован **подоцитами**

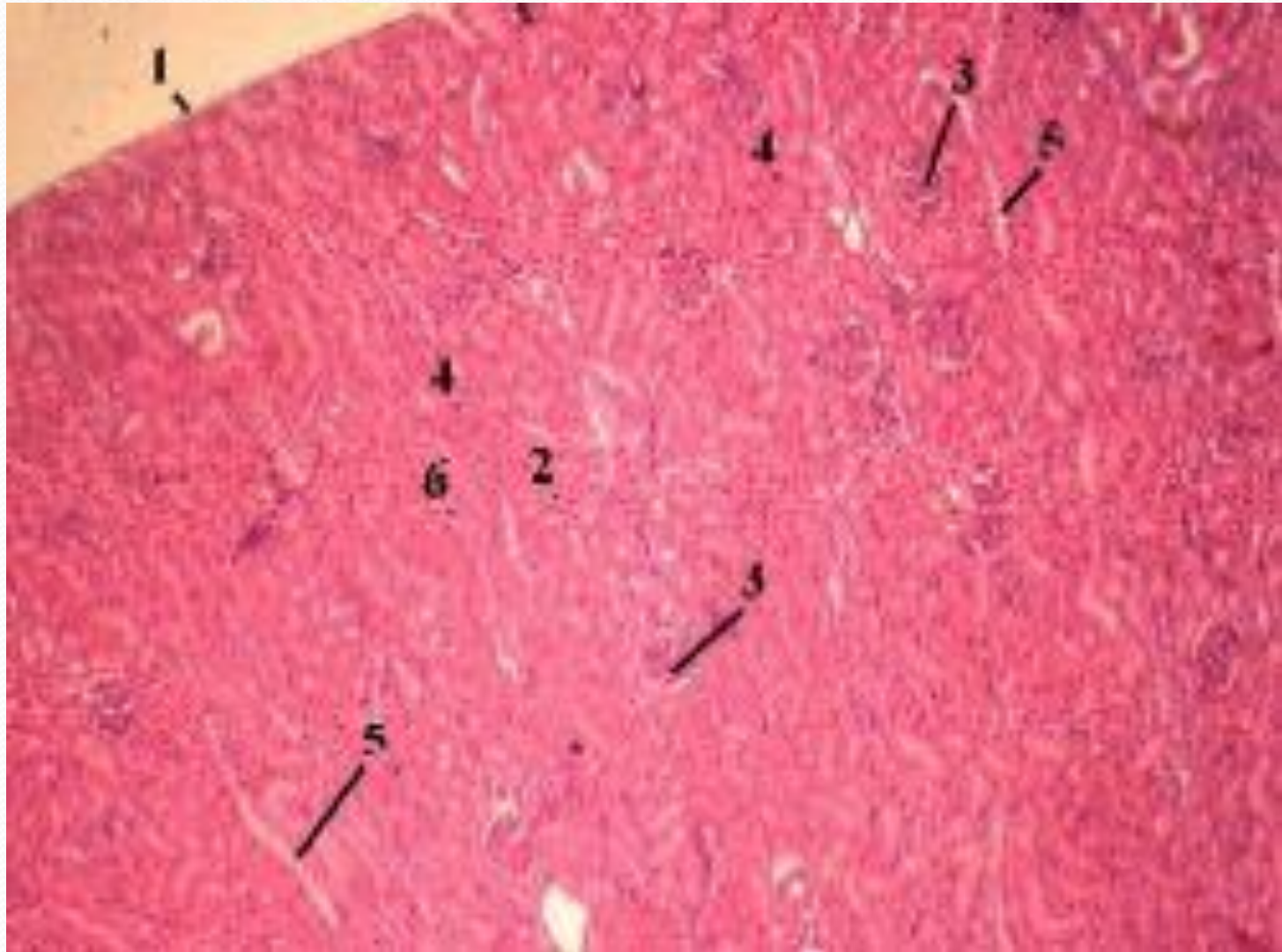
Почечное тельце



Почечное тельце и корковое вещество нефрона

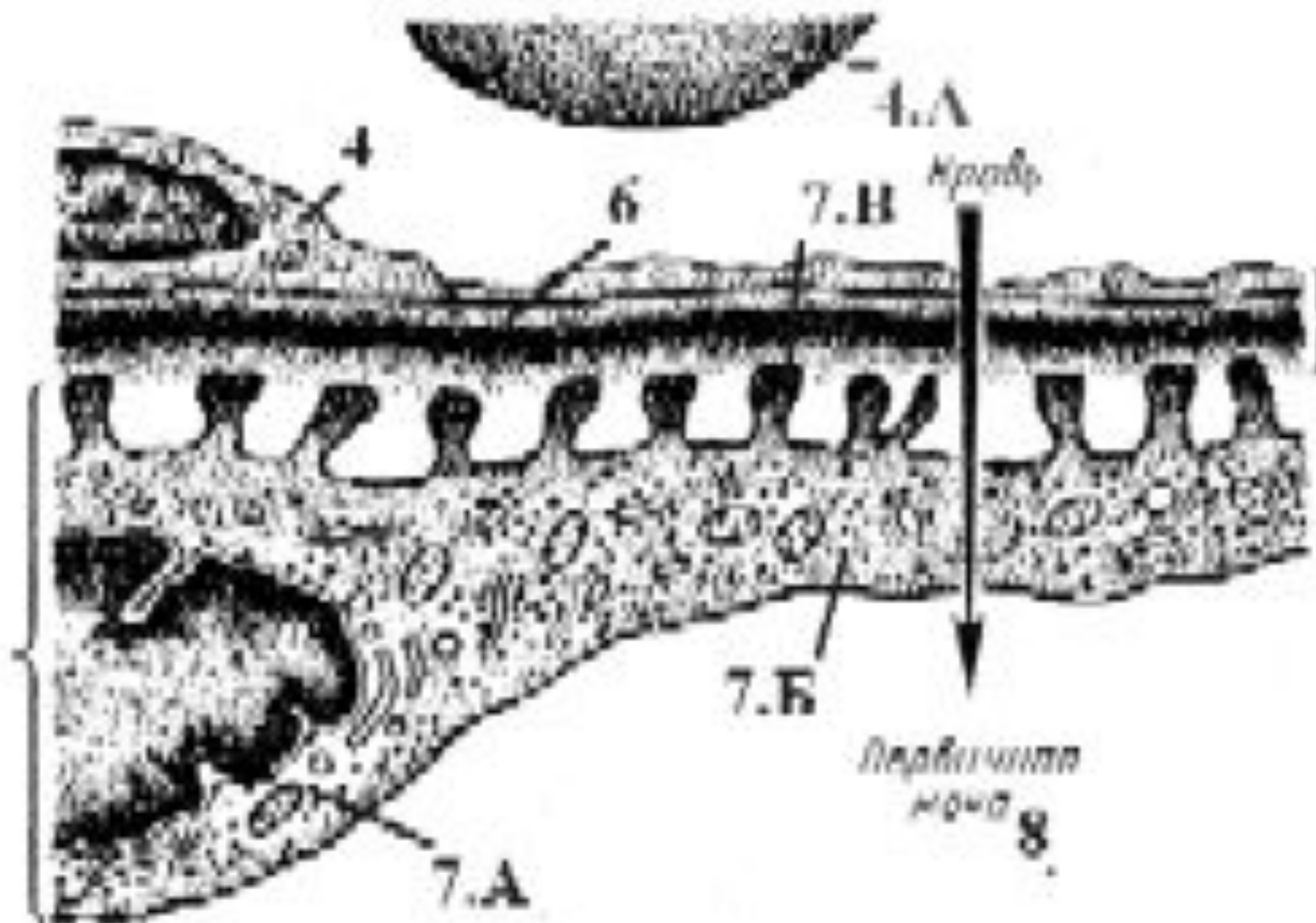


Корковое вещество нефрона



Подоциты

- Хорошо развиты органеллы
- Имеют длинные отростки (цитотрабекулы)
- Мелкие – цитоподии
- Между ними фильтрационные щели закрытые щелевыми диафрагмами
- Базальная мембрана толстая, общая с эндотелием – 3-хслойная, светлые (ламнин и гепаран сульфат) и темный (коллаген IV) – образует сеть диам. 7 нм.



Функции подоцитов

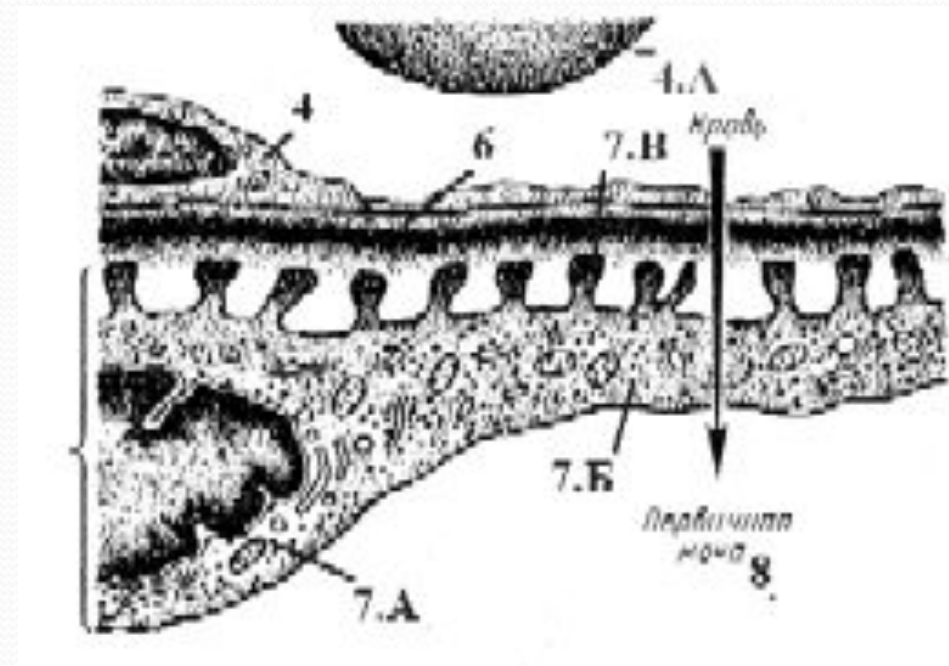
- участие в фильтрационном барьере,
- фагоцитоз и расщепление макромолекул,
- биосинтез компонентов базальной мембраны,
- биосинтез эритропоэтина

Фильтрационный барьер

- Совокупность структур, через которые фильтруются вещества из крови в первичную мочу
- *Состоит:*
- Эндотелий капилляров сосудистого клубочка
- Трехслойная базальная мембрана
- Щелевые диафрагмы

Фильтрационный барьер

- 1. Базальная мембрана является **единой** для эндотелия капилляров и эпителия внутреннего листка капсулы.
- В ней - 3 слоя: средний (более **плотный**) - каркасная сеть коллагеновых фибрилл (из коллагена IV типа),
- два периферических слоя - протеингликаны, гиалуроновая кислота и белки, фиксирующие клетки.



Фильтрация

- Высокое АД – 50-70 мм рт.ст.
- **Приносящая артериола шире**, чем выносящая
- Повышению скорости фильтрации способствует **ПНУФ** (*предсердный натрийуретический фактор*);
- **Отрицательный заряд** мембраны и форменных элементов;
- **Мезангий** (сократительные);
- **Ренин** (ЮГА);
- 1800 л/сут., в сутки образуется 180 первичной мочи

Состав фильтрата

- В фильтрат (первичную мочу) попадают многие компоненты плазмы крови:
- **вода,**
- **неорганические ионы** (Na^+ , K^+ , Cl^- и прочие ионы плазмы),
- **низкомолекулярные органические вещества** (в т.ч. глюкоза
- **продукты метаболизма** - мочевины, мочевая кислота, желчные пигменты и др.),
- **не очень крупные белки плазмы** (альбумин, некоторые глобулины), составляющие 60-70 % всех плазменных белков.

Объём фильтрата

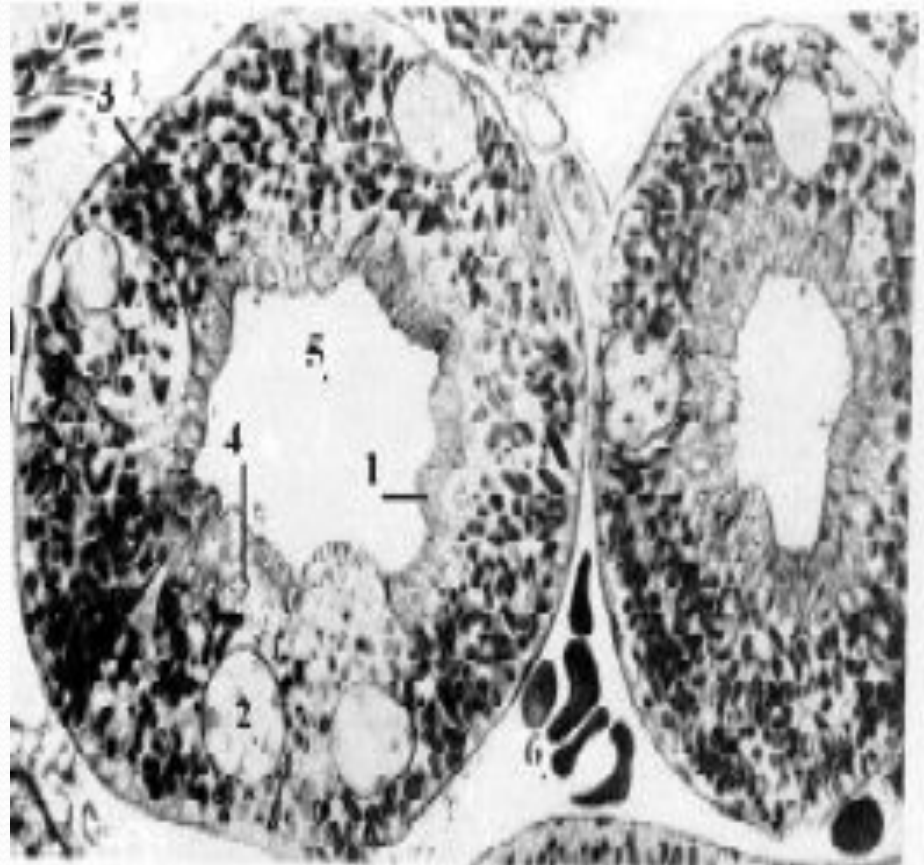
- В сутки через почки проходит примерно 1800 л крови.
- Суточный объём первичной мочи - около **180 л.** (более чем в 100 раз больше суточного объёма конечной мочи (около 1,5 л))
- Из них в состав фильтрата перемещается почти 10 % жидкости.
- Более 99 % воды, а также вся глюкоза, все белки, почти все прочие компоненты (кроме конечных продуктов обмена) **должны возвращаться в кровь.**

Проксимальный отдел нефрона

- Выделяют извитую и прямую части.
- **Проксимальный извитой** отдел многократно извивается в корковом веществе.
- **Проксимальный прямой** каналец является толстым нисходящим коленом петли нефрона и находится в мозговых лучах и мозговом веществе.

Проксимальный каналец

- Диаметр 60 мкм;
- **Однослойный кубический каемчатый** эпителий, имеет неровный просвет;
- Щеточная каемка имеет микроворсинки, 30-40 раз увеличивающую всасывающую поверхность клеток



Проксимальный отдел нефрона

- Проксимальный каналец выполняет следующие функции:
- **облигатное (обязательное)** обратное всасывание из первичной мочи в кровь **белков и глюкозы**;
- факультативное **всасывание воды и минеральных веществ**;
- **секреция** некоторых **органических** кислот и оснований;
- **эксекреция** некоторых экзогенных веществ;
- биосинтез **кальцитриола**.

Механизм реабсорбции

- Белки переносятся путём пиноцитоза и под действием ферментов (протеолитических) лизосом расщепляются **до аминокислот**, всасываются в кровь;
- В щеточной каемке высокая активная **щелочной фосфатазы** (реабсорбция глюкозы);
- Глюкоза всасывается путём симпорта (сопряжённого переноса) с ионами Na^+ , поступающими в эпителиальную клетку по градиенту их концентрации,

Механизм реабсорбции

- Базальный лабиринт, митохондрии (сукцинатдегидрогеназа - СДГ), транспорт и **реабсорбция электролитов**;
- **Пассивное всасывание воды** - в плазмолемме эпителиоцитов существуют специальные водные каналы, образованные белком **аквапорином 1**.
- Реабсорбция указанных веществ осуществляется за счёт осмотической энергии ионов Na^+ . Низкая внутриклеточная концентрация ионов Na^+ обеспечивается за счёт деятельности Na^+ -насоса на базальной поверхности клеток;

Механизм реабсорбции

- В прямой части проксимального канальца в просвет секретировать органические продукты – ***креатинин***
- Конечные продукты метаболизма – мочевины, мочевая кислота, креатинин – ***реабсорбции не подвергаются***: для них в плазмолемме клеток проксимальных канальцев нет транспортных систем.

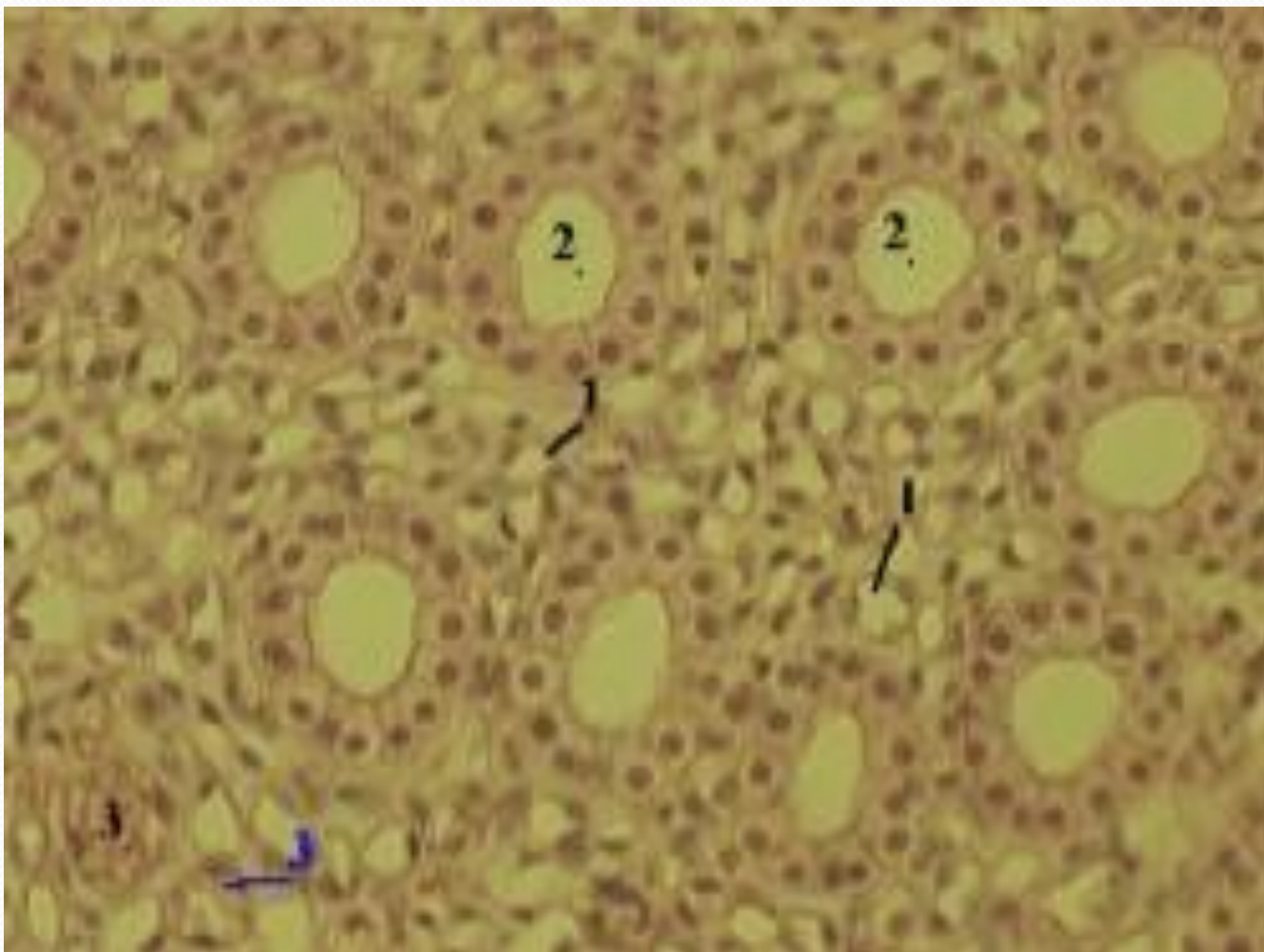
Тип реабсорбции в проксимальном канальце

- В проксимальных извитых канальцах происходит **активная** (т.е. за счёт специально расходуемой энергии) реабсорбция значительной части воды и ионов, практически **всей глюкозы и всех белков**.
- Данная реабсорбция **не регулируется гормонами** и поэтому называется **облигатной**.

Тонкий отдел нефрона

- В корковых нефронах этот отдел имеет ***нисходящую*** часть и залегает в основном в мозговых лучах и наружных отделах мозгового вещества,
- В юкстагломерулярных нефронах в нем имеются ***нисходящая и восходящая*** части, которые спускаются глубоко в мозговое вещество.
- ***Тонкий отдел участвует в формировании петли Генле*** (тонкий и прямой дистальный).

Тонкие каналы (1) и собирательные трубочки (2)



Тонкий каналец

- Диаметр **15 мкм**;
- Стенка выстлана **однослойным плоским** эпителием, которые имеют глубокие **складки** цитолеммы.
- В этих канальцах тоже совершается **пассивная реабсорбция воды** за счёт **разности осмотического давления** (канальцев и сосудов интерстициальной ткани (простагландин));
- Реабсорбция воды происходит непосредственно через эпителиальные клетки

Тонкий каналец нефрона

- Высокая активность $\text{Na}^+ \text{K}^+$ -АТФазы в плазмолемме и СДГ в митохондриях обеспечивает реабсорбцию электролитов.
- Пассивная реабсорбция воды из первичной мочи (простагландин);
- в восходящей части тонкого отдела юкстагломерулярных нефронов, напротив, непроницаемая для воды, помимо этого происходит диффузия солей.

Дистальный отдел нефрона

- Делится на дистальный **прямой** и дистальный **извитой** канальцы.
- Дистальный прямой каналец образует восходящее колено петли и входит в состав мозгового вещества и мозговых лучей, диаметр до 30 мкм.
- Дистальный извитой каналец, многократно извиваясь в корковом веществе, **подходит к почечному тельцу, образуя плотное пятно**, диаметр 20-50 мкм.
- Впадает в собирательную трубку.

Восходящая часть петли Генле (прямой дистальный)

- Дистальный отдел имеет хорошо выраженный просвет, образован **кубическими или цилиндрическими** клетками (**нет щеточной каемки**).
- **Имеет базальный лабиринт** – высокая активность Na^+ , K^+ - АТФазы и СДГ – реабсорбция электролитов (под влиянием альдостерона);
- Непроницаем для воды;
- Моча гипотоническая;

Дистальный извитой каналец

- Реализуется схема, характерная для Na^+ , K^+ -насоса: реабсорбция 3 Na^+ в обмен на секрецию 2 K^+ и 1 H^+
- Деятельность насоса **регулируется альдостероном.**
- Откачиваемые из просвета канальцев ионы Na^+ попадают вначале в окружающее интерстициальное пространство, **повышая здесь осмотическое давление.**

Дистальный извитой каналец

- **Вода реабсорбируется** под действием высокого осмотического давления в интерстиции (создаваемое ионами Na^+) и проходит через промежутки между эпителиальными клетками канальцев (заполненные гликозамингликанами)
- Данная реабсорбция **регулируется гормоном АДГ**, который понижает полимерность гликозамингликанов.

Дистальный извитой каналец

- В дистальной извитом канальце происходят два процесса, регулируемые гормонами и называемые поэтому **факультативными**: активная реабсорбция оставшихся электролитов и пассивная реабсорбция воды.

Собирательные трубочки

- Собирательные трубочки в состав нефрона не входят!
- Выстланы **кубическим** эпителием в корковом веществе и **цилиндрическим** – в мозговом веществе.
- В составе эпителия выделяют **светлые и темные клетки**. Преобладают светлые.

Собирательные трубочки

- **Светлые клетки** осуществляют обратную **реабсорбцию воды** (возможно, секретируют **простагландины**).
- В их цитолемме находятся аквапорины – интегральные белки, образующие водные каналы.
- Деятельность аквапоринов регулируется **вазопрессином (АДГ)**, водные каналы открываются и эпителий собирательных трубок пропускает воду из просвета трубок в интерстиций и далее в кровь.

Собирательные трубочки

- **При недостатке АДГ** большое количество воды уходит с мочой – возникает **несахарный диабет**.
- **Темные клетки** – подкисление мочи (H^+ и Cl^-)

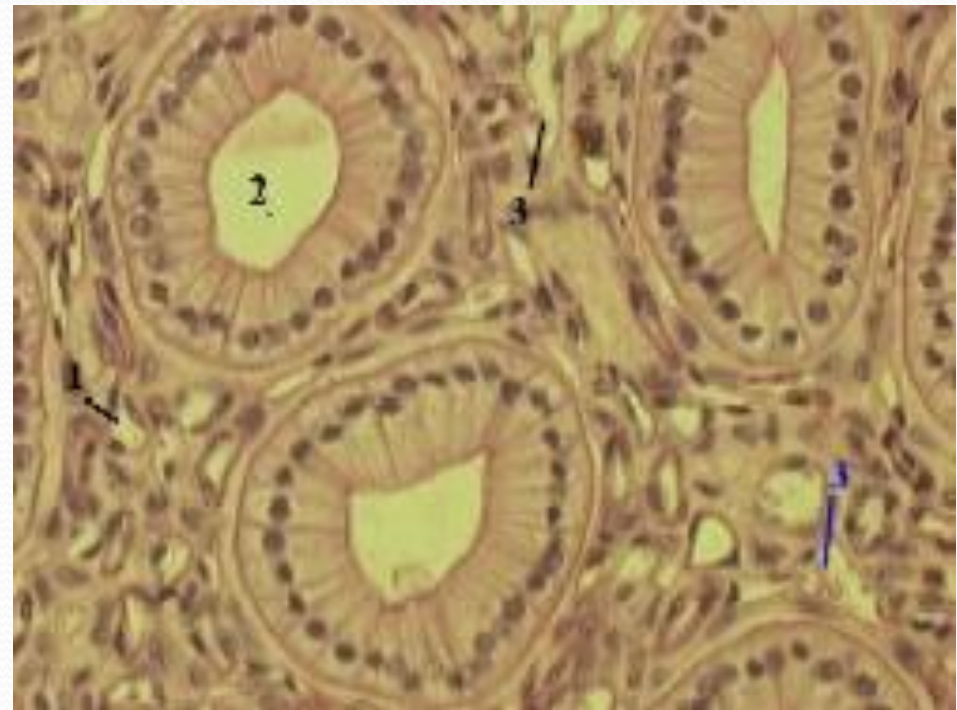
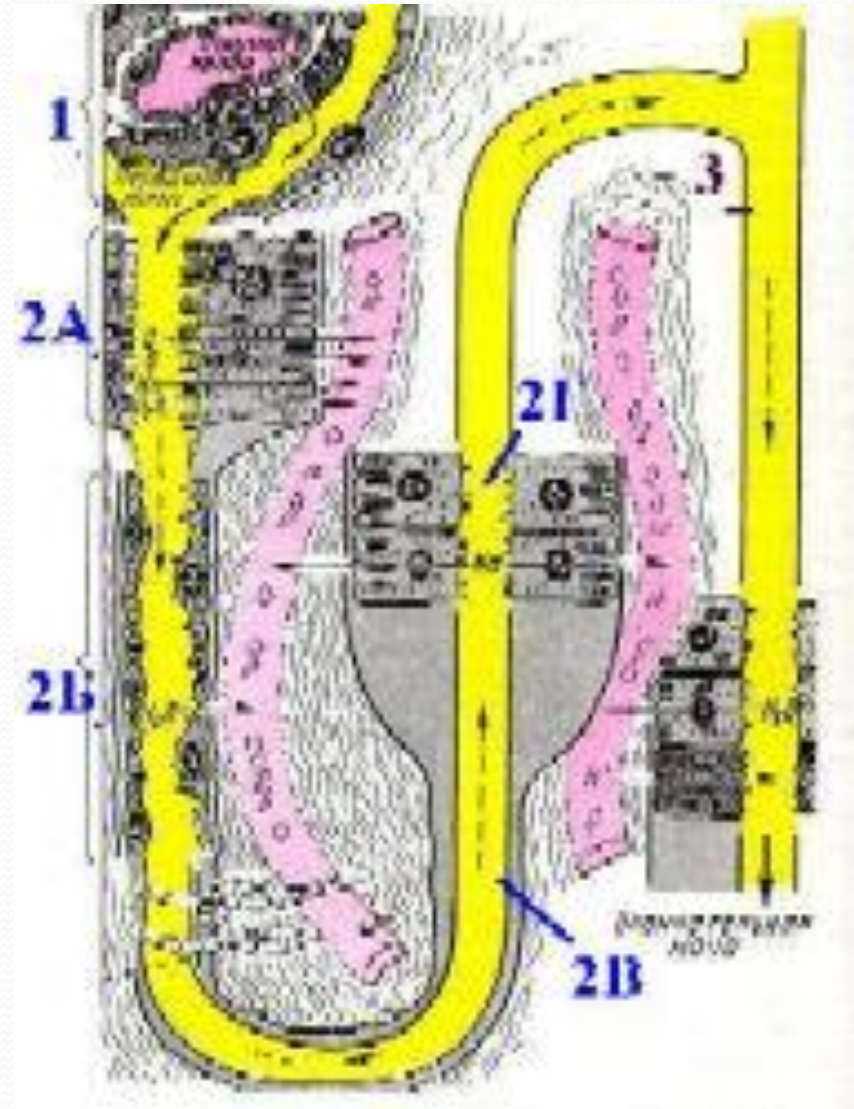


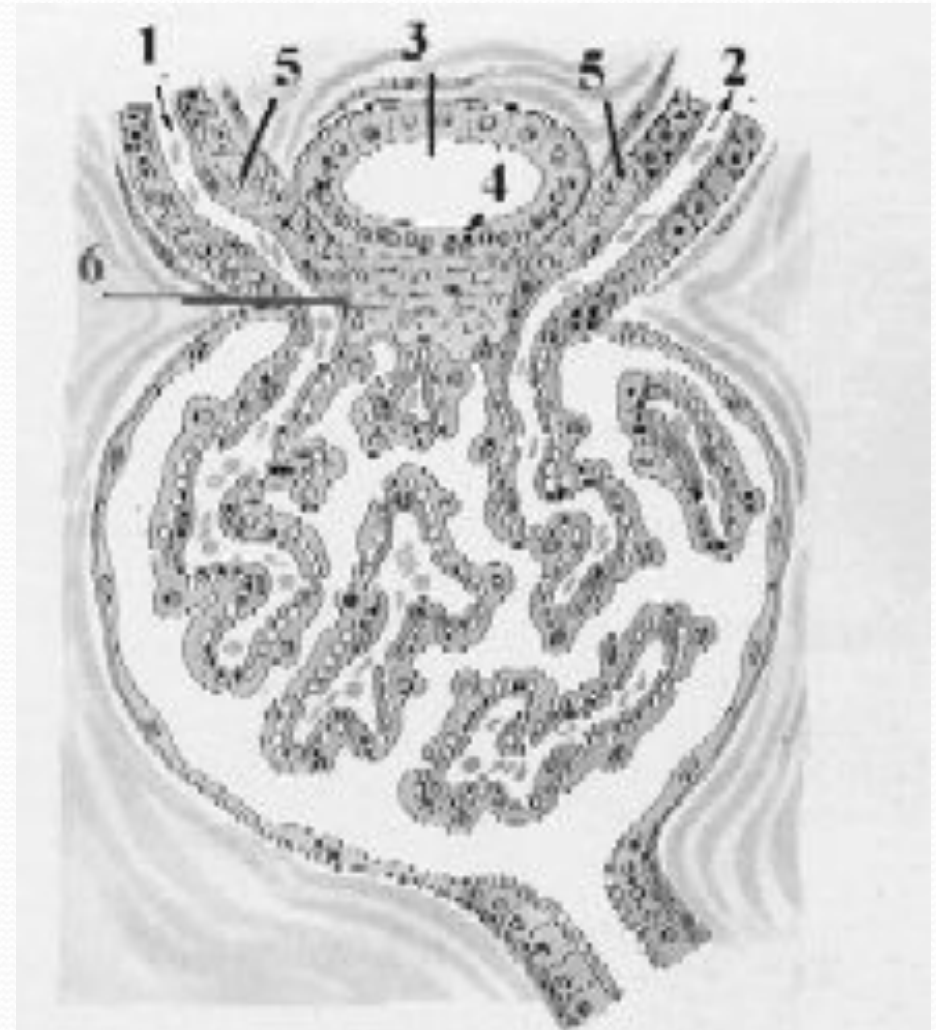
Схема гистофизиологии мочеобразования

- **фильтрация** - образование первичной мочи;
- **реабсорбция** (обратное всасывание) большей части воды и растворённых в ней веществ из просвета канальцев в капилляры;
- **Секреция** эпителиальными клетками в мочу некоторых дополнительных компонентов.



Эндокринная система почек

- **ЮГА:**
- Юкстагломерулярные клетки (5);
- Плотное пятно (4);
- Юкставаскулярные клетки (6);
- **Простагландиновый:**
- Интерстициальные клетки.
- Светлые клетки собирательных трубочек



Юкстагломерулярные клетки

- Располагаются *в стенках приносящей и выносящей артериол* под эндотелием;
- по происхождению – *мышечные*,
- Имеют полигональную или овальную форму, крупные гранулы;
- **Ренин** – катализирует образование ангиотензинов (сосудосуживающее), стимулирует продукцию альдостерона и АДГ.
- Это ведет к увеличению объема циркулирующей крови и в конечном итоге к повышению АД.
- Описанная система регулирования артериального давления называется ренин-ангиотензин-альдостероновой системой.

Действие ренина

- Ренин представляет собой **фермент**, который воздействует на **ангиотензиноген** (неактивный пептид, вырабатываемый печенью) и путём протеолиза переводит его в **ангиотензин I**.
- Под влиянием **ангиотензин I активирующего фермента** (в легких) превращается в активную форму – **ангиотензин II**.
- Под действием **ангиотензина II** происходит **сужение мелких сосудов**, повышающее давление крови и **усиливается выделение альдостерона** корой надпочечников.

Плотное пятно

- Клетки плотного пятна располагаются **в стенке дистального канальца**, между артериолами (20-40 клеток);
- Клетки лишены базальной исчерченности;
- Содержат натриевый рецептор, который улавливает изменения содержания Na^+ в моче
- Воздействуют на ЮГ клетки

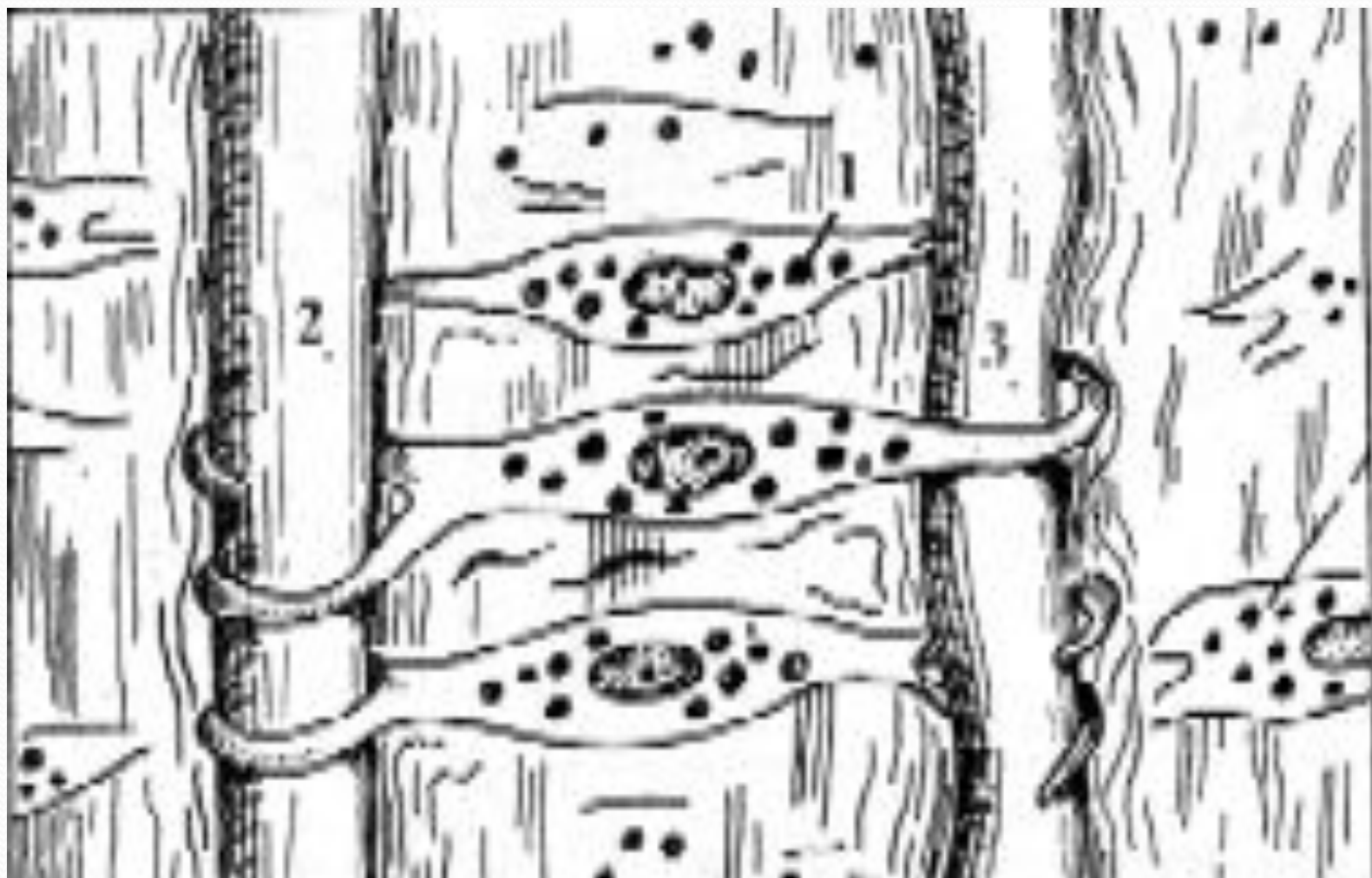
Юкставаскулярные клетки (Гурмагтига)

- Лежат в треугольном пространстве **между приносящей и выносящей** артериолами и клетками **плотного пятна**, формируя так называемую подушку.
- Контактируют с клетками мезангия;
- При истощении ЮГ-клеток, **вырабатывают ренин.**

Простагландиновый аппарат

- **Антагонист ренин-ангиотензинового аппарата;**
- Представлен **интерстициальными клетками** мозгового вещества и **светлые клетки** собирательных трубочек.
- **Интерстициальные клетки** – имеют мезенхимное происхождение и располагаются в строме мозговых пирамид, отростки оплетают петли нефрона и капилляры;
- В клетках хорошо развиты органеллы, много липидных гранул.

Интерстициальные клетки



Простагландиновый аппарат

- Популяция интерстициальных клеток неоднородна.
- Часть клеток вырабатывают **брадикинин**, обладающий мощным вазодилатирующим (сосудорасширяющим) действием.
- Другая часть **интерстициальных клеток и светлые клетки** собирательных трубок вырабатывают **простагландины**.
- **Простагландины** – сосудорасширяющее действие, увеличивают клубочковый кровоток, объем мочи, экскрецию Na^+ , создают разность осмотического давления.

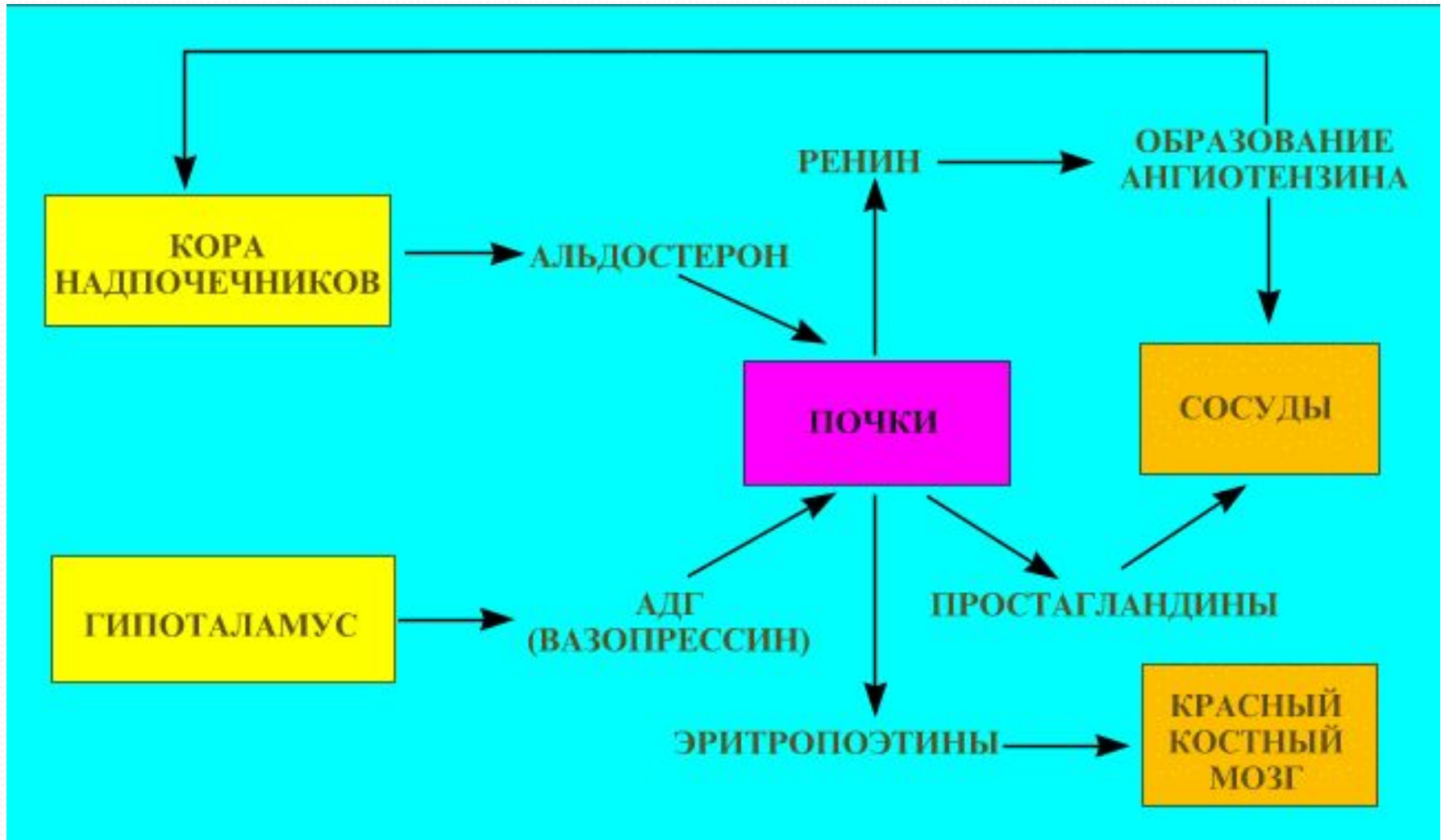
Продукция простагландина

- **Простагландины** образуются из полиненасыщенных жирных кислот и **представляют собой жирные кислоты**, содержащие в своей структуре пятиуглеродный цикл.
- Фракция простагландинов (**E2**), которая выделяется почками, тоже (как и брадикинин) оказывает на сосуды действие, противоположное ренину:
- **Расширяет сосуды и тем самым снижает давление.**

Образование эритропоэтина

- **Эритропоэтин** – ещё один гормон, синтезируемый в **интерстициальных клетках почек**
- **Эритропоэтин** стимулирует образование эритроцитов в красном костном мозге.

Эндокринная регуляция



Калликреин-кининовый аппарат

- Обладает сосудорасширяющим действием;
- Повышает натрийурез и диурез,
- Угнетает реабсорбцию Na^+ и воды в канальцах нефрона;
- Кинины (пептиды) образуются под влиянием калликреинов;
- Кинины стимулируют выработку простагландинов;

Продукция брадикинина

- Предшественник брадикинина – белок **кининоген** – циркулирует в крови.
- Отщепление от него **пептида брадикинина** происходит под действием **калликреинов**,
- содержащихся в ряде органов, в том числе – в почках, **в клетках дистальных канальцев**.
- Является сильным **сосудорасширяющим** агентом,
- **Снижает** реабсорбцию Na^+ в канальцах почек
- Таким образом, системы **ренин-ангиотензин** и **калликреин-брадикинин** во многом **подобны** друг другу по составу: специфическая протеаза и образующийся под её действием активный пептид, но оказывают **противоположное влияние** на тонус сосудов (давление крови) и реабсорбцию Na^+ в почках (а также диурез в целом).

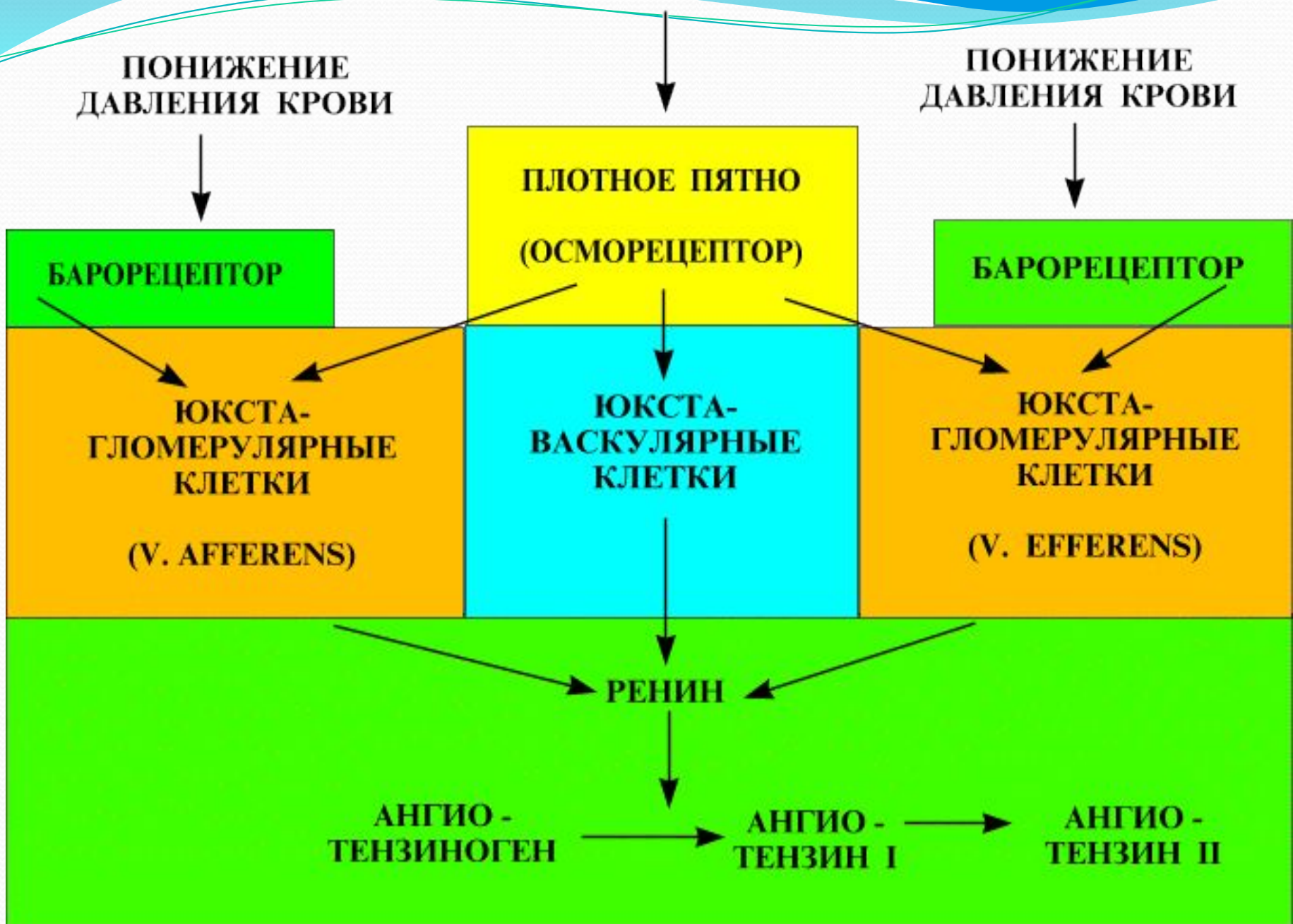
Эндокринная регуляция

- Гормон коры надпочечников *альдостерон* стимулирует в дистальных канальцах почек активную реабсорбцию ионов Na^+ и Cl^- в обмен на секрецию ионов K^+ и H^+ .
- Эффект достигается за счёт усиления синтеза соответствующих транспортных белков плазмолеммы

Эндокринная регуляция

- Гормон гипоталамуса *АДГ* (вазопрессин) облегчает пассивную реабсорбцию воды – главным образом, в собирательных трубочках –
- путём стимуляции синтеза аквапорина 2 (ещё одного транспортного мембранного белка),

ПОВЫШЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ Na^+ В МОЧЕ



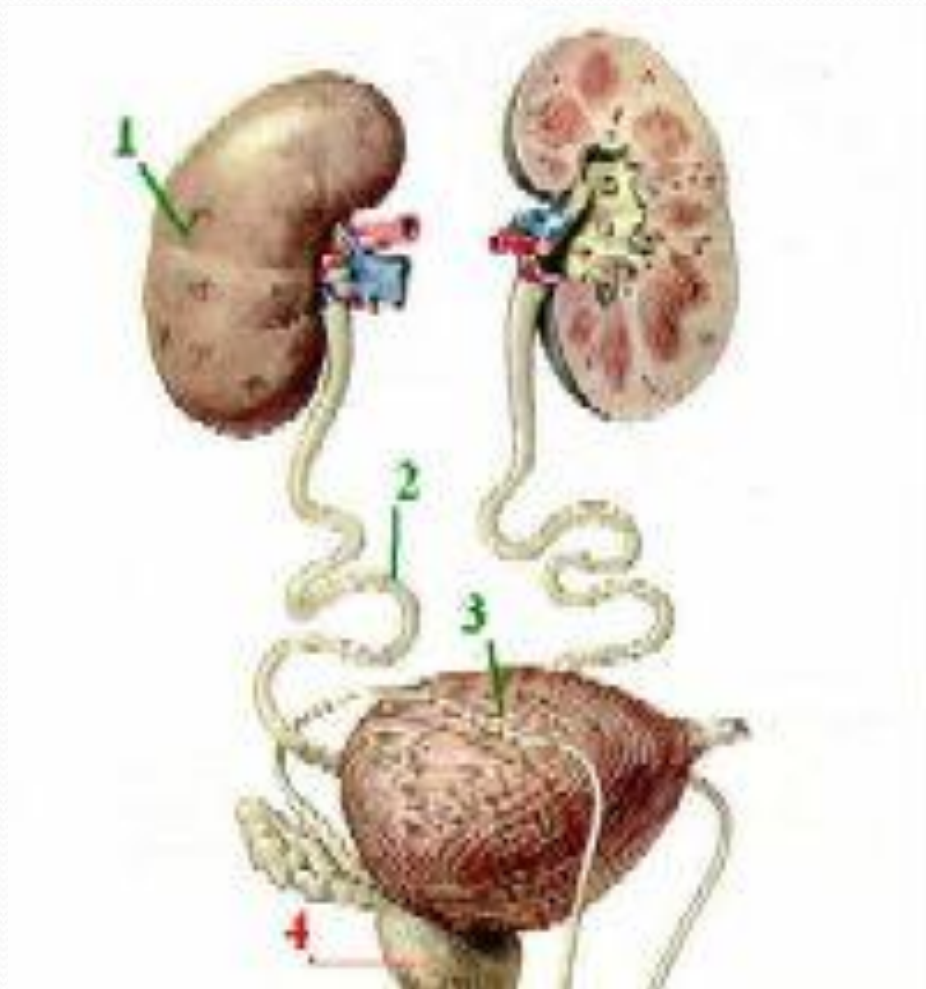
Резюме

- Из вышеизложенного вытекает, что ЮГА является **рецепторно-эндокринным** образованием.
- Секреция ренина в ЮГА стимулируется в двух случаях:
- при раздражении **осморецептора** (плотного пятна), вызванном **повышенной** концентрацией **Na⁺** в первичной моче,
- при раздражении **барорецепторов** в ответ на **снижение** давления крови в почечных сосудах.

Мочевыносящие пути

- **К мочевыводящим путям относятся:**
малые и большие почечные чашечки;
- лоханки;
- мочеточники;
- мочевого пузыря;
- мочеиспускательный канал.

Мочевыносящие пути



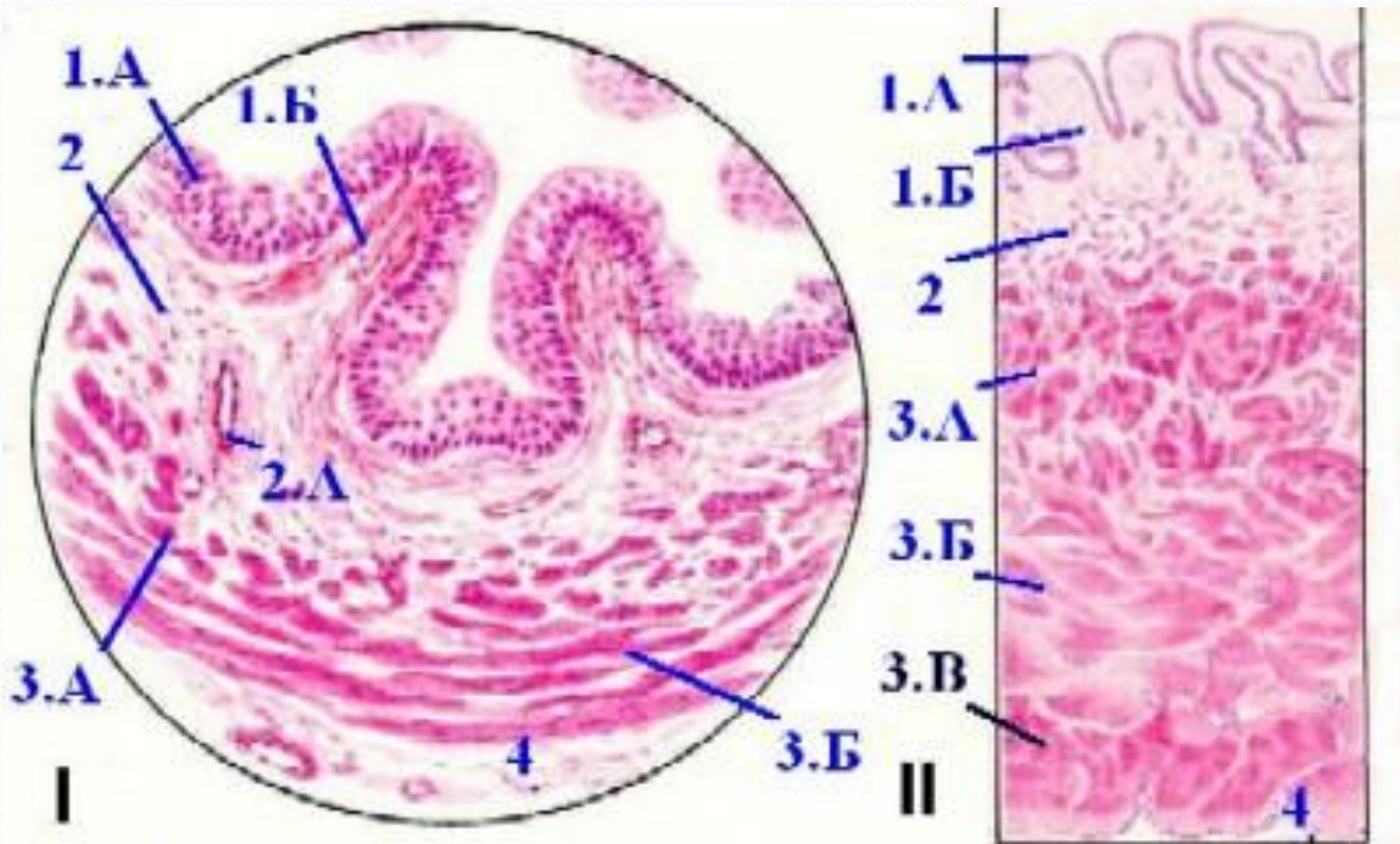
Строение мочевыносящих путей

- Эти органы **состоят из 4 оболочек:**
слизистой;
- подслизистой;
- мышечной;
- серозной.

Слизистая оболочка

- Слизистая образует складки
- Эпителий – *переходный*
- Собственная пластинка слизистой оболочки тонкие в чашечках, достигают максимальной толщины в мочевом пузыре – *рыхлая волокнистая ткань*, содержит мелкие трубчато-альвеолярные железы.

Строение стенки мочевого пузыря



Строение мочевыносящих путей

- **Подслизистая** оболочка в лоханке и чашечках отсутствует, но хорошо выражена в мочеточниках и мочевом пузыре.
- В нижней половине мочеточников – **альвеолярно-трубчатые железы**.

Мышечная оболочка

- **Мышечная оболочка** в лоханке и чашечках тонкая и представлена в основном циркулярным слоем.
- В верхних двух третях мочеточника в мышечной оболочке **2 слоя**,
- В нижней его трети и в мочевом пузыре **появляется 3-й** (наружный продольный).

Наружная оболочка мочевыносящих путей

- Почти везде наружная оболочка является **адвентициальной**, т.е. образована соединительной тканью.
- **Часть мочевого пузыря** (сверху и немного с боков) покрыта брюшиной.
- В стенках мочевыводящих путей, как обычно, имеются кровеносные и лимфатические сосуды,
- Нервные окончания, интрамуральные ганглии и отдельные нейроны.

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!!!**