

Почки

Нижняя полая вена

Надпочечник

Правая почка

Левая почка

Выделительная система

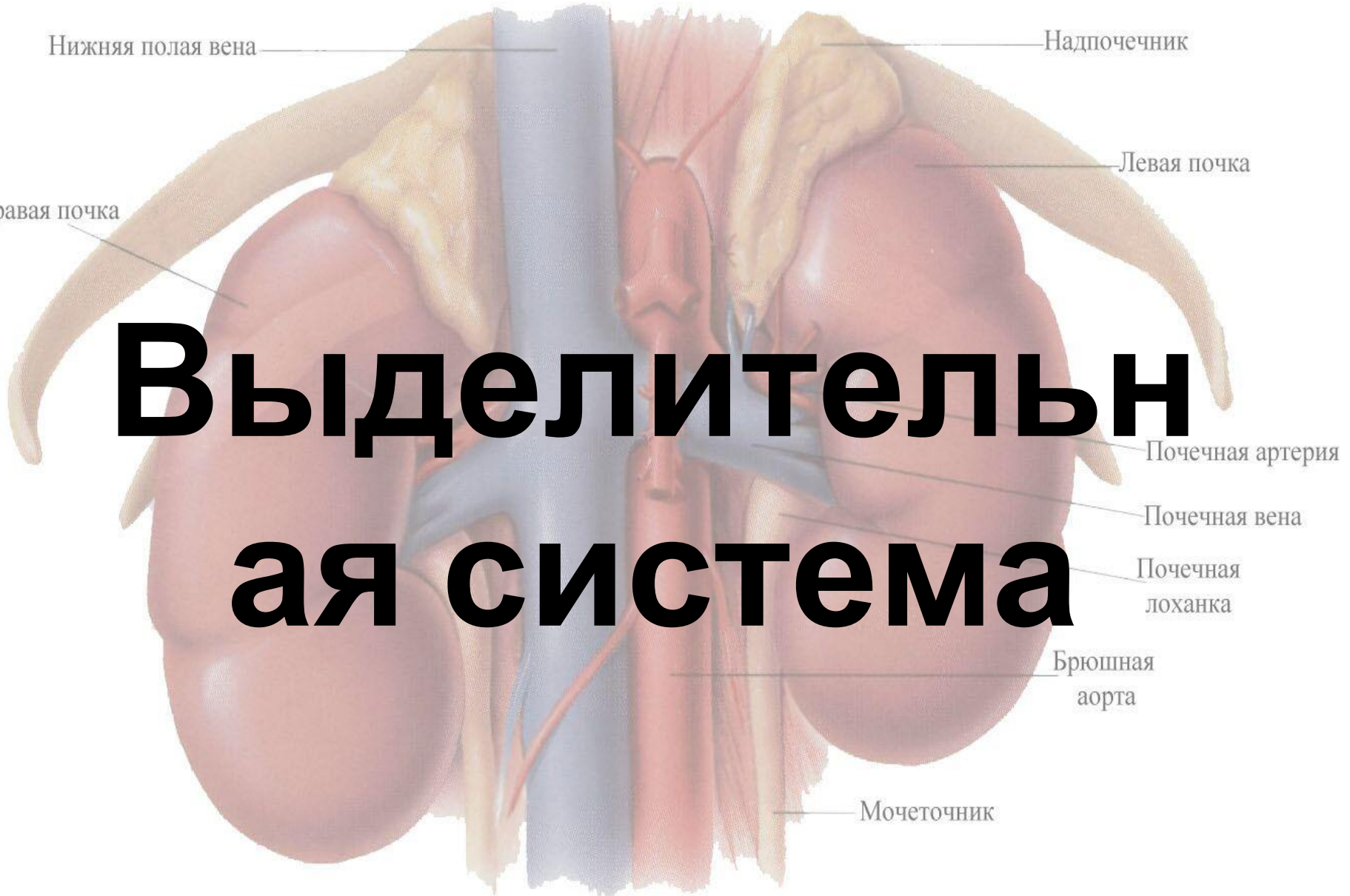
Почечная артерия

Почечная вена

Почечная лоханка

Брюшная аорта

Мочеточник



Почки

ПЛАН ЛЕКЦИИ

Нижняя полая вена

Надпочечник

- **1. Органы, принимающие участие в выделительных процессах**
- **2. Клубочковая фильтрация**
- **3. Канальцевая реабсорбция**
- **4. Канальцевая секреция**
- **5. Противоточно-множительная система**
- **6. Регуляция мочеобразования**
- **7. мочевыделение и его регуляция**
- **8. Регуляторная функция почек**

Правая почка

Почечная артерия

Почечная вена

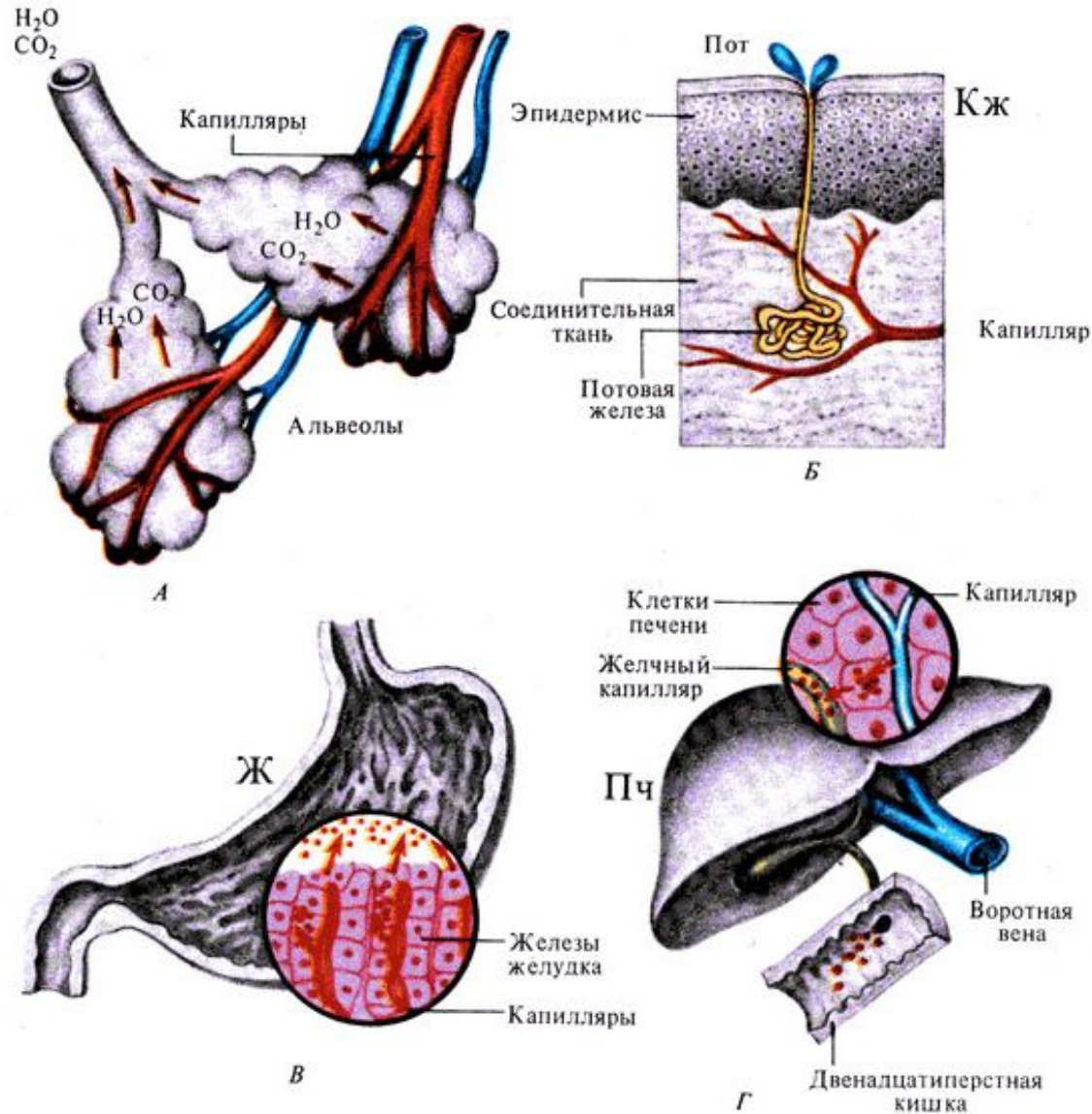
Почечная лоханка

Брюшная

ворота

Мочеточник

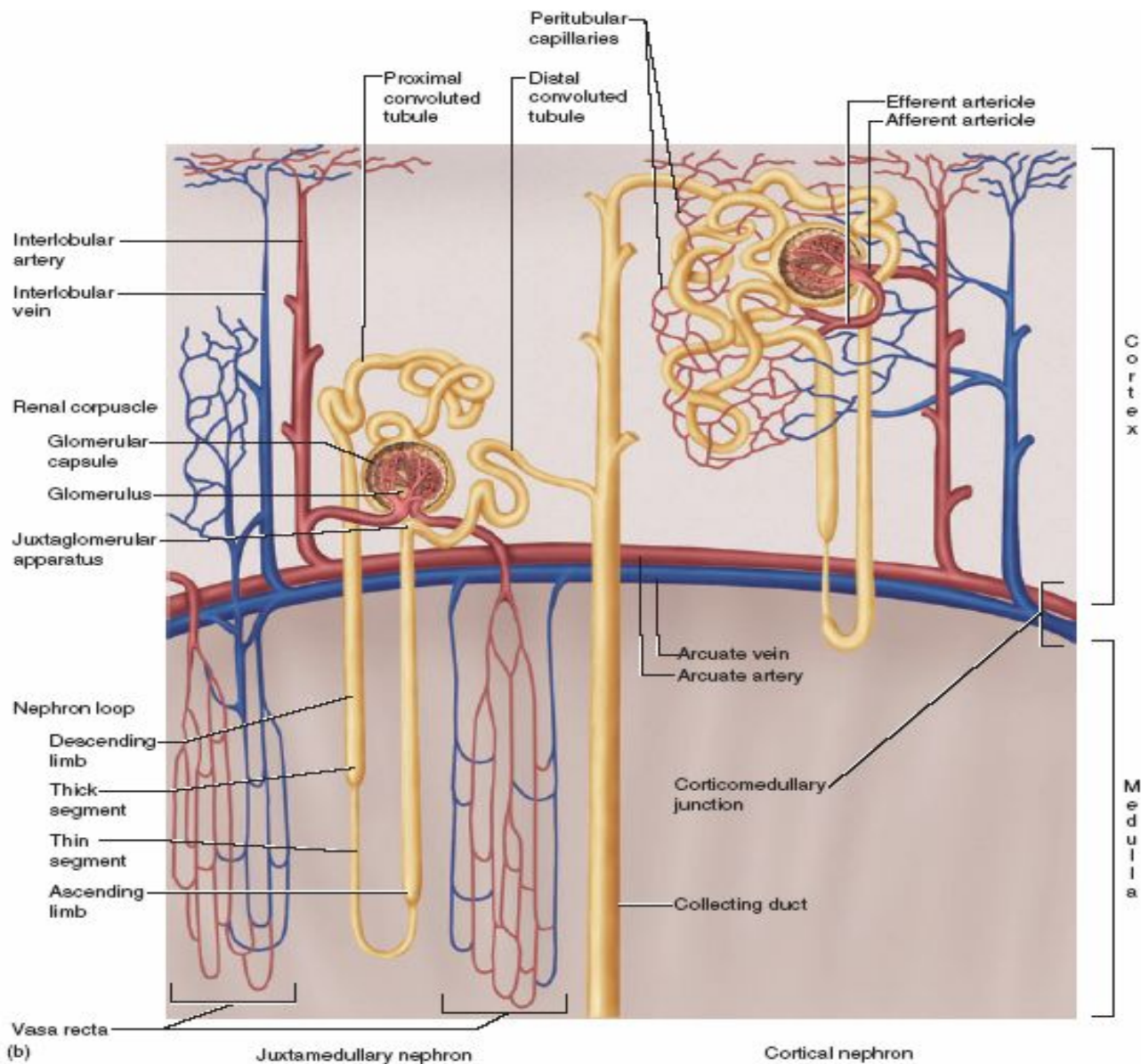
Внепочечные механизмы выделения продуктов метаболизма. А — легкие; Б — кожа; В — пищеварительный тракт; Г — печень



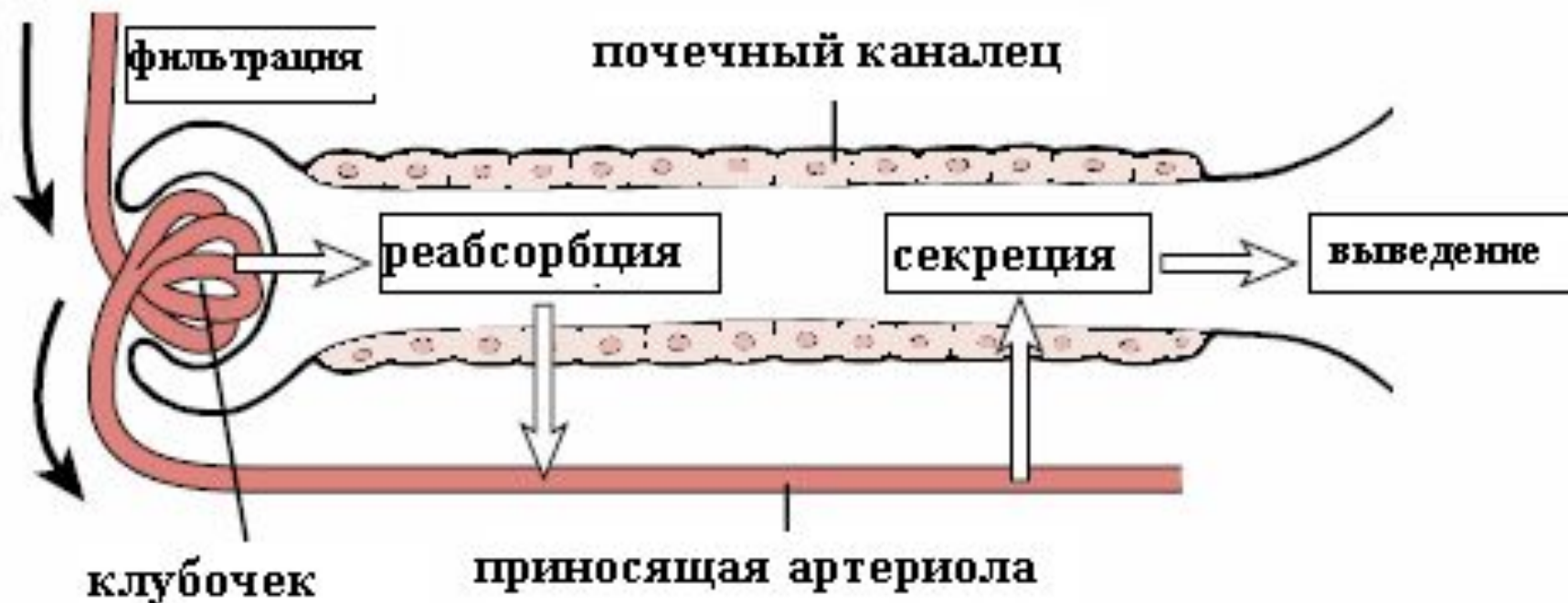
- **Легкие:** углекислый газ, вода, эфир, алкоголь, хлороформ
- **Кожа (пот):** мочеви́на, мочева́я кислота, аммиак, гиппуровая к-та, индикан и ряд безазотистых органических соединений
- **Центры потоотделения:** (*продолговатый мозг, гипоталамус, спинной мозг*)
- для головы, шеи и верхней части грудной клетки: 1- 6 грудные сегменты СМ;
- Для верхних конечностей – между 5 и 7 грудными сегментами СМ;
- Нижних конечностей – последние грудные и верхние поясничные сегменты
- Аfferенты – от хемо- и осмо- R сосудов и тканей, эfferенты – симпатические нервы

- **Кишечник:** билирубин, карбонаты, мочевины, соли тяжелых металлов, вода
- **Почки:** конечные продукты метаболизма (азотистые продукты распада белка - мочевины, мочевая к-та; соли NaCl, KCl, соли щавелевой к-ты, молочная к-та, кетоновые тела, урохром, уробилин, серноокислая и фосфорнокислая соли чужеродные и ядовитые вещества, вода).
- **в конечной моче отсутствуют:** белки, аминокислоты, глюкоза
- **больше** мочевины - в 65 раз, сульфатов – в 80 раз, мочевой кислоты – в 12 раз **чем в плазме крови**

Структура нефрона



Процессы, из которых складывается образование мочи: **1.Фильтрация 2.Реабсорбция 3.Секреция**
Конечным продуктом этих процессов является моча.

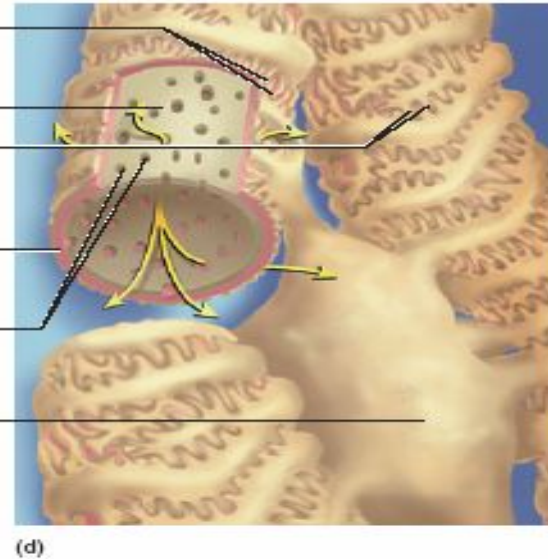
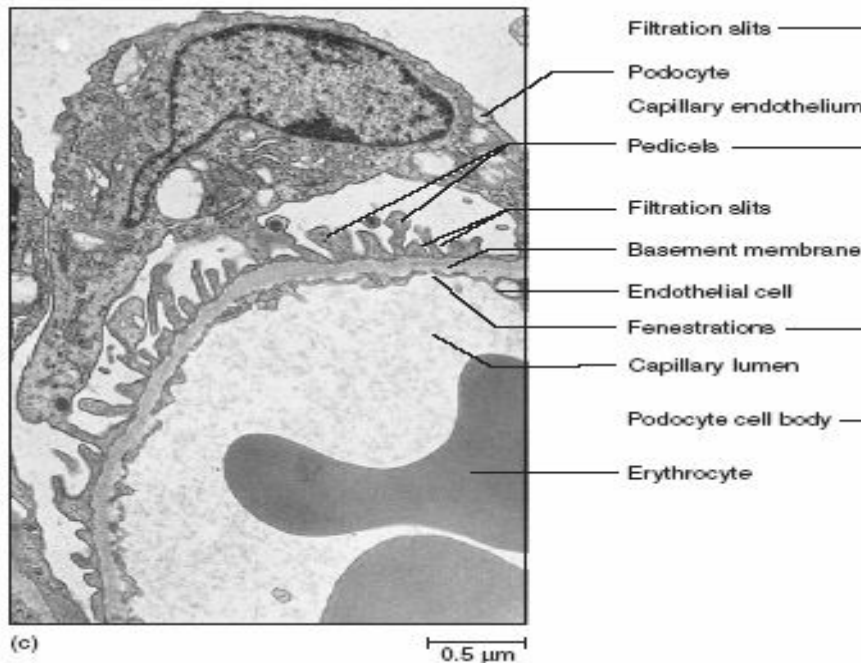
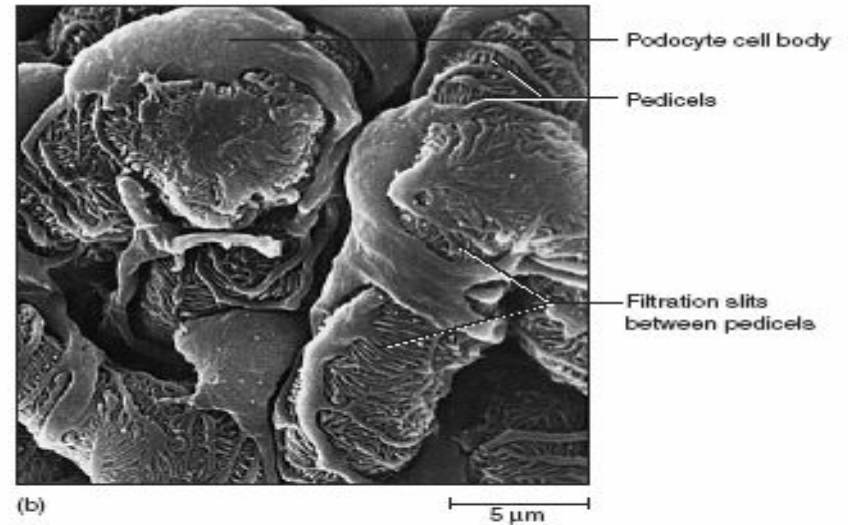
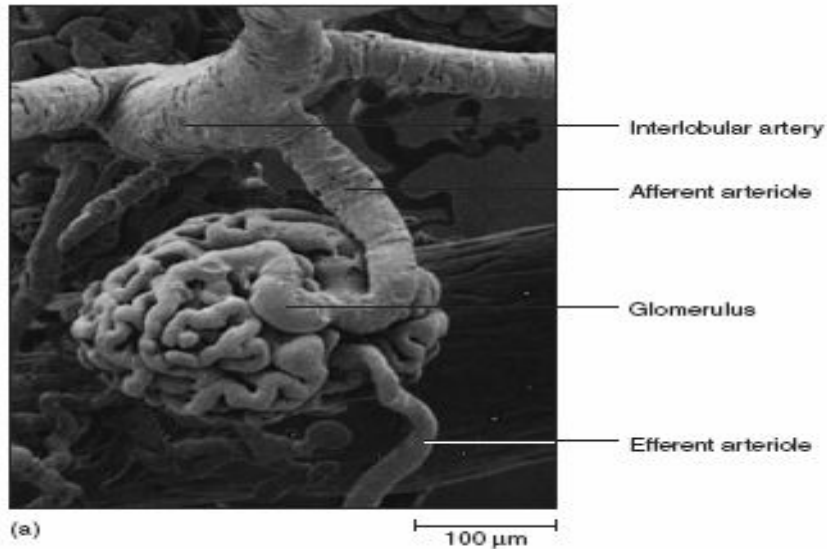


Фильтрационный барьер

Состоит из трех слоев:

- Стенка капилляров клубочков (имеет отверстия $d = 0,1$ мкм)
- Базальная мембрана (гомогенный слой толщиной 600-800 мкм, с множеством пор $d = 3,5 - 4$ нм)
- Щелевая мембрана (образована подоцитами)

Фильтрационный барьер



Свойства почечного фильтра:

- В основном пропускает молекулы с м. м. около 60 тыс. дальтон (свободно проходят неорганические соли, глюкоза мочевины, мочевая к-та, аминокислоты, низкомолекулярные органические в-ва) из белков, только 3% молекул гемоглобина (м.м. – 65кД)и 1% молекул альбумина (м.м. – 69 кД) . Абсолютный предел - м. м. - 80 кД.

Зависимость между размерами молекул веществ и отношением концентрации вещества в боуменовой капсуле к концентрации его же в плазме крови, [фильтрат]/[плазма]

Вещество	Молекулярная масса, Д	Молекулярный радиус, нм	[фильтрат]/[плазма]
Вода	18	0,11	1
Мочевина	60	0,16	1
Глюкоза	180	0.36	1
Сахароза	342	0,44	1
Инулин	5500	1,48	0,98
Миоглобин	17000	1,95	0,75
Гемоглобин	68000	3.3	0.03
Сывороточный альбумин	69,000	3,55	<0,01

Первичная моча - фильтрат образуется в полости почечной капсулы

- 150- 180 л/сутки
- Полностью изотонична плазме крови (опыт Ричардса, проба с микропипеткой, введенной в капсулу)

Фильтрация

Фильтрационная теория Людвига: три ведущих фактора

- **Давление крови в почечной артерии**

Опыт Людвига (снижение АД у собак путем кровопускания приводило к уменьшению или остановке выделения мочи из канюли мочеточника)

- **Онкотическое давление плазмы крови**
- **Гидростатическое давление ультрафильтрата**

- Давление в капиллярах клубочков = 70 мм. рт. ст., так как:
- Почечные артерии отходят от брюшной аорты
- Диаметр отводящей артерии в 2 раза меньше диаметра приводящей

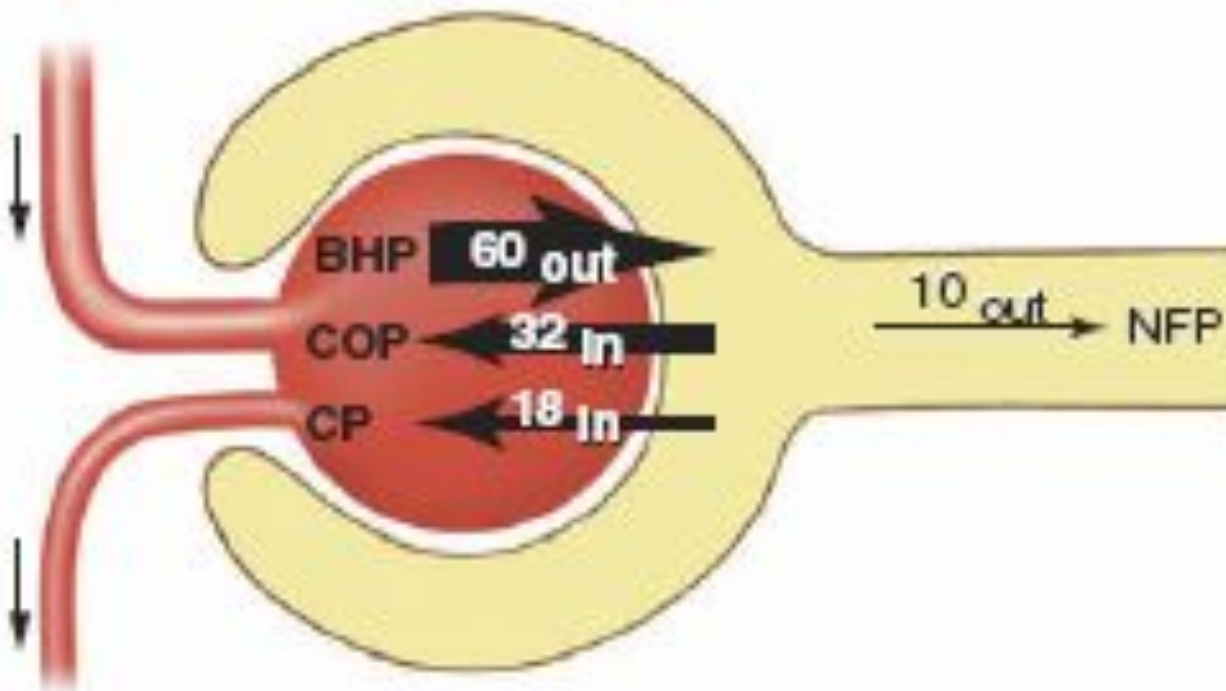
Эффективность фильтрации определяется фильтрационным давлением, которое складывается из:

1. Гидростатическое давление в клубочке (ВНР) - 70 мм рт.ст.

2. Онкотическое давление в капсуле (СОР) – 30 мм рт.ст.

3. Гидростатическое давление в капсуле (СР) – 20 мм рт.ст.

Фильтрационное давление (NFP) = 70 - (30 + 20) = 20 мм рт.ст.



Расчет скорости клубочковой фильтрации (**F**) по инулину:

У мужчин – 125 мл/мин

- У женщин – 110 мл/мин, то есть за сутки вся плазма крови проходит через почки 60 раз
- Определяют скорость фильтрации с помощью клиренса инулина [инулин] в фильтрате = [инулин] в плазме крови: $C_{ин/м} \times V_m = C_{ин/плазмы} \times F$, таким образом:
- $F = (C_{ин/м} \times V_m) / C_{ин/плазмы}$
- F – объем фильтрации за 1 мин;
- V_m – объем конечной мочи за 1 мин

- 1. Расчеты почечной реабсорбции и почечной секреции**
- 2. Определение величины почечного кровотока**

Расчет скорости канальцевой реабсорбции (**R**)

- Определяется кол-вом вещества(например, глюкозы) переносимого через стенку канальца в единицу времени: вычисляется как разность между скоростью фильтрации и скоростью его выделения с мочой
- $C_{\text{гл/пл}} \times F = R + C_{\text{гл/м}} \times V_{\text{м}}$, то есть
- **$R = C_{\text{гл/пл}} \times F - (C_{\text{гл/м}} \times V_{\text{м}})$**

Расчет почечной секреции (**S**)

- $C_{пл} \times F + S = C_m \times V_m,$
- **$S = C_m \times V_m - C_{пл} \times F$**

Определение величины почечного

кровотока проводят с помощью вещества, вводимого в кровь, которое полностью удаляется из плазмы в мочу при однократном прохождении крови через почки (парааминогиппуровая кислота ПААГК или йодсодержащее рентгенконтрастное вещество – диодраст)

Расчет величины скорости почечного кровотока ($V_{кр}$) с помощью парааминогиппуровой кислоты

- $C_{кр} \times V_{кр} = C_{м} \times V_{м}$,
- $V_{кр} = (C_{м} \times V_{м}) / C_{кр}$, где
- $C_{кр}$ – концентрация ПААГК в крови
- $C_{м}$ – ее концентрация в моче
- $V_{м}$ – объем мочи за минуту

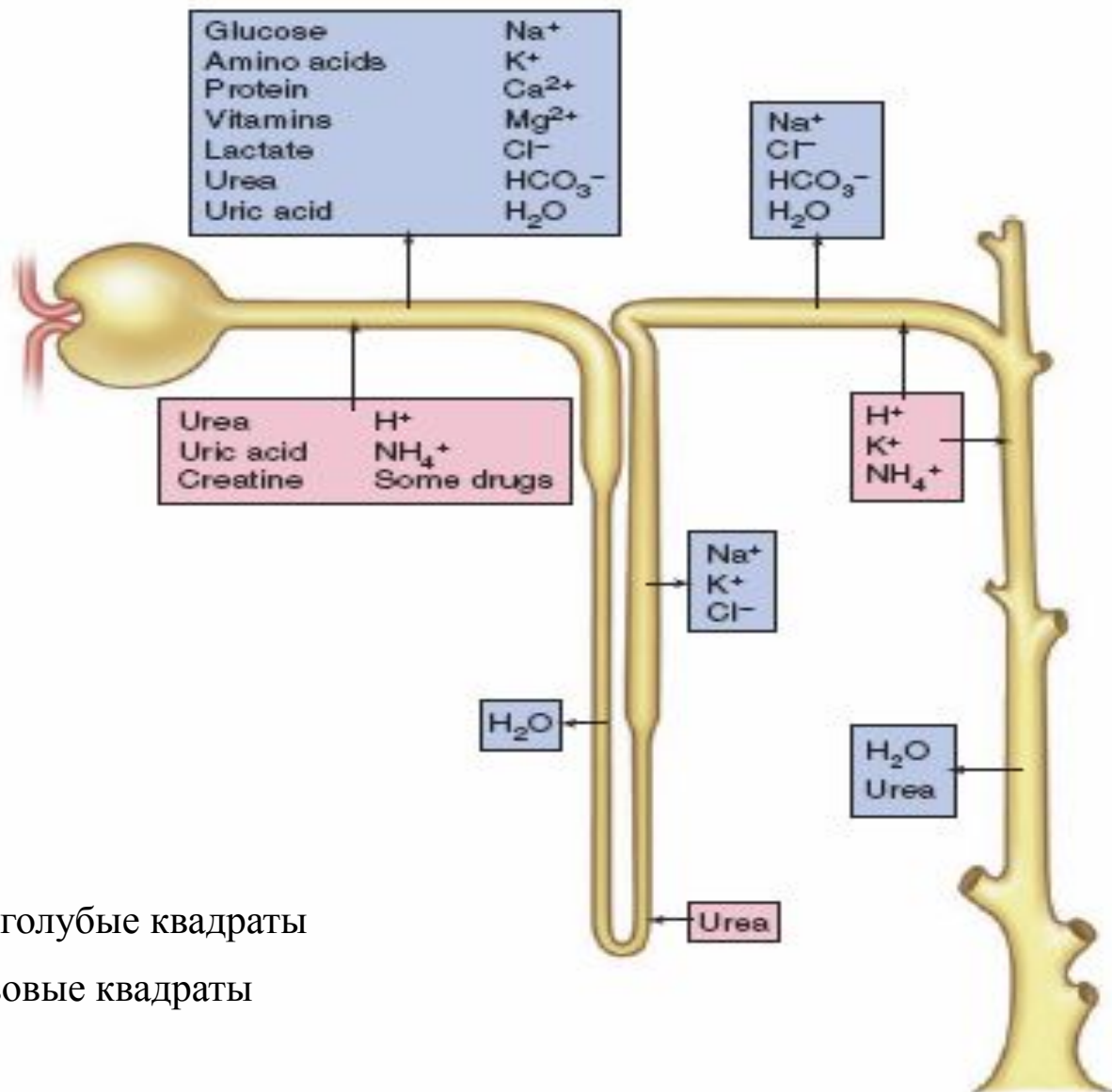
Реабсорбция и секреция

Эпителий почечных канальцев и функции разных отделов нефрона

- Проксимальный извитой отдел – клетки цилиндрической формы с микроворсинками – **облигатная** реабсорбция
- Петля Генле – последовательное концентрирование мочи:
- Нисходящее колено петли Генле – клетки уплощаются
- Восходящее колено и дистальный извитой каналец - клетки кубической формы.
- Дистальный извитой отдел – **факультативная** реабсорбция

- Пороговые вещества: отсутствуют в моче при их полной реабсорбции,
- Непороговые вещества: выводятся полностью даже при низких концентрациях в крови (мочевина, инулин, сульфаты, креатинин)

Реабсорбция и секреция в почечных канальцах

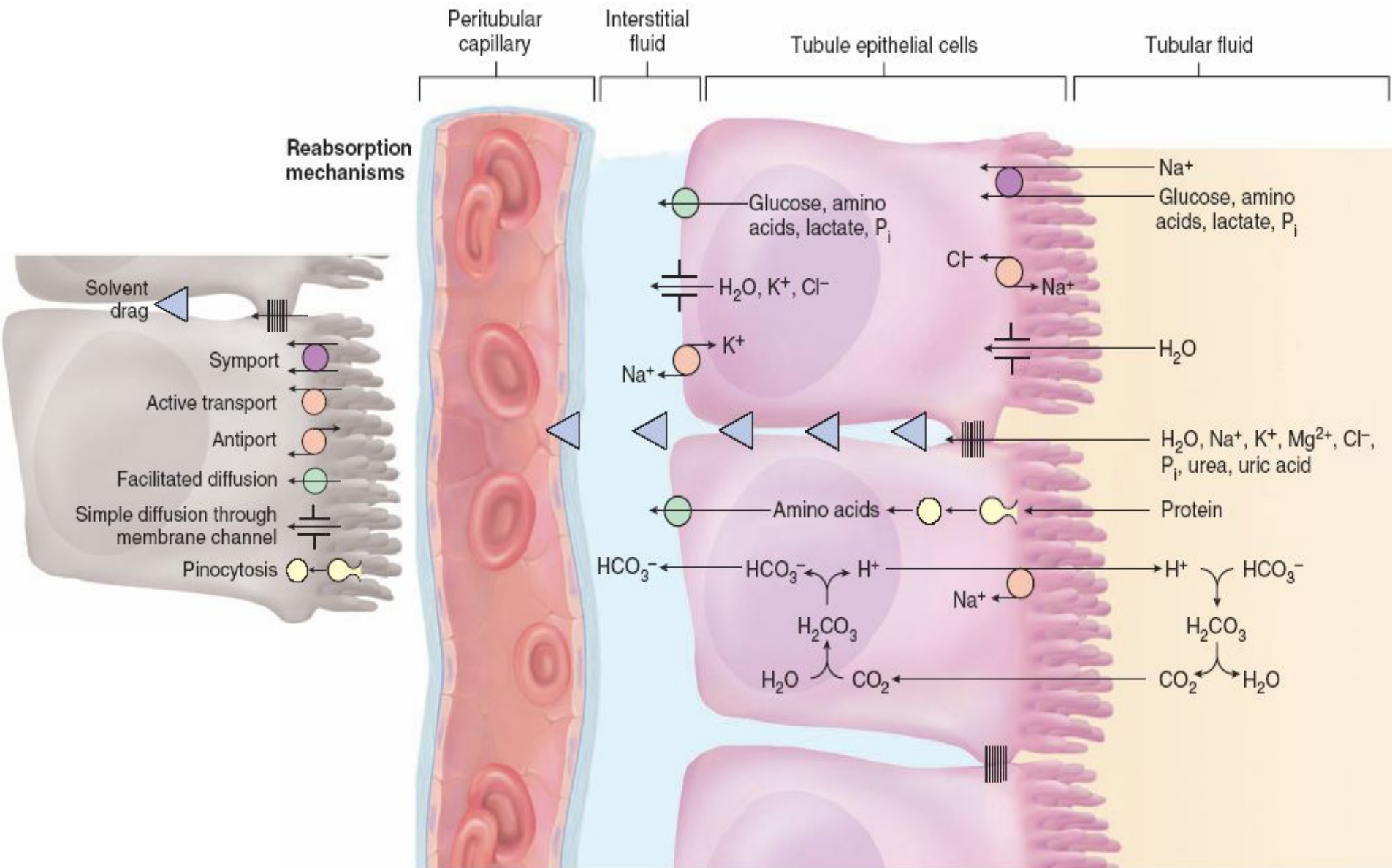


Реабсорбция – голубые квадраты

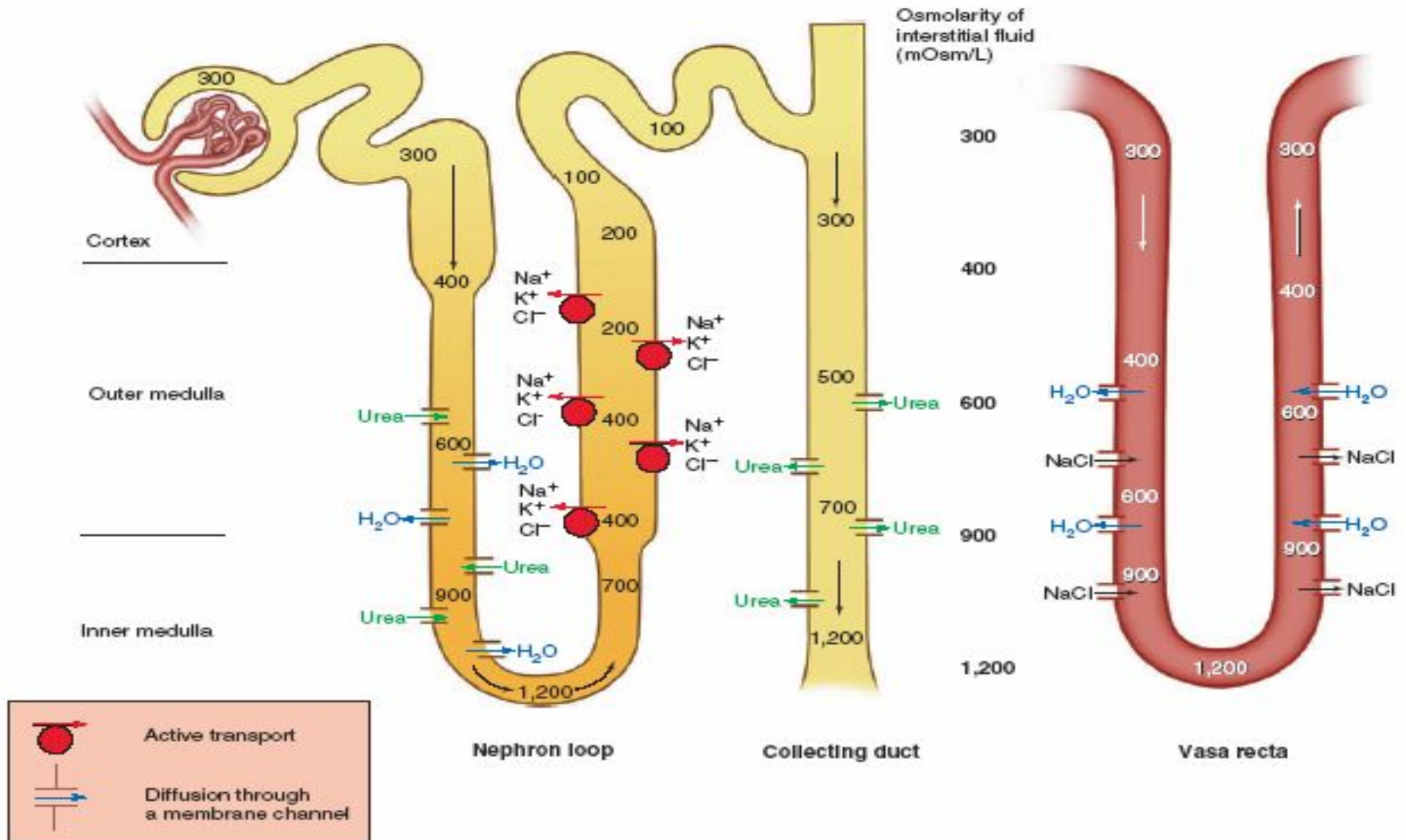
Секреция – розовые квадраты

- **Реабсорбируются:** глюкоза, аминокислоты, витамины, лактат, мочеви́на, мочева́я кислота, вода, ионы натрия, калия, кальция, хлора, гидрокарбонаты
- **Секретируются:** мочева́я кислота, , мочеви́на, некоторые лекарственные вещества, креатин, азотистые основания, ионы калия, протоны

Механизм канальцевой реабсорбции



Противоточно-множительный механизм концентрирования мочи



Фильтрационно- реабсорбционно-секреторная теория мочеобразования

- Содержание вещества в моче = его фильтрация+ секреция – реабсорбция
- 3 варианта:
- Только фильтрация (инулин)
- Фильтрация с полной реабсорбцией (глюкоза)
- Сочетание всех процессов (ионы калия)

Рецепторы результата

- **Барорецепторы** сосудов
- **Волюморецепторы** сосудов, предсердий;
- **Осморецепторы** сосудов и тканей:
- R синокаротидной области, предсердий, переднего гипоталамуса, печени, селезенки, ПЖ, легких, почек, тканей нижних конечностей

Центры мочеобразования и мочевыделения

- **Задний гипоталамус**- центр натрийуреза (разрушение ядер – усиленная экскреция натрия) + здесь синтез натрийуретического фактора
- **Сильвиев водопровод** 2 центра: 1ый (передний) ближе к заднему гипоталамусу - нейросекреция альдостерона, 2 –ой (задний)- секреция адреногломерулотрофина (тормозит 1ый) и стимулирует секрецию альдостерона надпочечниками

КОРА

- Раздражение сигмовидной извилины – увеличение диуреза;
- Выключение лобных долей – увеличение диуреза

Продолговатый мозг и СМ

- Нервная система в основном оказывает влияние через изменение тонуса сосудов
- Десимпатизация почки (перерезка чревных и блуждающих нервов) – возрастание натрий и диуреза; раздражение блуждающих нервов – уменьшение натрийуреза
- Активация СНС – временное прекращение диуреза

Гормональная регуляция

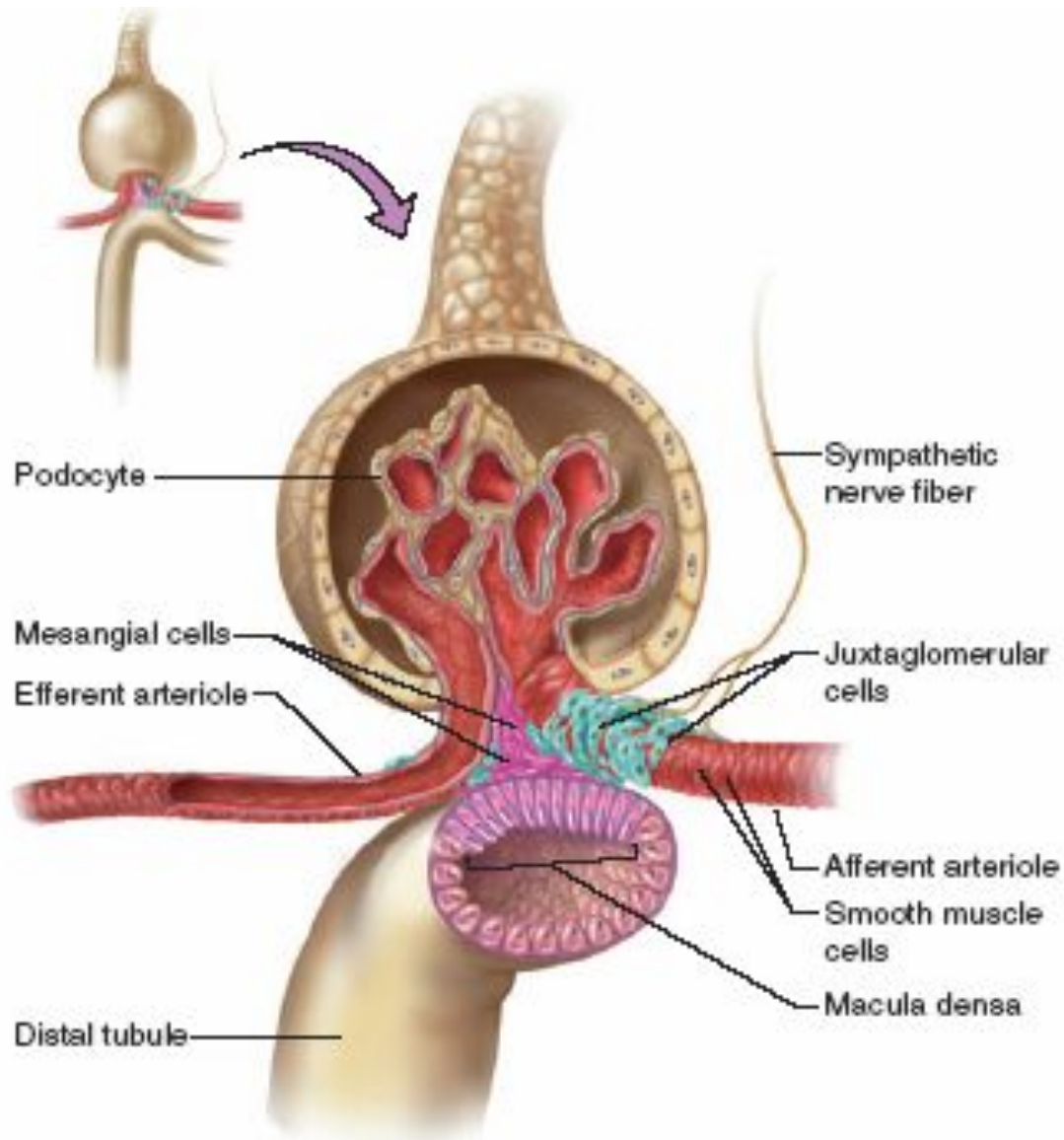
- **Вазопрессин (АДГ)** (супраоптические и паравентрикулярные ядра гипоталамуса) – повышает реабсорбцию воды в дистальном отделе нефрона и собирательных трубчатках (**механизм:**секреция гиалуронидазы клетками собирательных трубочек- деполяризация гиалуроновых стр-р межклеточного вещества – увеличение проницаемости для воды)

- **Альдостерон** -регулирует реабсорбцию натрия и секрецию калия и протонов в дистальных извитых канальцах. **Механизм:** стимуляция ДНК-зависимого синтеза иРНК, тРНК и рРНК – синтез на рибосомах белка – стимуляция натрий- калиевого насоса. Блокировка синтеза белка(пурамицин) – отсутствие эффекта альдостерона
- Много альдостерона – увеличение реабсорбции натрия- уменьшение натрий и диуреза;удаление надпочечников – увеличение натрийуреза и диуреза

РААС

- Падение АД, ишемия почек, стеноз почечных артерий, снижение ОЦК, активация СНС, повышение НА, изменение концентрации натрия и калия - внутрипочечные барорецепторы – активация клеток macula densa – синтез ренина – Анг - АТ1 – АТ2 - стимуляция секреции альдостерона

Строение юкстагломерулярного аппарата



- Глюкокортикоиды – антагонисты вазопрессина- стимуляция диуреза (увеличение фильтрации и снижение реабсорбции);
- Гормоны ЩЖ усиливают диурез
- Паращитовидные железы – усиление экскреции кальция

БАВ

- АХ, брадикинин, простагландины – усиление медуллярного кровотока – увеличение натрий и диуреза, КА (вазоконстрикторы) – наоборот.

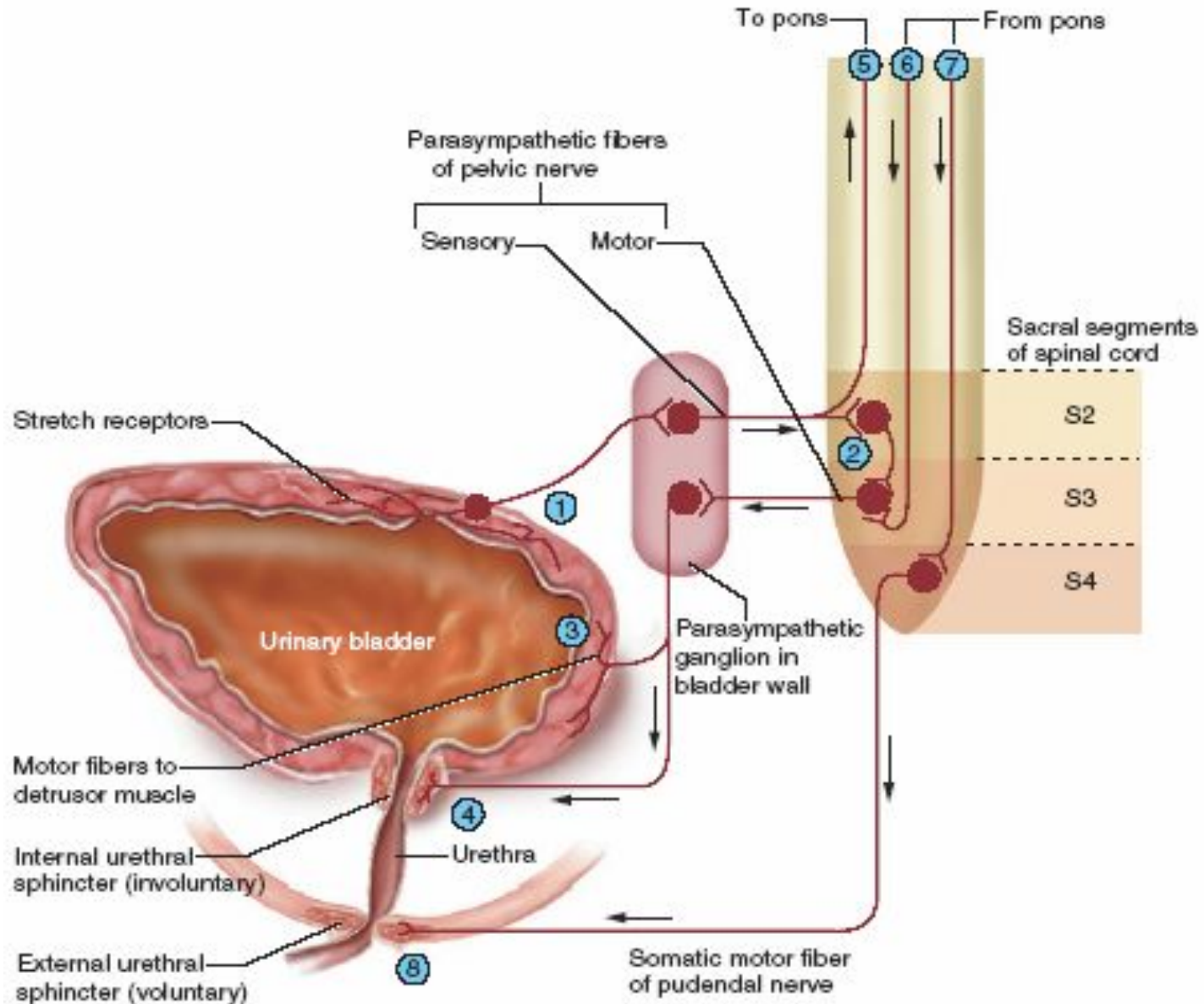
Таблица. Состав мочи человека, г/сут (из расчета на 1200–1500 мл)

Неорганические вещества		Органические вещества	
Cl^-	5–11	Мочевина	20–35
SO_4^{2-}	1,8–3,6	Мочевая кислота	0,3–1,2
PO_4^{3-}	2–6,7	Пуриновые основания	0,015–0,045
Na^+	3,0–5,2	Креатинин	1,5–2,4
K^+	2,0–3,5	Гиппуровая кислота	0,1–2,0
Ca^{2+}	0,2–0,3	Парные эфирно-серные кислоты	0,07–0,85
Mg^{2+}	0,06–0,2	Индикан	0,001–0,038
NH_4^+	0,6–1,3	Стеркобилиноген	0,020–0,035
		Урохром	0,2–0,9
		Ацетон+ацетоуксусная кислота	0,009
		Белок	0,003–0,009

Мочевыделение

- Моча – раздражение механорецепторов лоханки – рефлекторное сокращение мускулатуры почечной лоханки и раскрытие мочеточника – перистальтика – наполнение мочевого пузыря- пластический тонус – наполнение до 250 – 300 мл – повышение тонуса ($P = 15-16$ см вод. ст.)- позыв на мочеиспускание

Иннервация мочевого пузыря



Рефлекторная регуляция мочеиспускания

- Рецепторы растяжения – нижние грудные и поясничные сегменты СМ + 2-4 сакральные сегменты – восходящие влияния через ПМ и СрМ к гипоталамусу, далее на пирамидные нейроны – нисходящие влияния в сакральный центр – через симпатические и парасимпатические нервы к мочевому пузырю

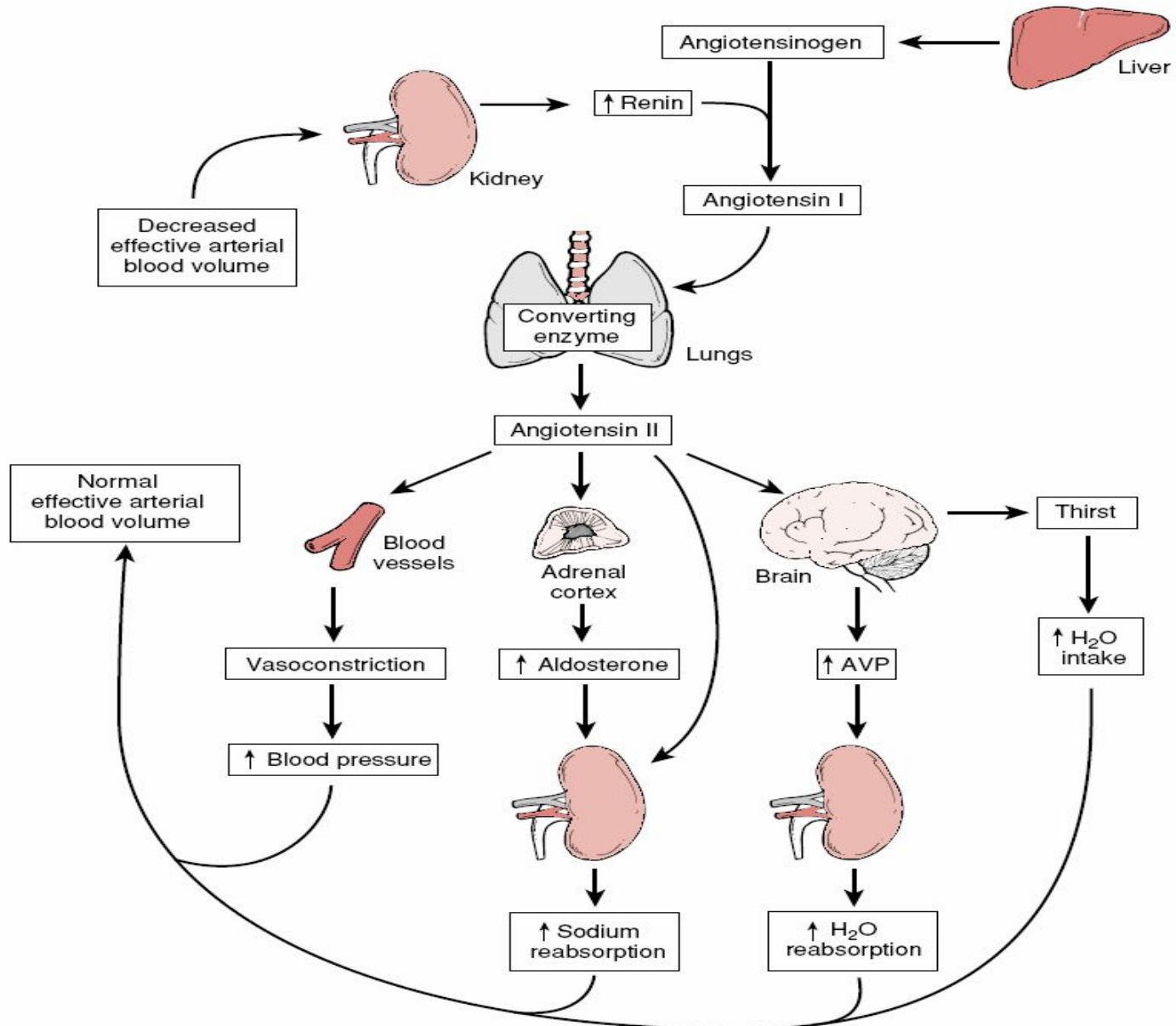
ВНС

СНС - усиливает перистальтику мочеточников, тормозит тонические сокращения ГМ, повышает тонус пузырного сфинктера

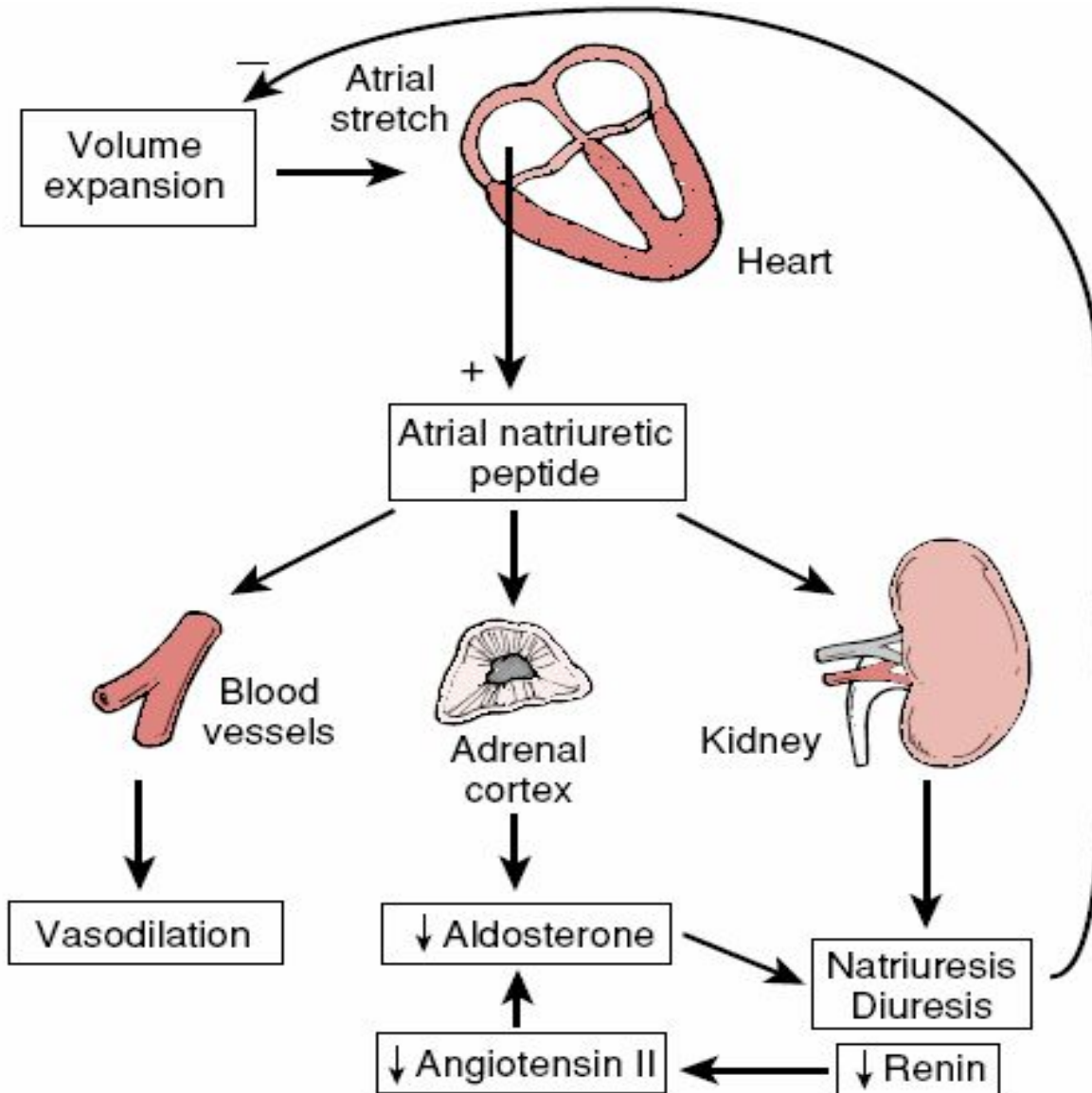
ПСНС – стимулирует сокращение мочевого пузыря и расслабляет его сфинктер

Соматические влияния (срамной нерв) – расслабление наружного сфинктера

Реакция почек на уменьшение АД



Реакция почек на увеличение АД



Аппарат «Искусственная почка»

