СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МЕДИЧНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ФІЗІОЛОГІЇ І ПАТОФІЗІОЛОГІЇ

Опорний конспект лекції з фізіології
на тему:

Роль нирок у процесах утворення сечі

© Гарбузова В.Ю.

Органи виділення

нирки

надлишок води
солі
сечовина
сечова кислота
лікарські речовини
фарби

шкіра

вода
солі
сечовина
сечова кислота

печінка

гормони
продукти обміну
гемоглобіну
жовчні пігменти
холестерин
сечовина

легені

CO_2
ацетон
пари ефіру і хлороформу
пари алкоголю

ШКТ

важкі метали
лікарські речовини
фарбники
солі

Функції нирок

Екскреція надлишку органічних речовин, які надійшли з їжею або утворилися в результаті метаболізму (глюкоза, амінокислоти)

Екскреція кінцевих продуктів азотистого обміну (сечовина, сечова кислота)

Екскреція чужерідних, лікарських речовин, фарб

Підтримка осмотичного тиску плазми крові

Підтримка іонного балансу організму

Підтримка кислотно-лужної рівноваги

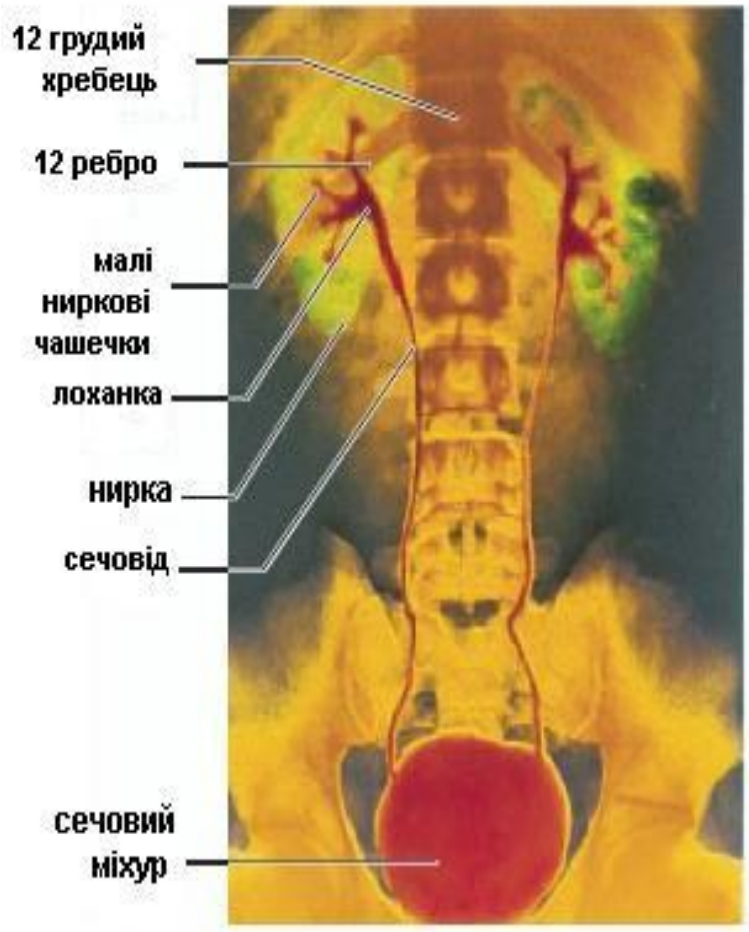
Участь у регуляції артеріального тиску

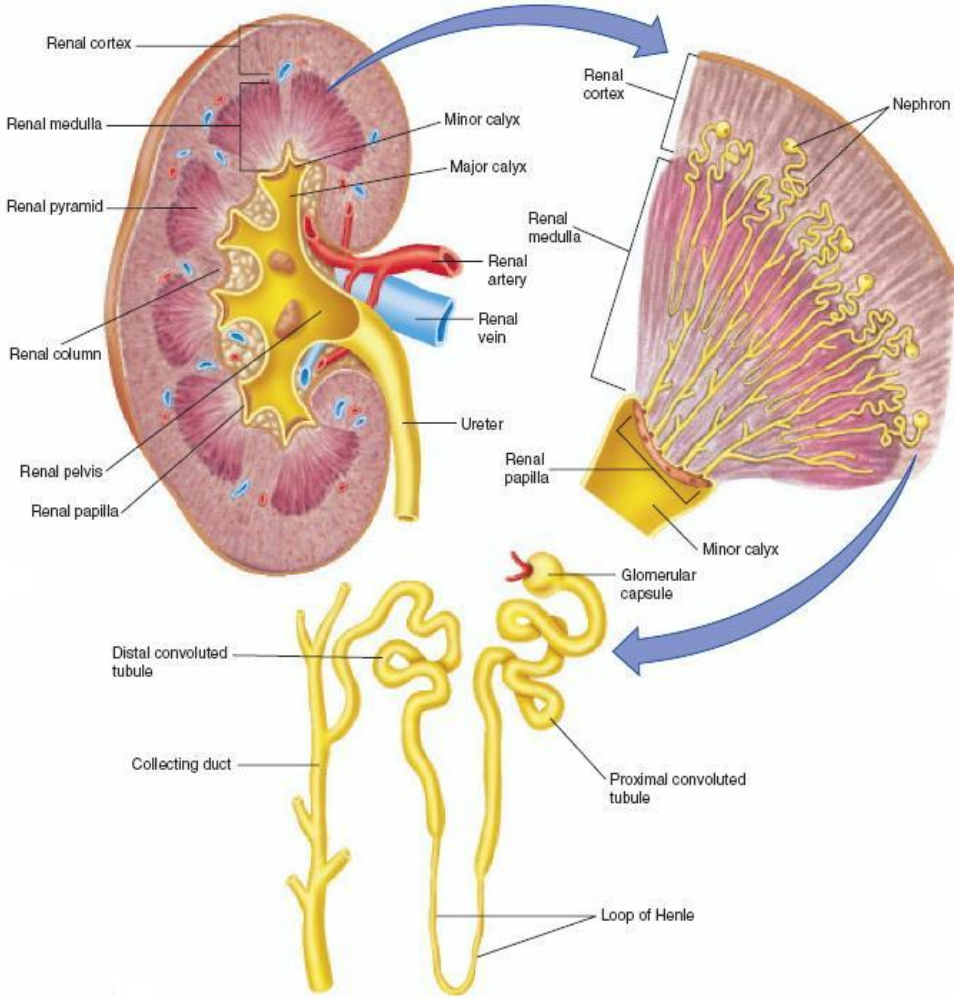
Утворення БАР і ферментів (простагландини,кініни,ренін,еритропоетини,урокіназа, вітамін D)

Участь у метаболізмі білків, жирів, вуглеводів

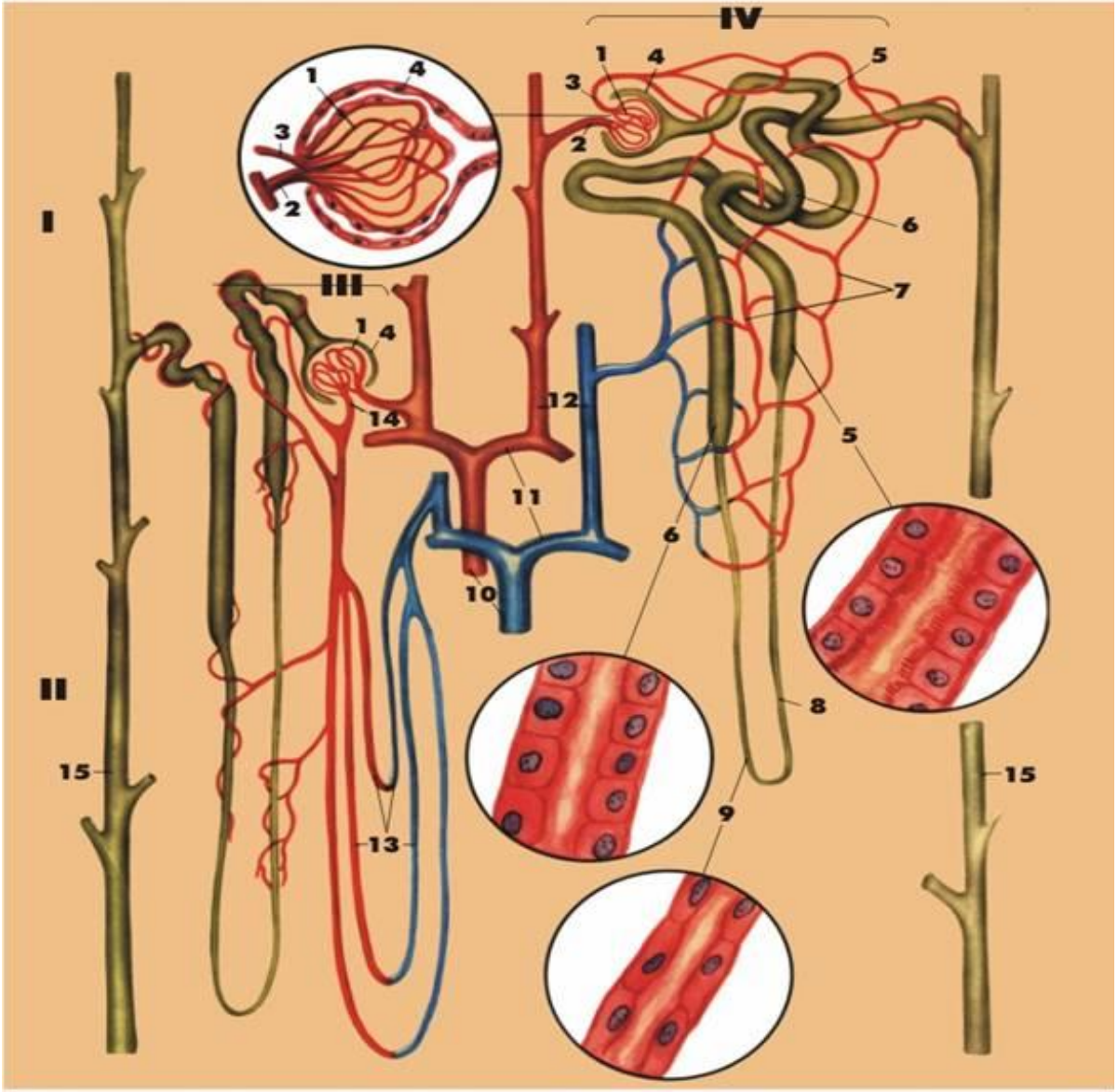
Регуляція об’єму крові

Структурно-функціональні особливості нирок





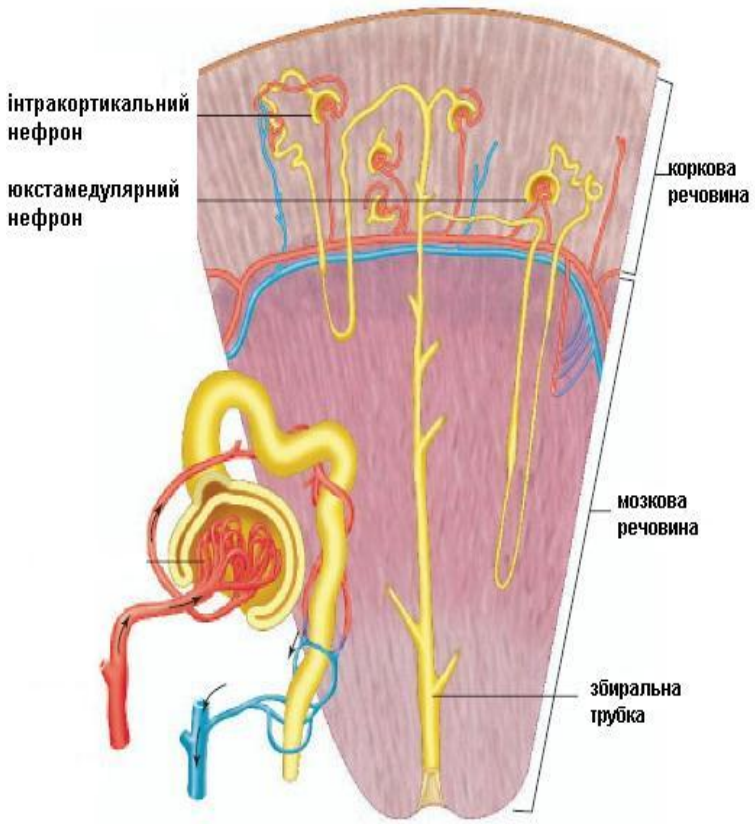
БУДОВА НЕФРОНА



I. КІРКОВА РЕЧОВИН НИРКИ
II. МОЗКОВА РЕЧОВИНА
III. ЮКСТАМЕДУЛЯРНИЙ НЕФРОН
IV. КІРКОВИЙ НЕФРОН

1. Капілярний клубочок
2. Приносна артеріальна судина
3. Виносна артеріальна судина
4. Капсула (Шумлянського-Боумена)
5. Проксимальний звивистий нирковий капіляр
6. Дистальний звивистий нирковий капіляр
7. Капілярна сітка навколо канальців кіркового нефрона
8. Нисхідне коліно петлі Генле
9. Висхідне коліно петлі Генле
10. Міжчасткові артерія і вена
11. Дугоподібні артерія і вена
12. Міжчасткові артерія і вена
13. Прямі артерія та венула
14. Артеріола, яка виходить із клубочка юкстамедулярного нефрона
15. Збірні трубочки

Порівняльна характеристика нефронів



- кількість
- локалізація
- величина клубочків
- глибина розташування клубочків і проксимальних канальців
- довжина петель

Кортикальні нефрони – 90%

клубочки невеликі

клубочки розташовані біля поверхні нирки

петлі короткі

еферентна артеріола переходить в

перитубулярні капіляри

Юкстамедулярні нефрони –10%

клубочки великі

клубочки розташовані глибоко в

корі на межі з мозковою речовиною

петлі довгі

Еферентна артеріола не розгалуджуєтьсяна перитубулярні капіляри, а утворює прямі судини, які глибоко опускаються в мозкову речовину

Епітелій різних частин нефрону різний, що пов'язане з особливостями їхнього функціонування.

У капсулі - плоский одношаровий епітелій.

У канальцях I порядку - циліндричний або кубічний епітелій із щіточковою облямівкою

У петлі Генле - кубічний епітелій.

У канальцях II порядку - цилідричний епітелій.

Особливості кровопостачання нирок

1. Інтенсивність ниркового кровотоку Маса обох нирок - 0,4% від маси тіла. За 1 хвилину через них проходить 25 % від загального серцевого викиду.

2. Нерівномірність ниркового кровотоку 92,5% крові спрямоване у коркову речовину, де відбувається процес фільтрації

3. Високий тиск крові у капілярах клубочка 70 мм рт. ст

4. Приносна артеріола широка, коротка, має низький тонус, виносна артеріола вузька, довга, має високий тонус

5. Висока проникність ендотелію капілярів

6. Постійність кровотоку при змінах артеріального тиску

Механізм, що забезпечує сталість ниркового кровотоку при зміні АТ від 90 до 180 мм рт ст пов'язаний зі зміною опору приносних артеріол

Ефект Бейліса

$$Q = \frac{P}{R}$$

Зростання АТ

Зростання транс-мурального тиску

Розтягнення і скорочення ГМК судинної стінки

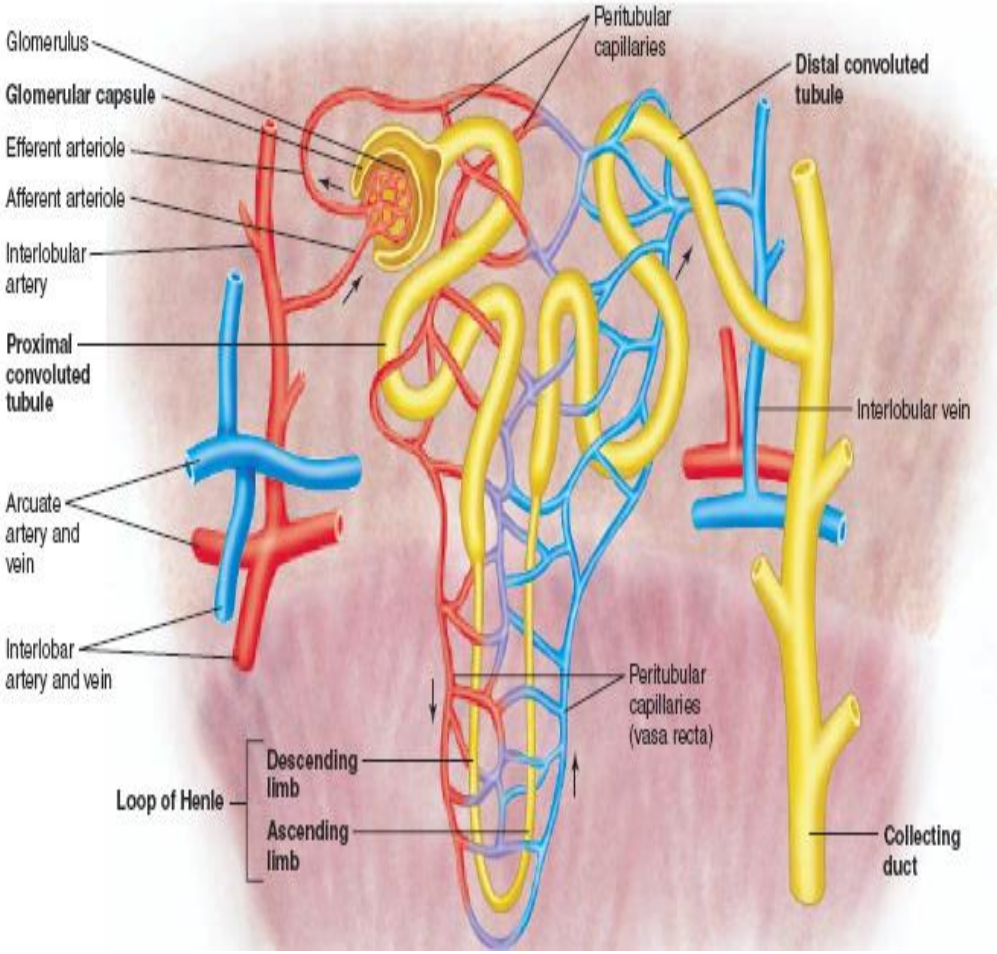
Зменшення радіусу

Зростання опору

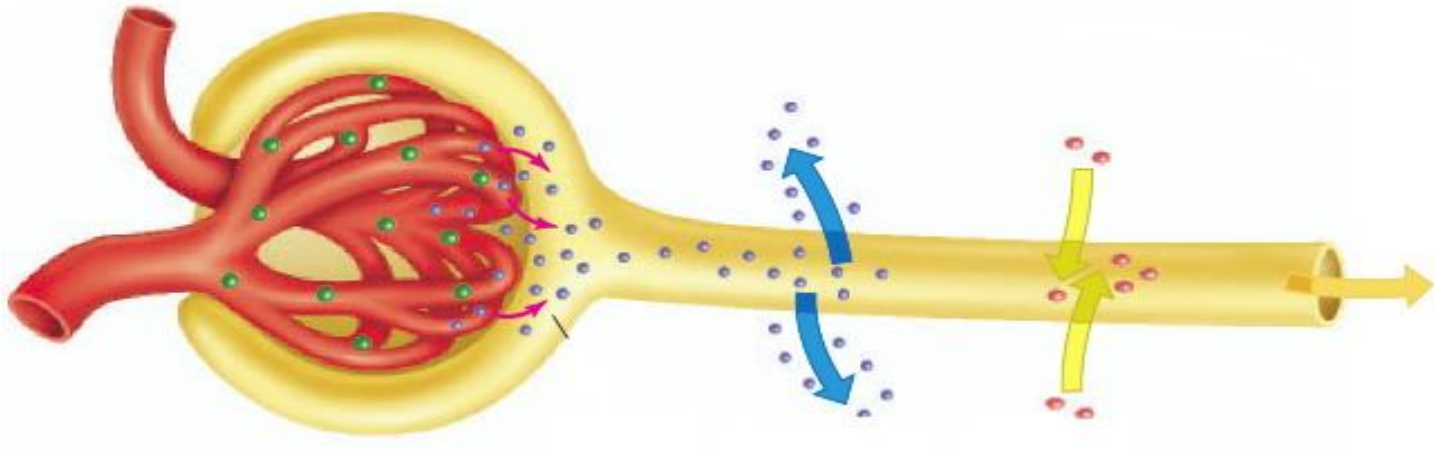
Зменшення інтенсивності кровообігу

6. Унікальність кровопостачання

нижня порожниста вена
ниркова вена
перитубулярні капіляри
виносні артеріоли капіляри
rete mirabilis приносні
артеріоли міждолькові
артерії дугові артерії
міждольові артерії
ниркова артерія
черевна аорта



Процеси, що забезпечують утворення сечі



Клубочкова фільтрація

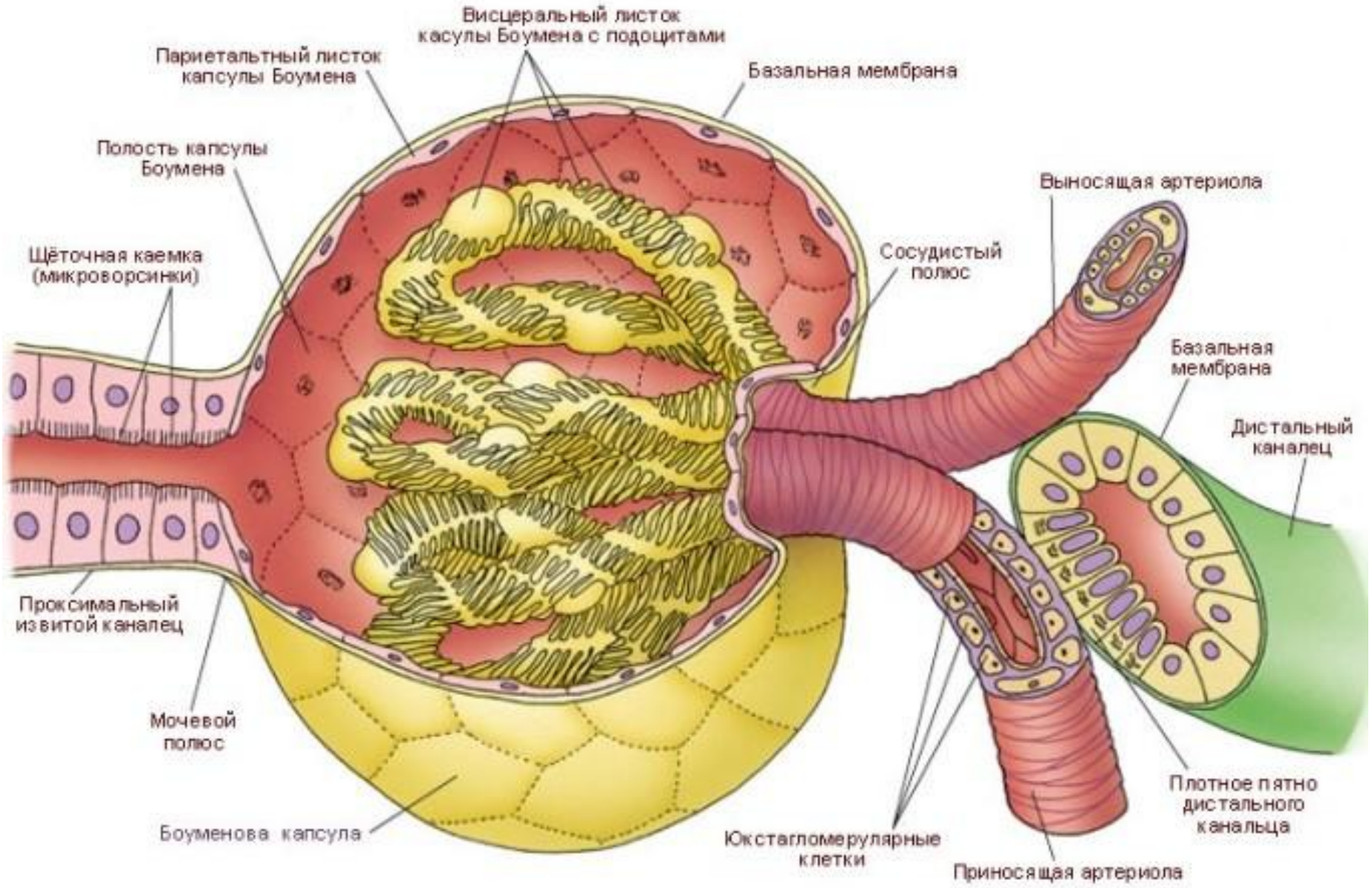
Канальцева реабсорбція

Канальцева секреція

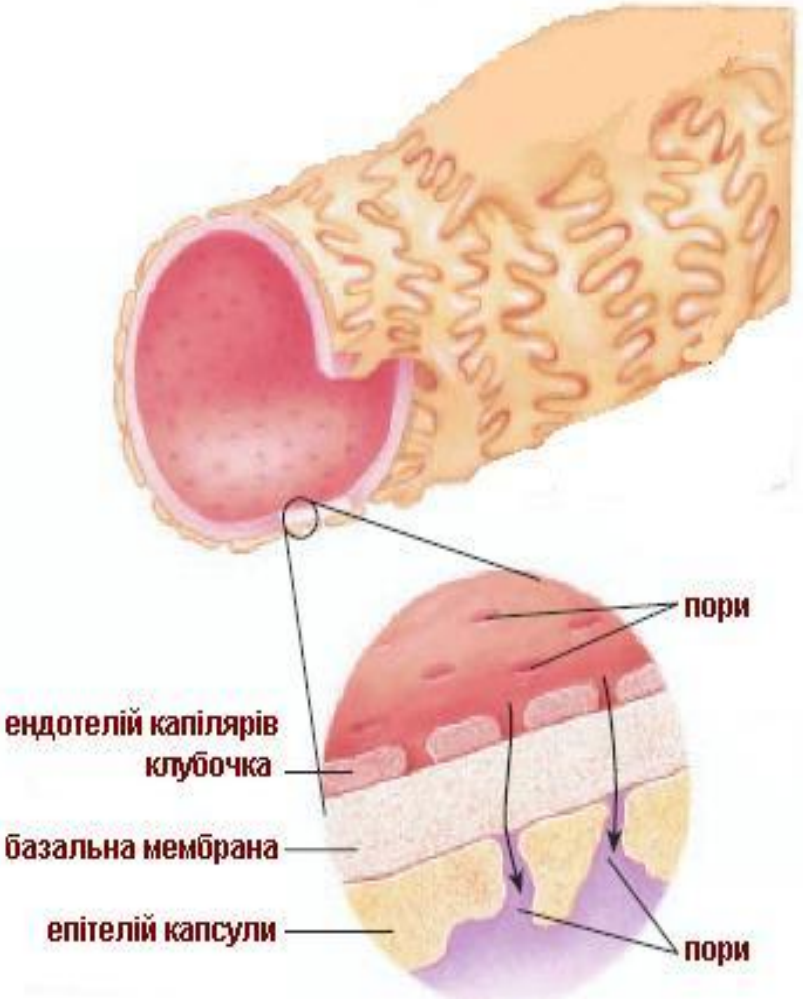
Клубочкова фільтрація

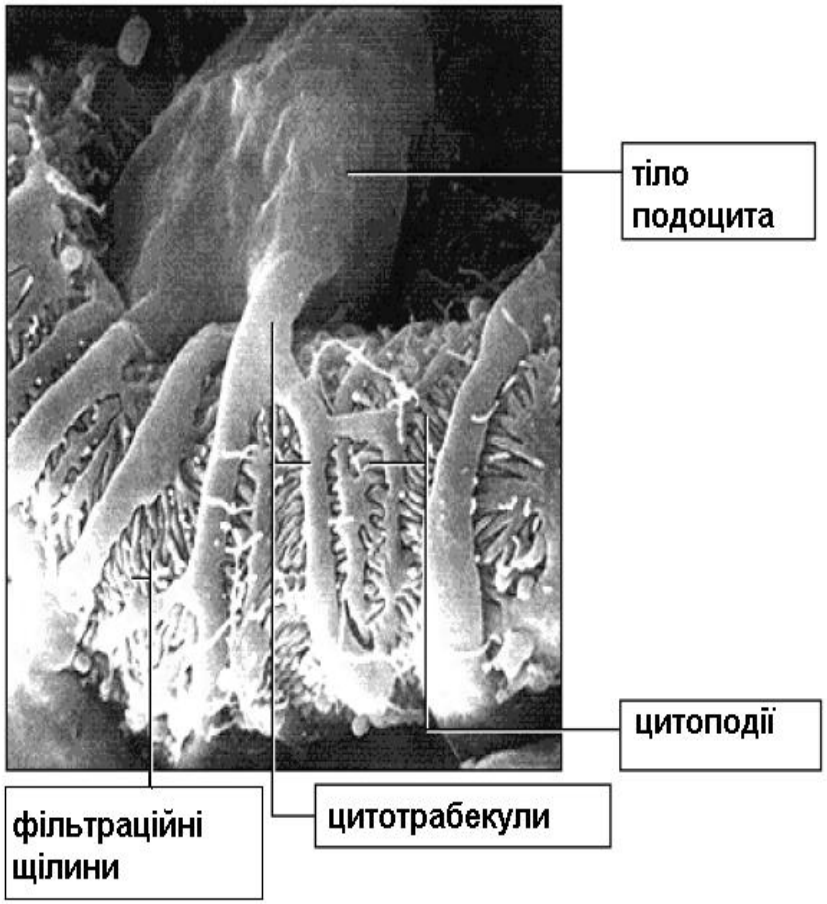
- Процес утворення із плазми крові первинної сечі шляхом ультрафільтрації через нирковий фільтр із капілярів клубочка в капсулу Шумлянського-Боумана

За добу утворюється 160-180 л первинной сечі (ультрафільтрату), що має майже такий самий склад як і плазма крові. Ультрафільтрат на містить формених елементів і білків.


Висцеральный листок
касулы Боумена с подоцитами
Париетальтный листок
капсулы Боумена
Базальная мембрана
Полость капсулы
Боумена
Выносящая артериола
Щёточная каемка
(микроворсинки)
Сосудистый
полюс
Базальная
мембрана
Дистальный
каналец
Проксимальный
извитой каналец
Мочевой
полюс
Плотное пятно
дистального
канальца
Боуменова капсула
Юкстагломерулярные
клетки
Приносящая артериола

Будова ниркового фільтра





1. Эндотелий капілярів клубочка. Він містить багаточисельні пори (фенестри) діаметром 50- 100 нм, через які не проходять тільки формені елементи крові.

2. Базальна мембрана. Має сітчасту структуру, містить велику кількість пор і несе негативний заряд. Відіграє роль сита, що затримує великі плазматичні білки.

3. Епітелій боуменової капсули. Є найдрібнішим фільтром, який найбільш ефективно розділяє компоненти плазми крові. У місцях зіткнення із клубочковими капілярами його клітини видозмінені в подоцити із численними ніжками. Ніжки переплітаються, але між ними залишаються щілини d = 20 - 50 нм. Вони заповнені сіалопротеїном і несуть негативний заряд. Через ці пори можуть проходити речовини з діаметром молекул менш 1,5 нм.

Фактори, що визначають інтенсивність фільтрації

1. Ефективний фільтраційний тиск

ЕФТ = $P_{гідр.кр.}$ - ($P_{гідр.капс.}$ + $P_{онк.кр.}$)

ЕФТ = 50 – (12 + 20) = 18 мм рт.ст.

ЕФТ > 0 фільтрація

ЕФТ =48 – (12+36) = 0 фільтрація припиняється

2. Площа фільтрації

1,5 кв.м на 100 г маси нирки

3. Проникність ниркового фільтру

ШКФ = $К_ф$ ЕФТ

ШКФ = 125 мл/хв - чоловіки
ШКФ = 110 мл/хв - жінки

Фактори, що впливають на ШКФ

часу доби (вдень на 30% вище, а вночі на 30% нижче середньої добової норми).

фізіологічного стану (після прийому їжі на 30% вище)

За патологічних умов дефіцит фільтрації спостерігається при :

змінах ЕФТ (під час шоку або при звуженні сечоводу);

змінах фільтруючої мембрани (гломерулонефрит, амілоїдоз).

Показники оцінки фільтрації

ШКФ можна виміряти за допомогою індикаторної речовини за принципом Фіка шляхом визначення її кількості у плазмі і у сечі.

Кліренс (С) показує який об'єм плазми очищується від індикаторної речовини за одиницю часу.

кількість = об'єм × концентрацію

Vсечі × U = Vкрові × P , де **Vсечі – об'єм сечі, що виділяється за одиницю часу,**

Vкрові – об'єм крові, що фільтрується за одиницю часу, або ШКФ;

U – концентрація речовини в сечі;

P – концентрація речовини в крові.

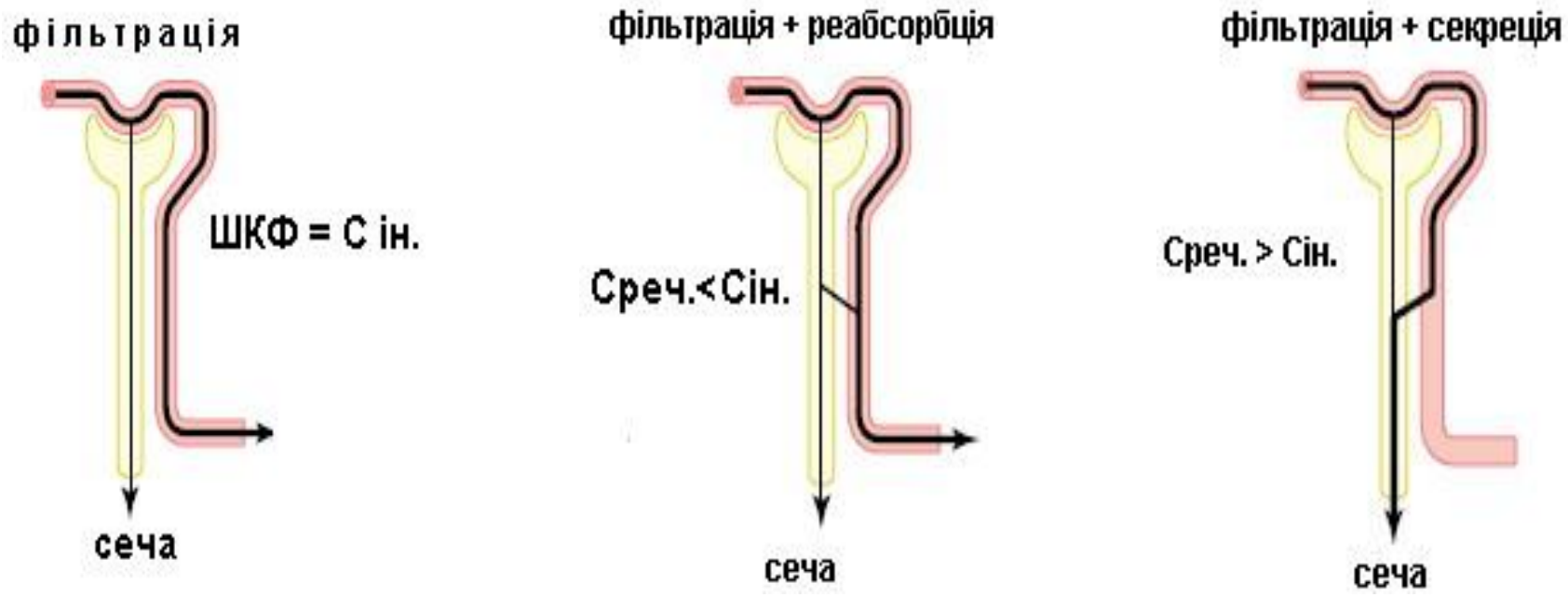
Vсечі × U = P × ШКФ

$$кліренс = \frac{U}{P} \times Vсеч$$

Речовина, що використовується в цьому методі повинна відповідати наступним вимогам :

- бути неелектролітом, що фільтрується, тобто не зв'язується з білками плазми й не затримується у порах ниркового фільтра;
- бути нетоксичною;
- не розщеплюватися й не синтезуватися в нирках;
- не реабсорбуватися й не секретуватися в канальцях.

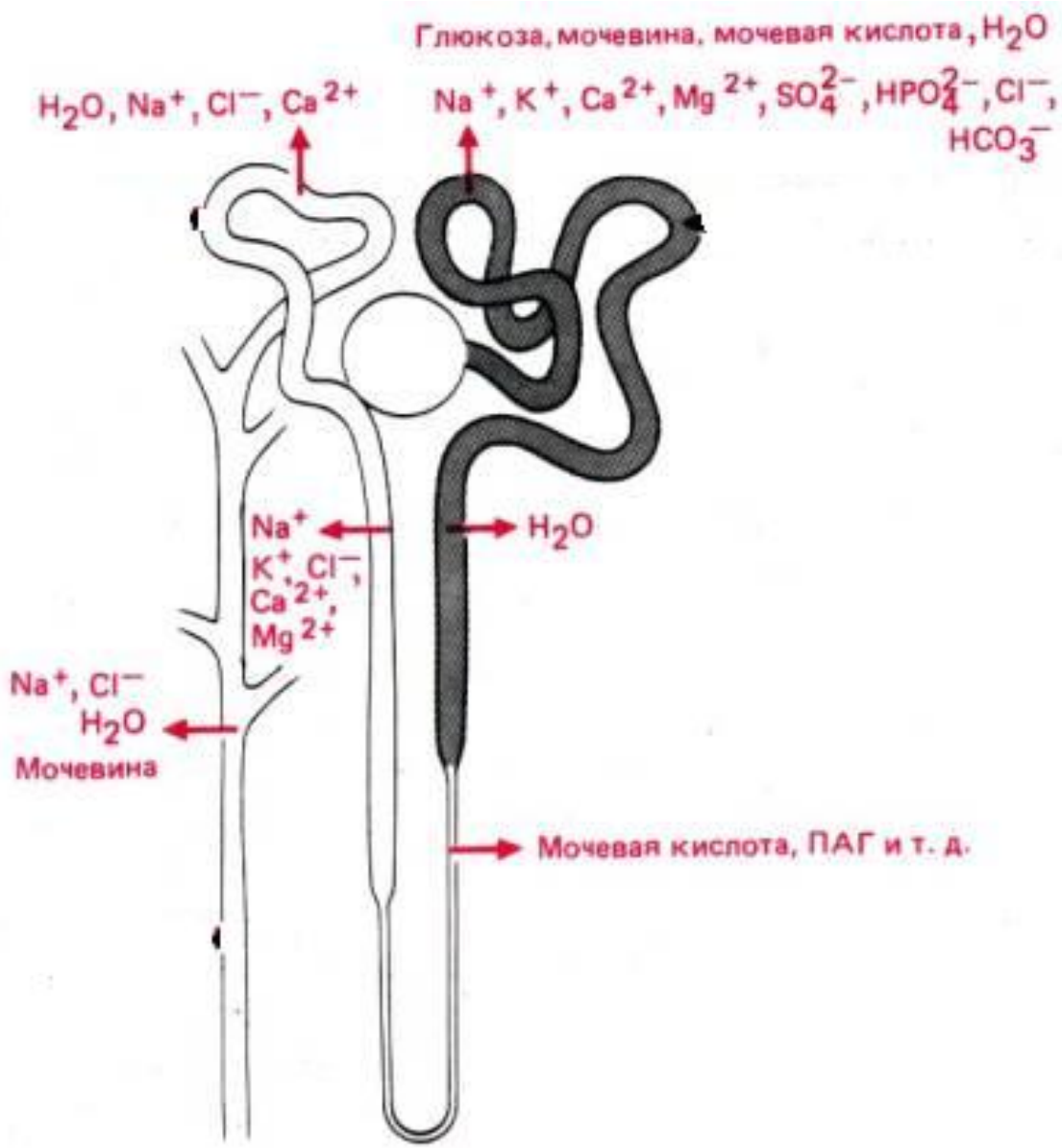
Якщо речовина відповідає цим вимогам, то вся її кількість, яка надійде у первинну сечу при фільтрації надійде не змінившись у кінцеву сечу і виділиться із організму.



Екскреція = фільтрація – реабсорбція + секреція

Канальцева реабсорбція

- **Процес транспорту необхідних організму речовин із первинної сечі через стінку капілярів у кров**



Реабсорбція відбувається в усіх відділах канальців, але за різними механізмами. Тому виділяють 3 основні ділянки реабсорбції.

1. Проксимальний звивистий каналець. Тут відбувається облігатна (обов'язкова реабсорбція).
2. Петля Генле.
3. Дистальний звивистий каналець і збиральна трубочка. Тут відбувається факультативна (вибіркова) реабсорбція.

Особливості реабсорбції в проксимальному відділі канальців

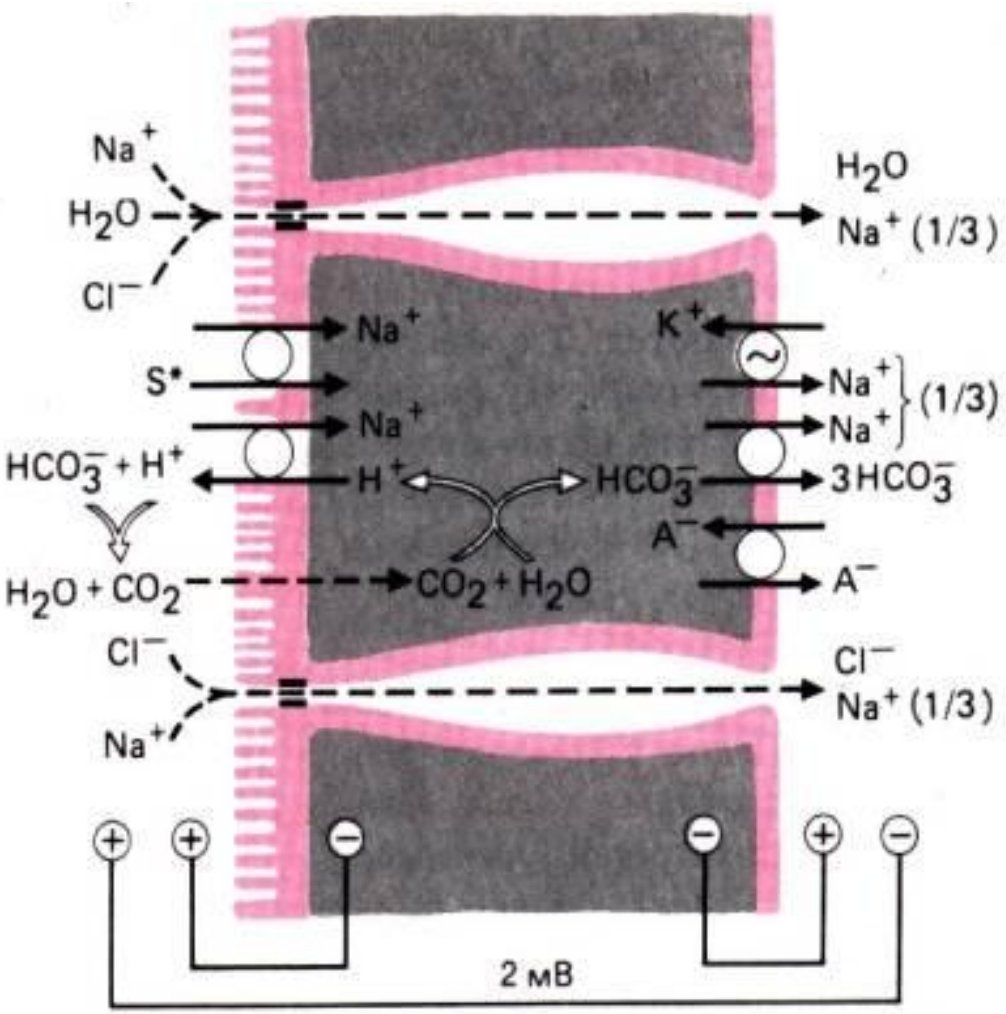
1. Великий об’єм реабсорбції. Із 100 мл рідини, що профільтрувалася 75 мл реабсорбується у проксимальному відділі.

2. Ізоосмотичність реабсорбції. При проходженні через проксимальний сегмент нефрону осмотичний тиск сечі не змінюється. Вона залишається ізотонічною до плазми, оскільки тут реабсорбується еквівалентна кількість електролітів і води, бо стінка проникна для них обох.

3. Обов’язковість реабсорбції. Об'єм рідини в цьому відділі зменшується на один і той самий відсоток незалежно від функціонального стану нирки - приблизно 65% (регуляція кількості води, що видаляється, здійснюється далі у дистальному відділі). Основна кількість необхідних організму речовин реабсорбується в проксимальному відділі. Тут повністю всмоктується в кров глюкоза, амінокислоти, низькомолекулярні білки, 1/3 сечовини, 2/3 води, Na, K, Ca, Mg, SO_4, PO_4, Cl, HCO_3^-

4. Транспортна активність клітин проксимального канальцю є найвищою в організмі. Клітини проксимального канальцевого епітелію мають асиметричну будову. Апікальна поверхня, обернена, в просвіт канальця вкрита щіточковою облямівкою, що майже у 40 разів збільшує площу контакту мембрани з канальцевої рідиною. Базолатеральна частина клітин містить велику кількість мітохондрій, які забезпечують енергією білки-насоси.

Реабсорбція натрію



Реабсорбція непорогових речовин.

В проксимальному звивистому канальці транспортується 65% Na, K, Ca, Cl, H_2O незалежно від ШКФ. При зростанні їх концентрації зростає і швидкість транспорту.

K^+ транспортується шляхом дифузії і первинного активного транспорту (Na-K насос).

Cl^- транспортується пасивно разом з Na^+, K^+ завдяки силам електростатичної взаємодії.

Ca^{2+}, Mg^{2+} транспортується активним транспортом.

H_2O реабсорбується шляхом осмосу.

Реабсорбція порогових речовин.

Транспорт PO_4, SO_4, HCO_3^-, амінокислот, глюкози залежить від концентрації. При зростанні їх концентрації в плазмі крові реабсорбція збільшується до певного рівня, після якого речовина починає виділятися з сечею.
Для характеристики реабсорбції таких речовин використовують показник-поріг виведення (ПВ).

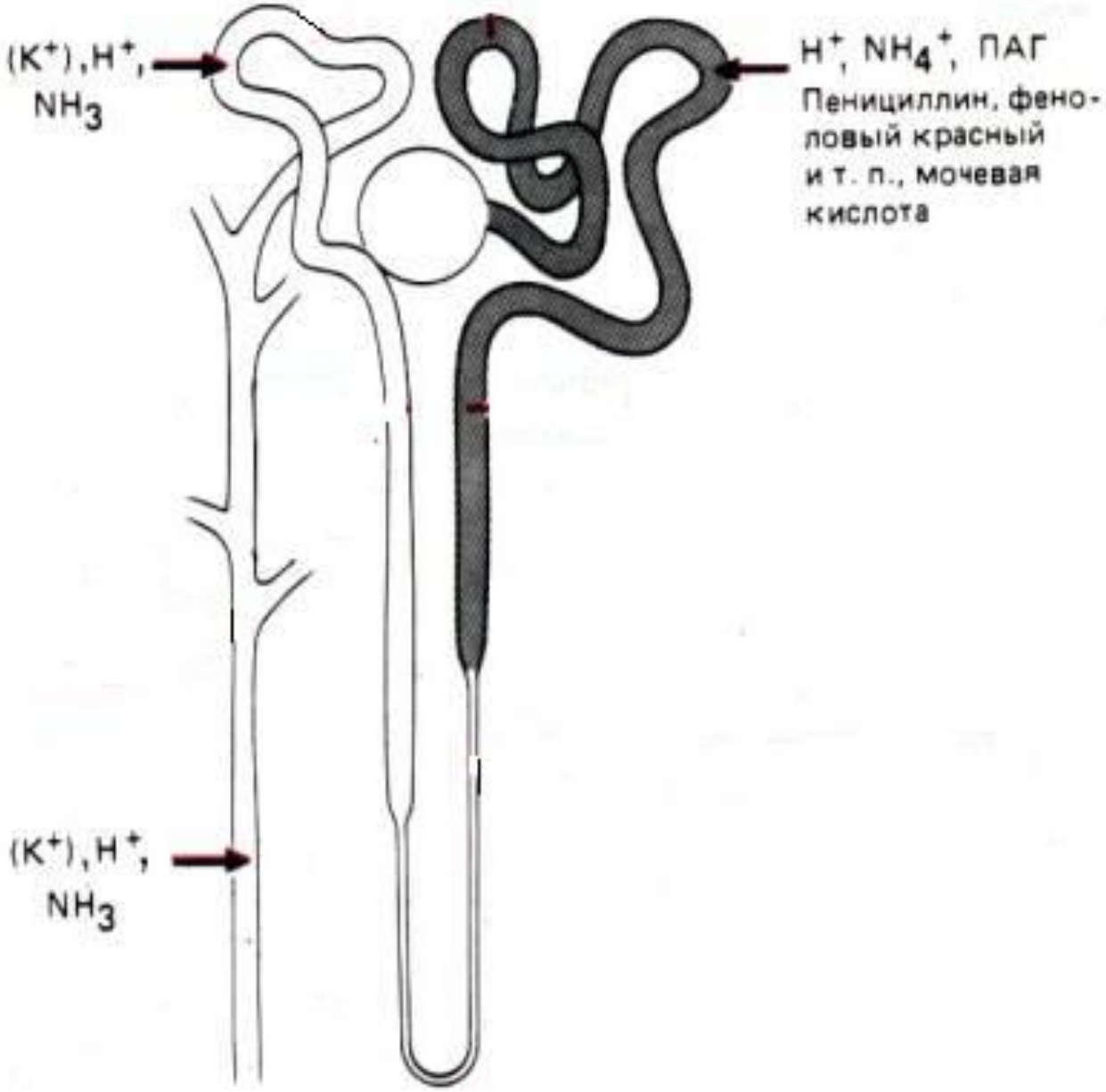
ПВ - це мінімальна концентрація речовини в плазмі крові, при якій вона не може бути повністю реабсорбована і починає вивільнюватися з сечею.

Канальцева секреція

- **Процес переходу речовин із крові в сечу**

Або

Процес переходу речовин, які утворилися в клітинах канальцевого епітелію в сечу


$(K^+), H^+,$
NH_3
$H^+, NH_4^+,$ ПАГ
Пенициллин, феноловый красный и т. п., мочевая кислота
$(K^+), H^+,$
NH_3

Склад сечі

Питома вага 1,016 - 1,022
PH = 4,6 - 8,0
95% H2O, 5% - сухий залишок :
сечовина - 292 ммоль/л
сечова кислота - 1,48 - 4,43 моль/добу
креатинін - 12 ммоль/л
сульфати - 24 ммоль/л
фосфати - 24 ммоль/л
Na - 142 ммоль/л
K - 54 ммоль/л
Ca - 38-77 ммоль/добу
аміак - сліди
гипуровая кислота - сліди