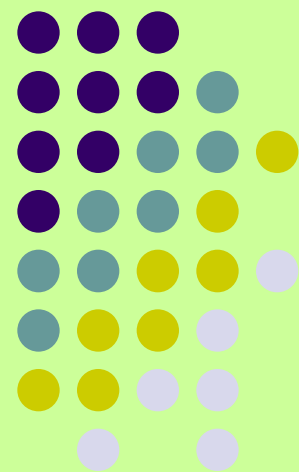
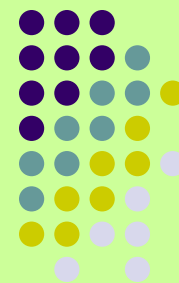


Фізіологія нирок

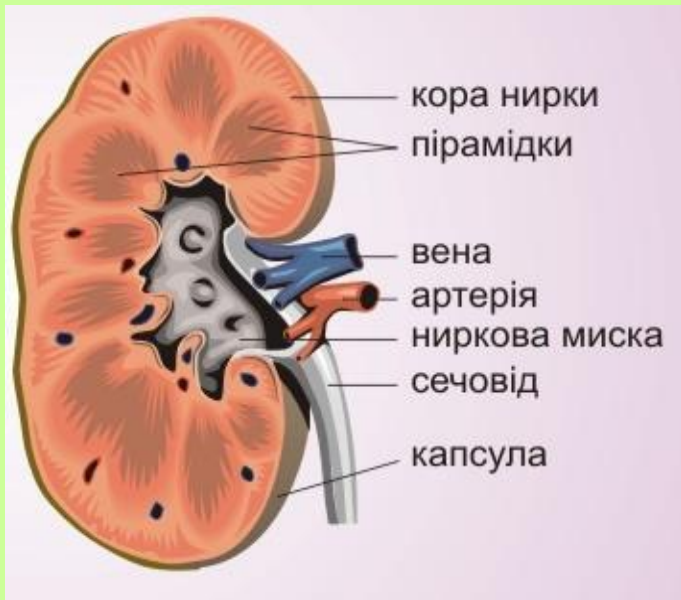




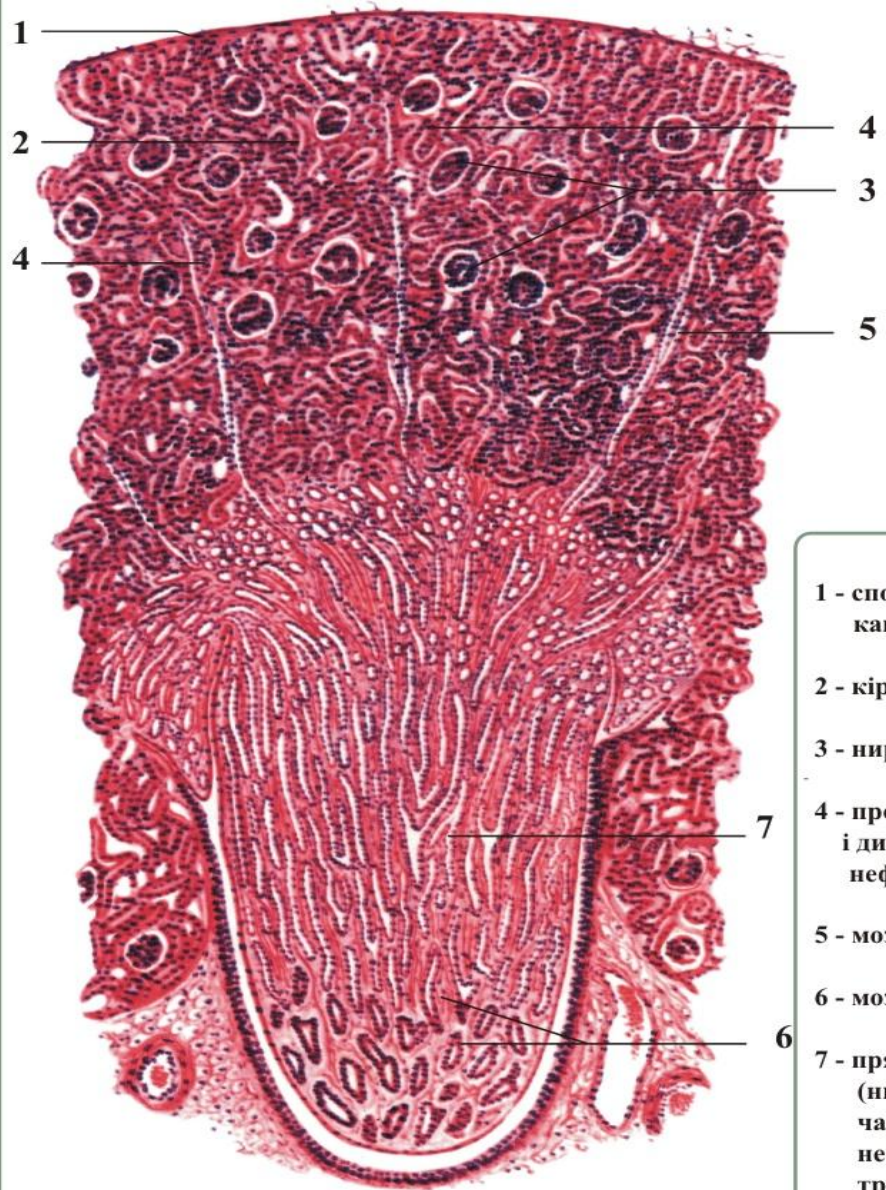
Функції нирок

- Екскреція кінцевих метаболітів азотного обміну;
- Екскреція чужорідних речовин;
- Екскреція надлишку органічних і неорганічних речовин, які потрапляють з їжею або утворюються в процесі метаболізму;
- Підтримка осмотичного тиску крові на постійному рівні;
- Підтримання іонного балансу організму;
- Підтримання кислотно-основного стану організму;
- Участь у регулюванні кровообігу;
- Утворення біологічно активних речовин та ферментів (брадикінін, простагландини, урокіназа, вітамін D3, еритропоетини, ренін та ін.);
- Участь у регулюванні об'єму циркулюючої крові.

- Структурно-функціональною одиницею нирки є нефрон.
- Залежно від місця розташування в нирці виділяють суперфіціальні (поверхневі), інтракортикальні і коломозкові нефрони.



НИРКА

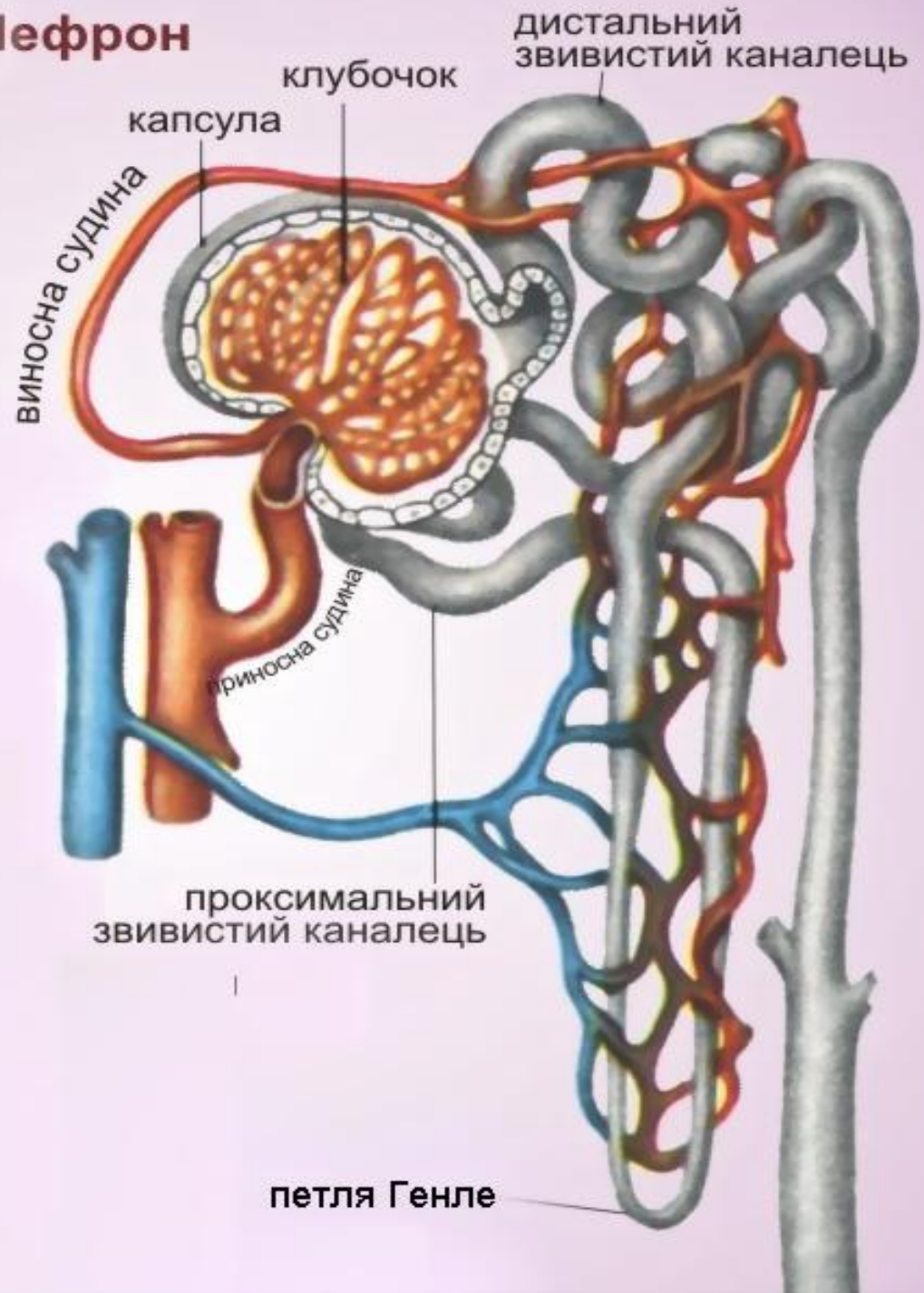


- 1 - сполучнотканинна капсула нирки
- 2 - кіркова речовина
- 3 - ниркові тільця
- 4 - проксимальний і дистальний відділ нефрона
- 5 - мозкові промені
- 6 - мозкова речовина
- 7 - прямі каналці (низхідні і висхідні частини петлі нефрона, збірні трубочки)

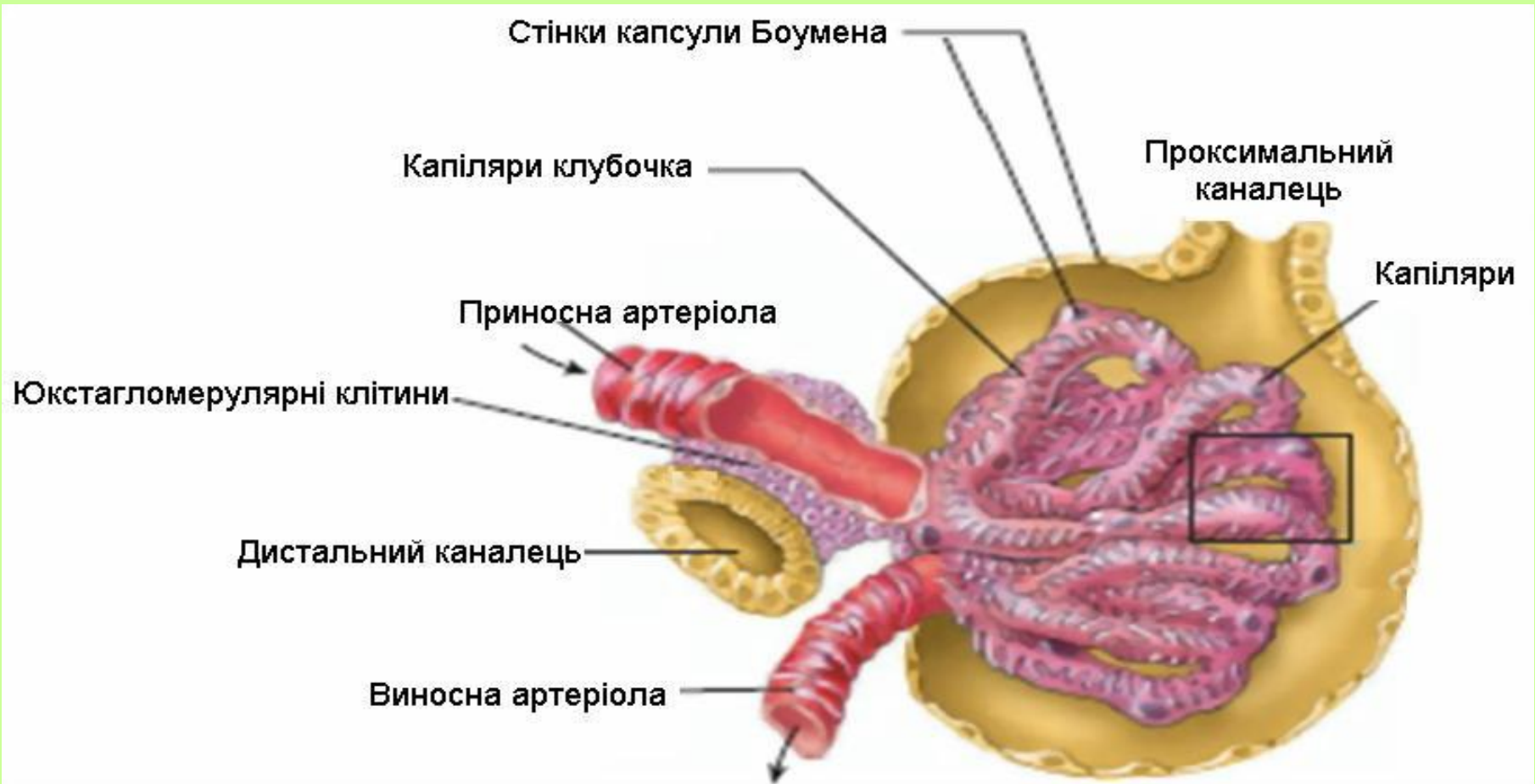
Будова нефрона

- судинний клубочок,
- капсула ниркового клубочка (капсула Шумлянського-Боумена)
- ниркові каналці.

Нефрон



Судинний клубочок



- Судинний клубочок включає в себе від 50 до 160 капілярів, на які розпадається приносна артеріола.
- Капіляри клубочка збираються у виносну артеріолу.

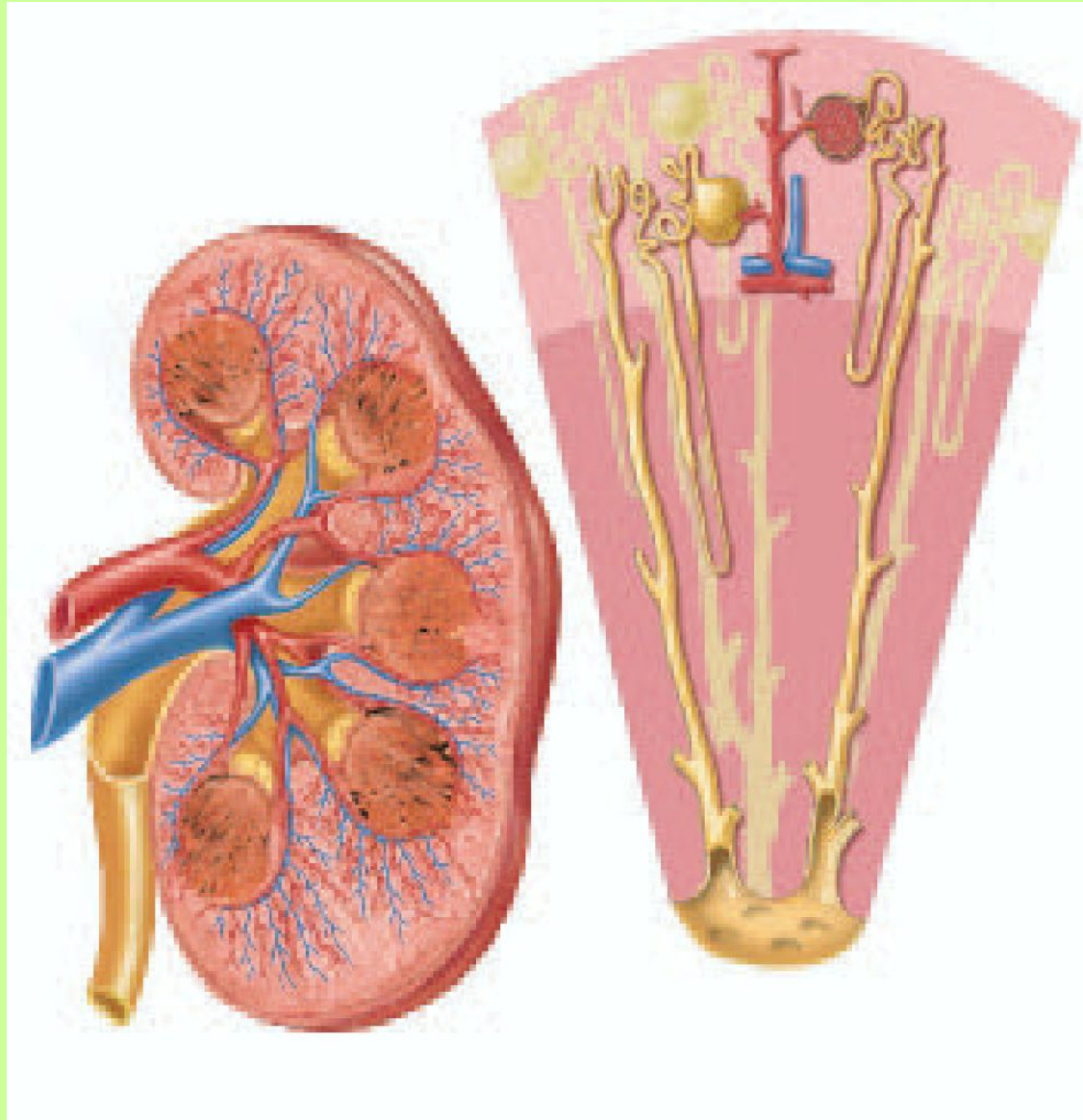
Подоцити



- До капілярів прилягає внутрішня стінка двошарової капсули ниркового клубочка, яка вкрита клітинами подоцитами.
- Простір між двома шарами капсули сполучається з просвітом каналця.

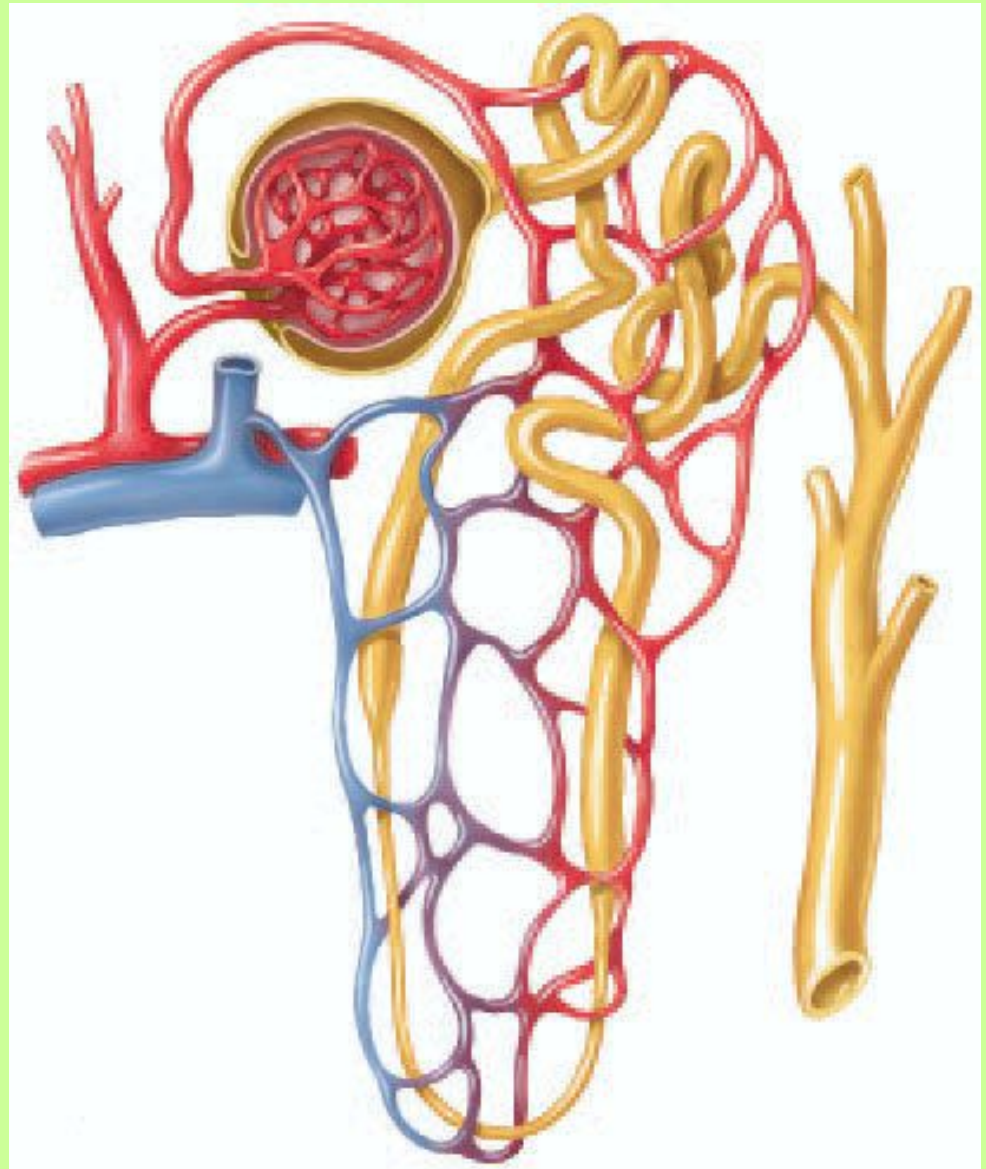
Ниркові канальці

- Канальці починаються проксимальною звивистою частиною, яка переходить у низхідний відділ петлі нефрона (петлі Генле).
- Висхідний відділ петлі нефрона піднімається до рівня капілярів свого ж нефрона, де переходить у дистальний звивистий каналець. Початкова частина цього відділу доторкується до клубочка між приносяною і виносяною артеріолами.
- Дистальний звивистий каналець переходить у збиральну трубку



Особливості кровопостачання нирок

- Капіляри клубочків не виконують трофічної функції.
- Виносна артеріола в кірковій речовині нирки знову розпадається на капіляри навколо звивистих канальців, розташованих у кірковому відділі. Капіляри, які супроводжують канальці мозкового шару нирки, утворюють прямі судини, котрі рідко розгалужуються. Ці капіляри беруть участь у процесі сечотворення і виконують трофічну функцію.

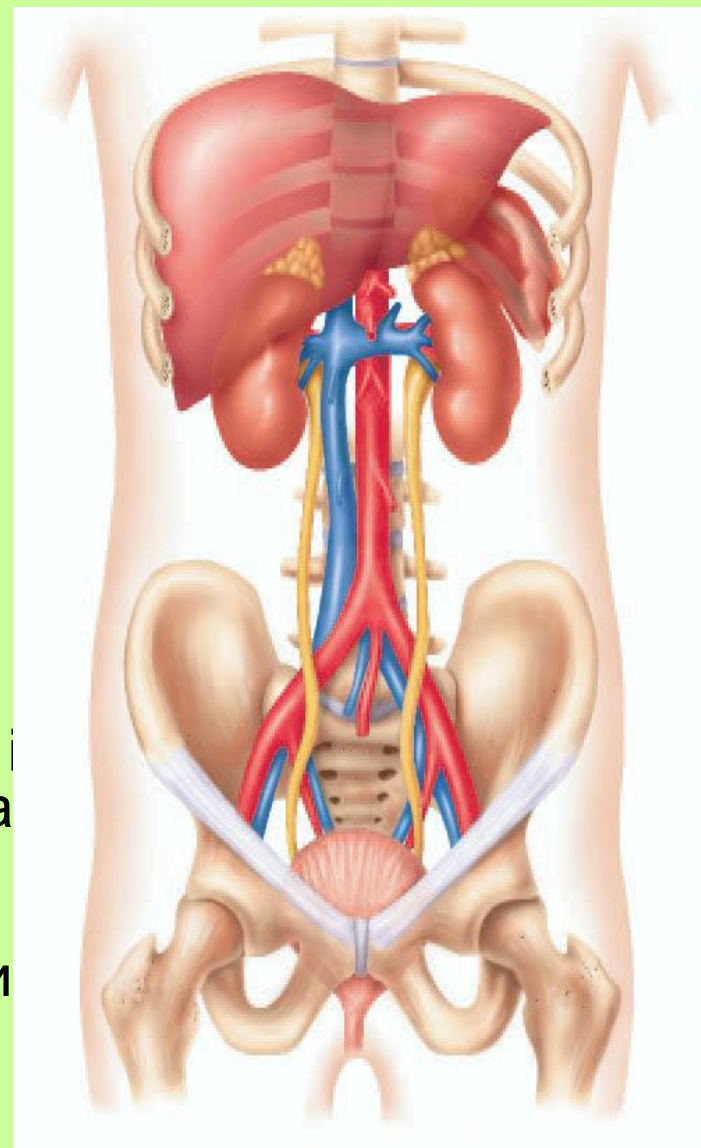


Іннервація нирок

До нирок підходить відносно велика кількість симпатичних нервів. Вони закінчуються на стінках аферентних і еферентних артеріол, юкстрагломерулярному апараті і на канальцях. У нирках не виявлено значної парасимпатичної іннервації. Є дофамінівмісні нерви, функціональне значення яких залишається поки що невідомим.

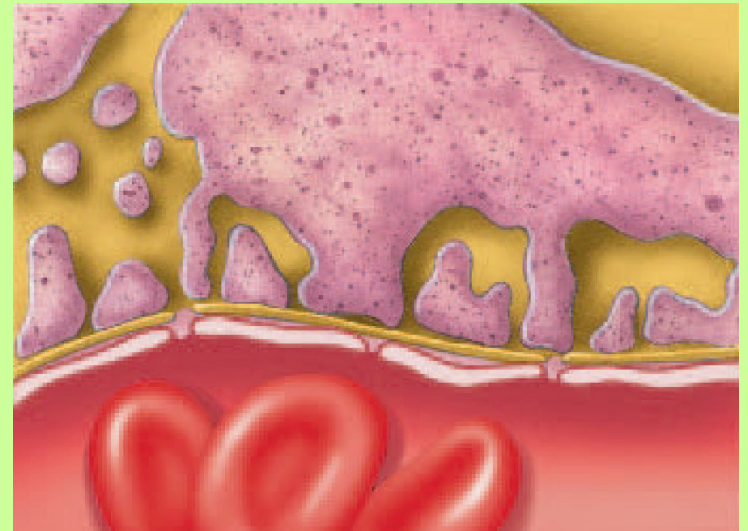
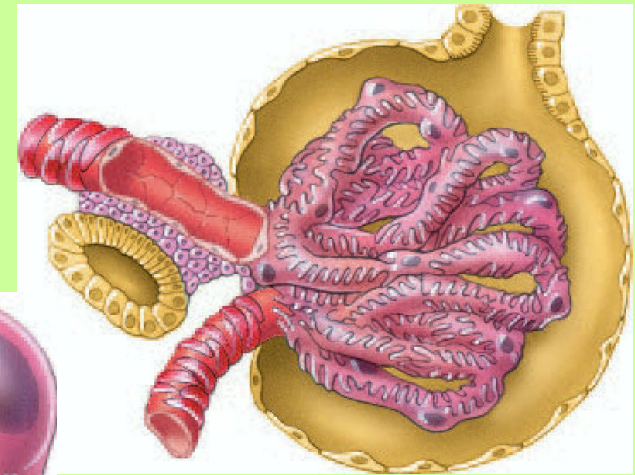
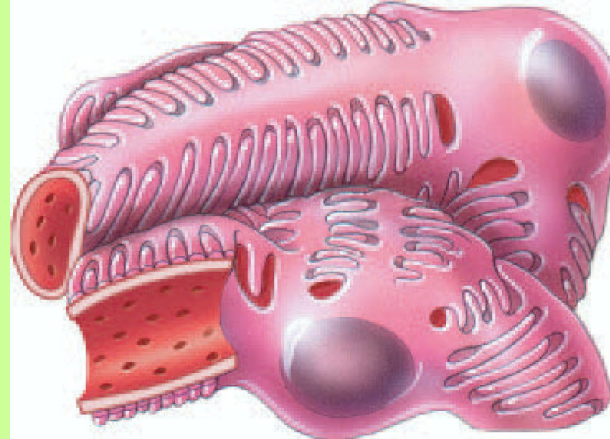
Артеріальний тиск в судинах нирок

- У нормі у дорослої людини через нирки походить до 25 % крові, яка викидається серцем (1000-1200 мл/хв). Таке інтенсивне кровопостачання забезпечується завдяки анатомічним особливостям ниркових артерій, які відходять від черевного відділу аорти у вигляді короткого товстого стовбура.
- За рахунок невеликої довжини розгалужень ниркових артерій забезпечується високий тиск у капілярах клубочків (65–70 мм рт. ст.). Підтримці високого тиску сприяє менший діаметр виносної судини, яка забезпечує підвищений опір кровообігу. Такий рівень тиску потрібен для здійснення першої фази процесу сечотворення – фільтрації.



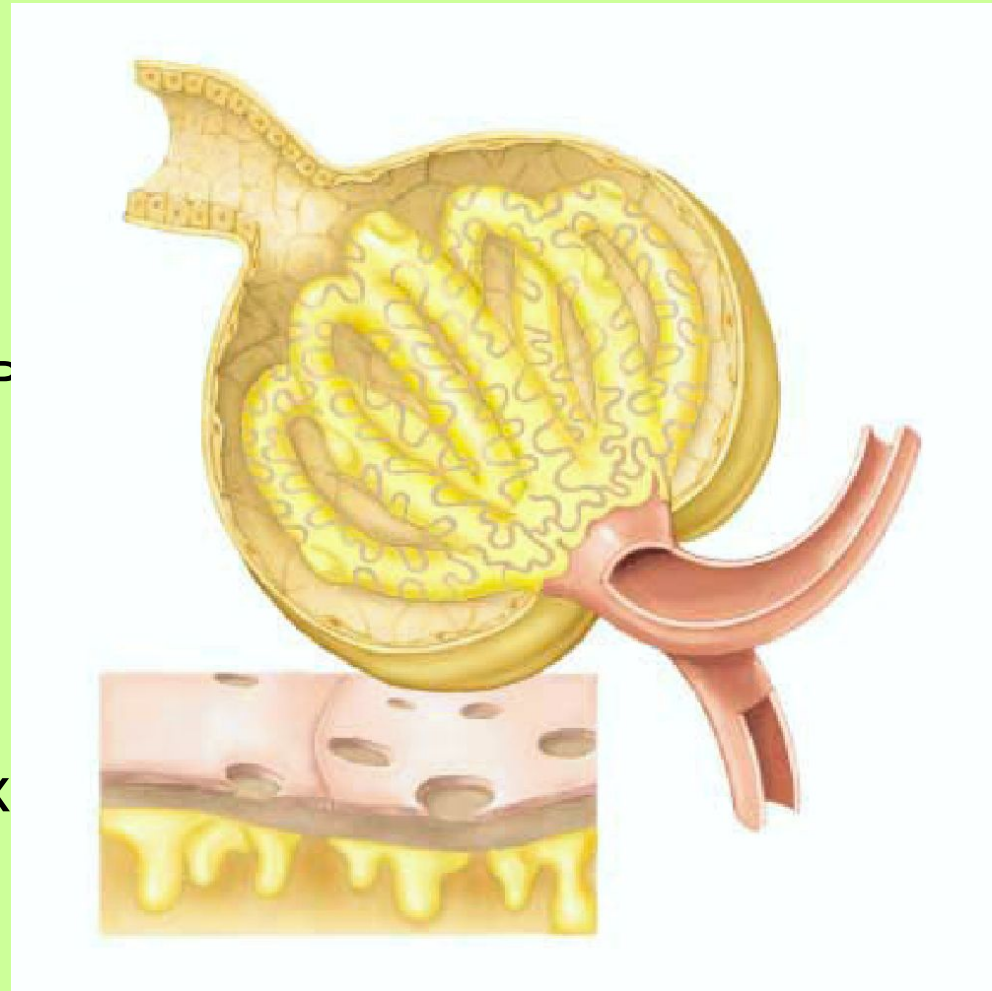
Ниркова мембрана

- Ниркова мембрана відокремлює кров, яка тече по капілярах клубочка, від фільтрату, який міститься в порожнині між двома листками капсули ниркового клубочка.
- Ниркова мембрана складається з 3 шарів: ендотелію, базальної мембрани і епітеліальних клітин – подоцитів.



“Молекулярне сито”

- Сумарне сито мембрани капсули добре проникне для речовин, які мають молекулярну масу менше за 5500.
- Розміри пор визначають склад клубочкового фільтрату. В нормі у фільтраті можна виявити майже всі речовини, які містяться в плазмі крові, за винятком білків великих розмірів.



Клубочкова фільтрація.

КЛУБОЧКОВА ФІЛЬТРАЦІЯ

Кров фільтрується з капілярів під дією тиску до капсули Боумена. Цей клубочковий ультрафільтрат – первинна сеча. Він містить натрій гідрокарбонат, калій, глюкозу, амінокислоти, продукти розпаду, сечовину та сечову кислоту. Клітини крові та білки застрягають в капілярах.

Проксимальний звивистий каналець



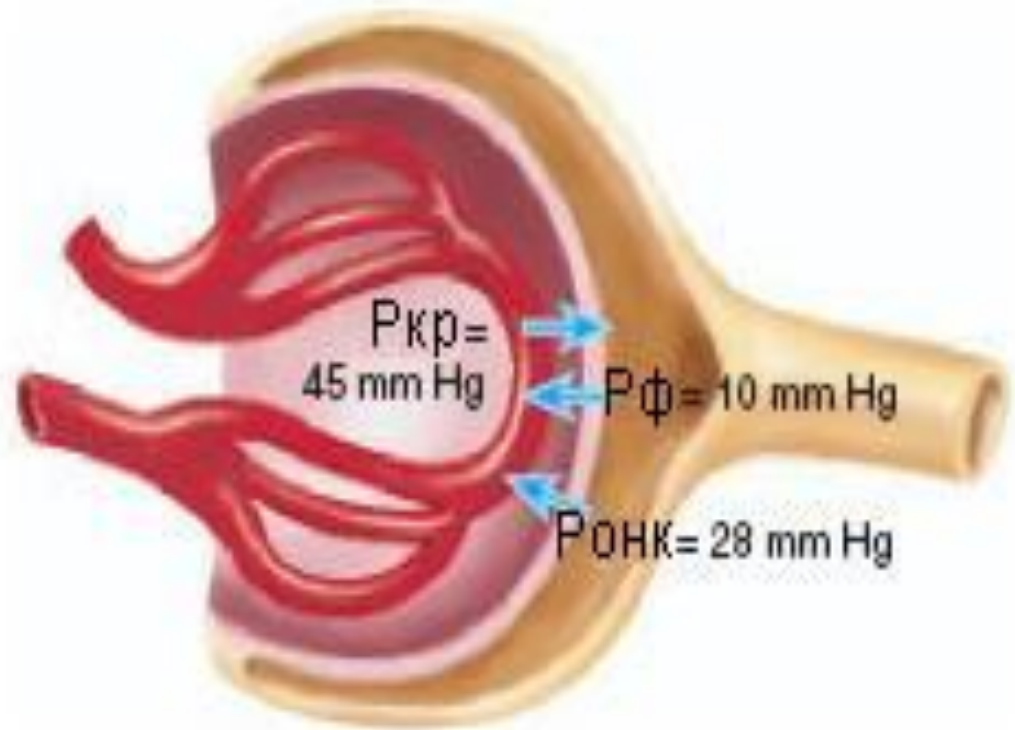
Пододцити

Пододцити – спеціалізовані клітини внутрішньої частини капсули нефрона, які беруть участь у фільтрації крові. Разом з пододцими капілярів та базальною мембраною утворюють фільтраційний бар'єр. Фільтраційні пори знаходяться в місцях розгалужень пододцитів.

Оцінити клубочкову фільтрацію можна за коефіцієнтом очищення (кліренсом). **Кліренс речовини** - це об'єм плазми, який повністю очищається від певної речовини за одиницю часу. Кожна речовина плазми має свою власну величину кліренса.

- Кількість фільтрату, швидкість його утворення залежать від ефективного фільтраційного тиску та коефіцієнту фільтрації. Фільтрація відбувається без витрати енергії. Це пасивний вид транспорту речовини.
- Ефективний фільтраційний тиск (ЕФТ) є сумою сил, які впливають на фільтрацію. Збільшує фільтрацію гідростатичний тиск ($P_{кр}$) крові клубочка, протидіють цьому – онкотичний тиск крові ($P_{ОНК}$) та гідростатичний тиск рідини, яка міститься в проміжку капсули ($P_{ф}$):
- $ЕФТ = P_{кр} - (P_{ОНК} + P_{ф})$

Ефективний фільтраційний ТИСК



Об'єм фільтрату (первинної сечі), що утворюється в нирках за одиницю часу, називається швидкістю клубочкової фільтрації. У чоловіків швидкість клубочкової фільтрації приблизно складає 125 мл/хв, а у жінок - 110 мл/хв з розрахунку на 1,73 м площі поверхні тіла. У фільтрат надходить приблизно 1/5 об'єму плазми, яка проходить через нирки. Внаслідок цього за добу утворюється 150-180 л первинної сечі. Тобто вся плазма крові очищається нирками 50-60 разів на добу. Швидкість клубочкової фільтрації підтримується практично на постійному рівні. Правда вночі, вона суттєво знижується.

Для визначення швидкості клубочкової фільтрації використовують інертні нетоксичні речовини, не зв'язані з білками плазми крові, що вільно проходять через пори мембрани шляхом фільтрації і не підлягають ні реабсорбції, ні секреції. Такими речовинами є інулін, ендogenous креатинін та ін.

Швидкість клубочкової фільтрації вимірюють у мілілітрах за 1 хв на 1,73 м² поверхні тіла і кількісно вона відповідає кліренсу:

$$C_{in} = U_{in} - P_{in} \quad V$$

де C_{in} - кліренс інуліну, або швидкість клубочкової фільтрації; U_{in} - концентрація інуліну в сечі; P_{in} — концентрація інуліну в плазмі крові; V - кількість сечі (мл/хв).

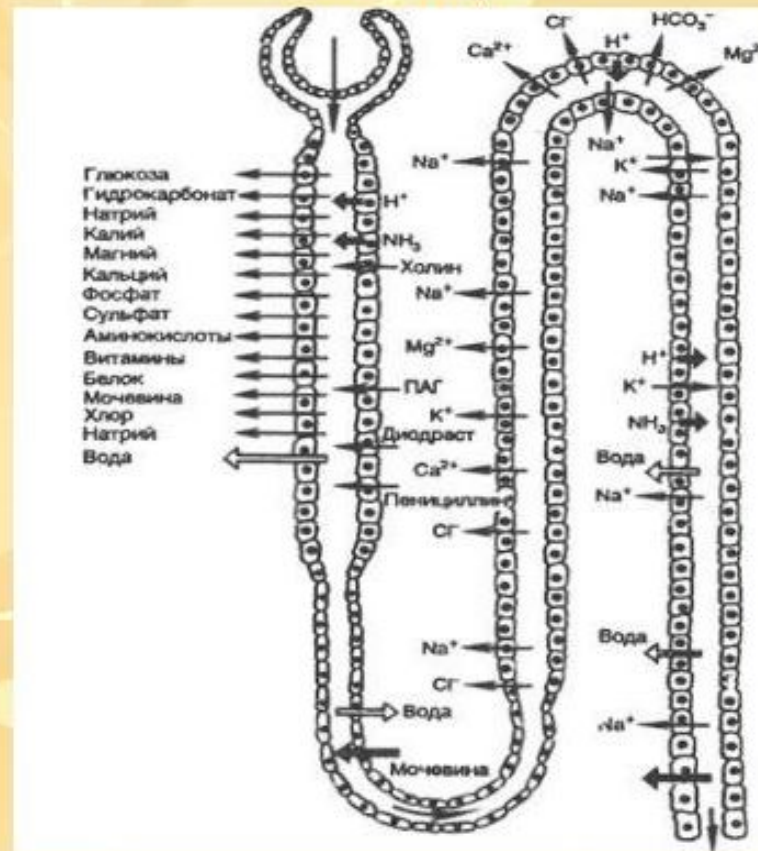
У регуляції швидкості клубочкової фільтрації важливу роль відіграють два внутрішньониркових механізми ауторегуляції: **міогенний механізм та канальцево-клубочковий зворотній зв'язок.**

Міогенний механізм аналогічний для інших ділянок судинного русла кровоносної системи. Суть його зводиться до того, що гладкі м'язи приносних і виносних артеріол скорочуються при підвищенні в них артеріального тиску. Це веде до зменшення клубочкової фільтрації.

Основні гуморальні впливи на процеси сечоутворення

Процеси	Стимулюють	Пригнічують
Клубочкова фільтрація	Простагландини Атріопептид Прогестерон Глюкокортикоїди Окситоцин Глюкагон Т-3 і Т-4 Паратирин Хоріонічний гонадотропін	Вазопресин Ангіотензин II Норадреналін Адреналін Лейкотрієни
Канальцева реабсорбція води	Вазопресин Пролактин Ангіотензин II Інсулін Естрогени Хоріонічний гонадотропін	Простагландини Атріопептид Кініни Паратирин Кальцитріол Т-3 і Т-4 Епіфізарний екстракт

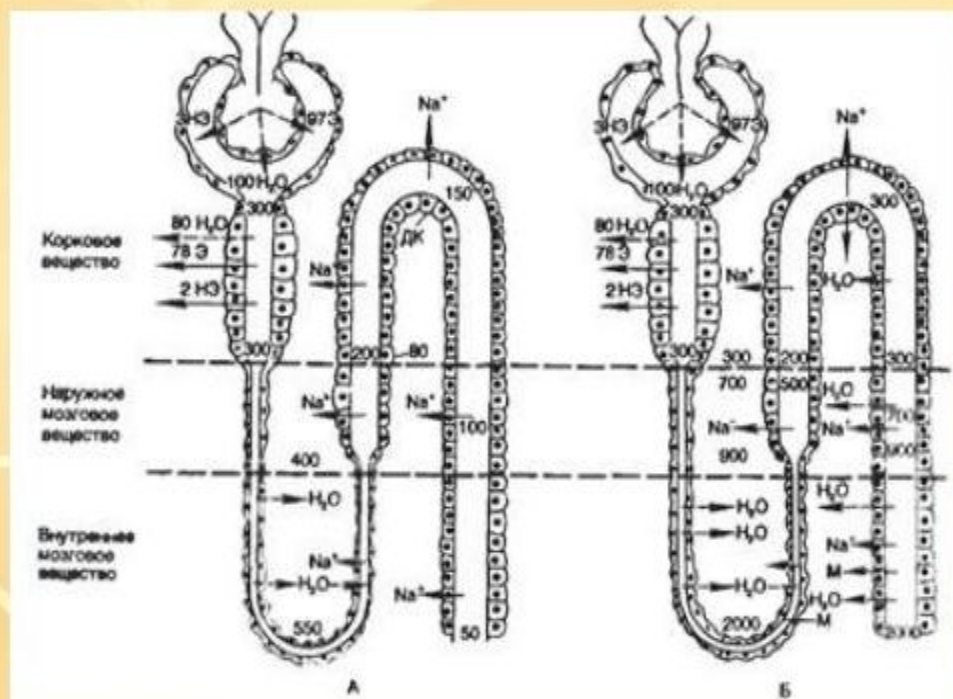
Локалізація реабсорбції і секреції речовин у ниркових каналцях.



- Напрямок стрілок вказує на фільтрацію, реабсорбцію і секрецію речовин.



Робота нирки при осмотичному концентруванні сечі (схема).



Канальцево-клубочковий зворотній зв'язок

Зростання швидкості клубочкової фільтрації, внаслідок підвищення артеріального тиску в нирці, веде до зростання швидкості току рідини через канальці нефрона. Юкстрагломерулярний апарат на це реагує виділенням аденозину, який, на відміну від його вазодилатуючого ефекту, в інших ділянках судинного русла викликає скорочення гладких м'язів аферентних артеріол і як наслідок настає зменшення швидкості клубочкової фільтрації.

Ауторегуляція практично зникає при середньому артеріальному тиску нижче 70 мм рт.ст. і тоді вона не є регулятором швидкості клубочкової фільтрації.

Аферентні і еферентні артеріоли клубочків отримують симпатичну інервацію. Норадреналін, який виділяється в закінченнях цих нервів, діє на альфа-адренергічні рецептори і викликає звуження артеріол із наступним зниженням швидкості клубочкової фільтрації

Симпатичні нерви через бета-адренорецептори стимулюють секрецію реніну юкстрагломерулярним апаратом з наступним зростанням концентрації ангіотензину II. Ангіотензин II, звужуючи приносні і виносні артеріоли, зменшує клубочкову фільтрацію. Крім цього, слід відзначити, що мезангіальні клітини мають ангіотензин II рецептори. Тому ангіотензин II викликає скорочення мезангіоцитів через фосфоліпазний C-інозітол-1,4,5-трифосфатний механізм. Завдяки скороченню мезангіальних клітин зменшується клубочковий кровотік, що сприяє зменшенню клубочкової фільтрації.

- *Підвищена активність ниркових симпатичних нервів та збільшена продукція ангіотензину II сприяють синтезу простагландинів - вазодилататорів аферентних і еферентних артеріол.*
- Розширення артеріол клубочків веде до зростання швидкості клубочкової фільтрації. Подібний ефект, внаслідок вазодилатації обох судин, виникає під впливом ацетилхоліну, дофаміну, оксиду азоту (NO). Зараз встановлено, що NO викликає розслаблення мезангіальних клітин, а відповідно збільшення клубочкового кровотоку і фільтрації.

- Концентрацієзалежні ефекти проявляють циркулюючі в крові *катехоламіни*. Великі їх концентрації обумовлюють звуження приносних артеріол, внаслідок чого зменшується клубочкова фільтрація. Невеликі концентрації катехоламінів викликають звуження виносних судин, що веде до збільшення швидкості клубочкової фільтрації.

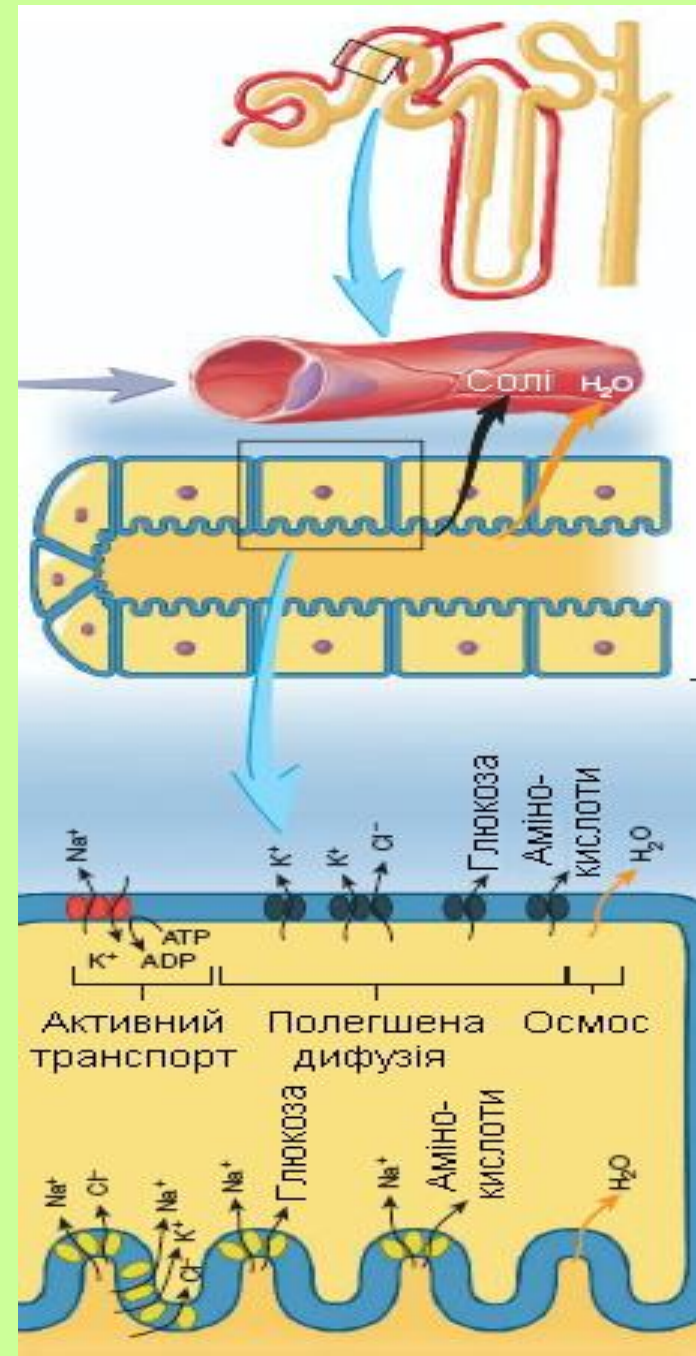
Передсердний натрійдіуретичний пептид обумовлює дилатацію аферентних артеріол, але звуження еферентних артеріол. Це викликає зростання клубочкової фільтрації в нирках. Цьому також сприяє вплив передсердного натрійуретичного пептиду на мезангіальні клітини, їх розслаблення, збільшення клубочкового кровотоку і відповідно клубочкової фільтрації.



- Деякі речовини, проходячи по канальцях та збиральних трубочках, цілком зникають із сечі або їх стає набагато менше. Відбувається процес реабсорбції.
- Інші речовини, яких взагалі не було в первинній сечі, з'являються в кінцевій. Це відбувається в результаті їх секреції.

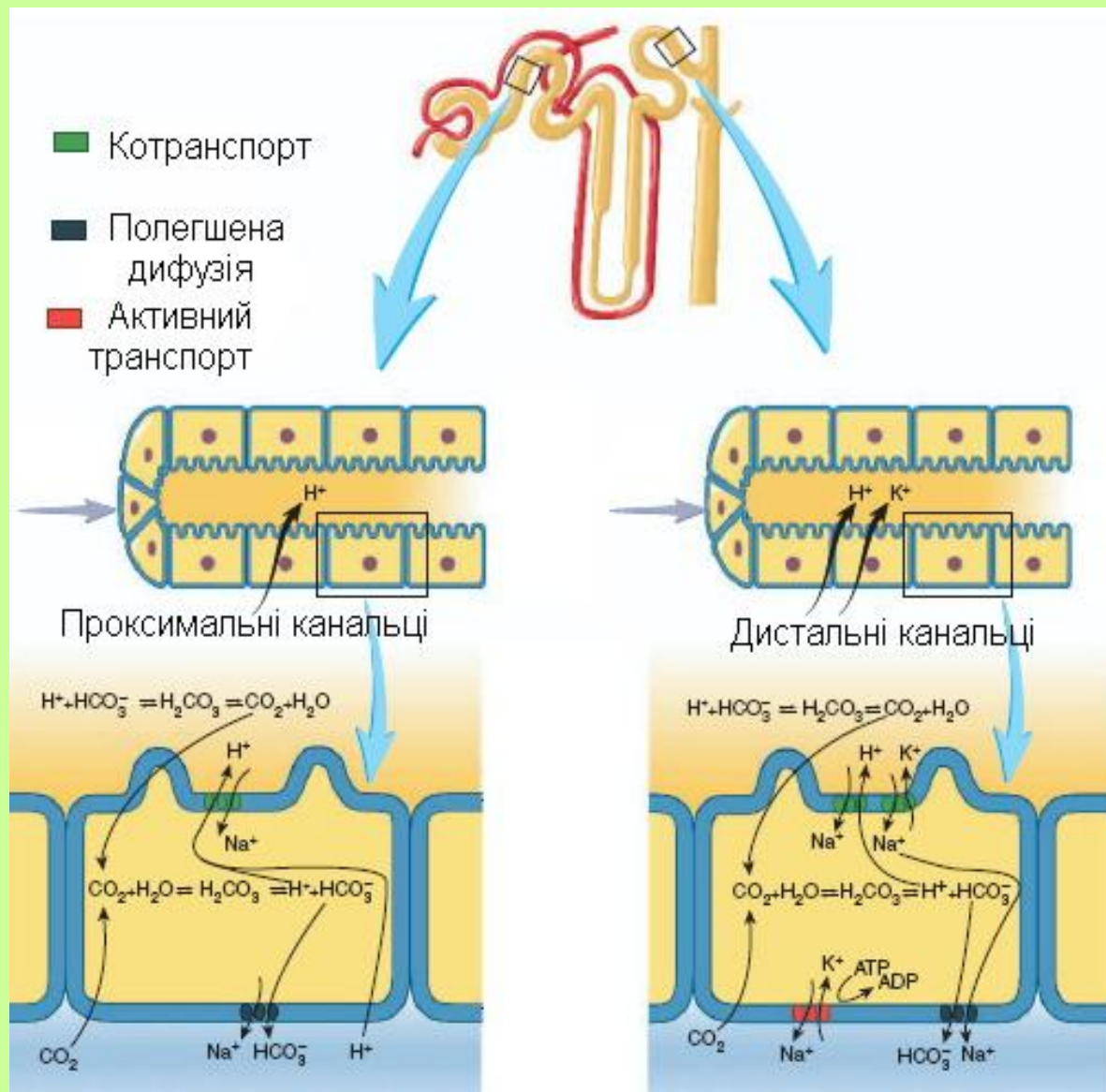
Канальцева реабсорбція

- Процеси реабсорбції можуть бути активними або пасивними. Для здійснення активного процесу потрібно, щоб були специфічні транспортні системи та енергія. Пасивні процеси відбуваються, як правило, без витрати енергії за законами фізики і хімії.
- У проксимальних звивистих канальцях повністю реабсорбуються амінокислоти, глюкоза, вітаміни, мікроелементи. В цьому ж відділі реабсорбується близько 2/3 води та неорганічних солей Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , тобто ті речовини, які потрібні організму для його діяльності. Механізм реабсорбції головним чином прямо чи посередньо пов'язаний з реабсорбцією Na^+ .



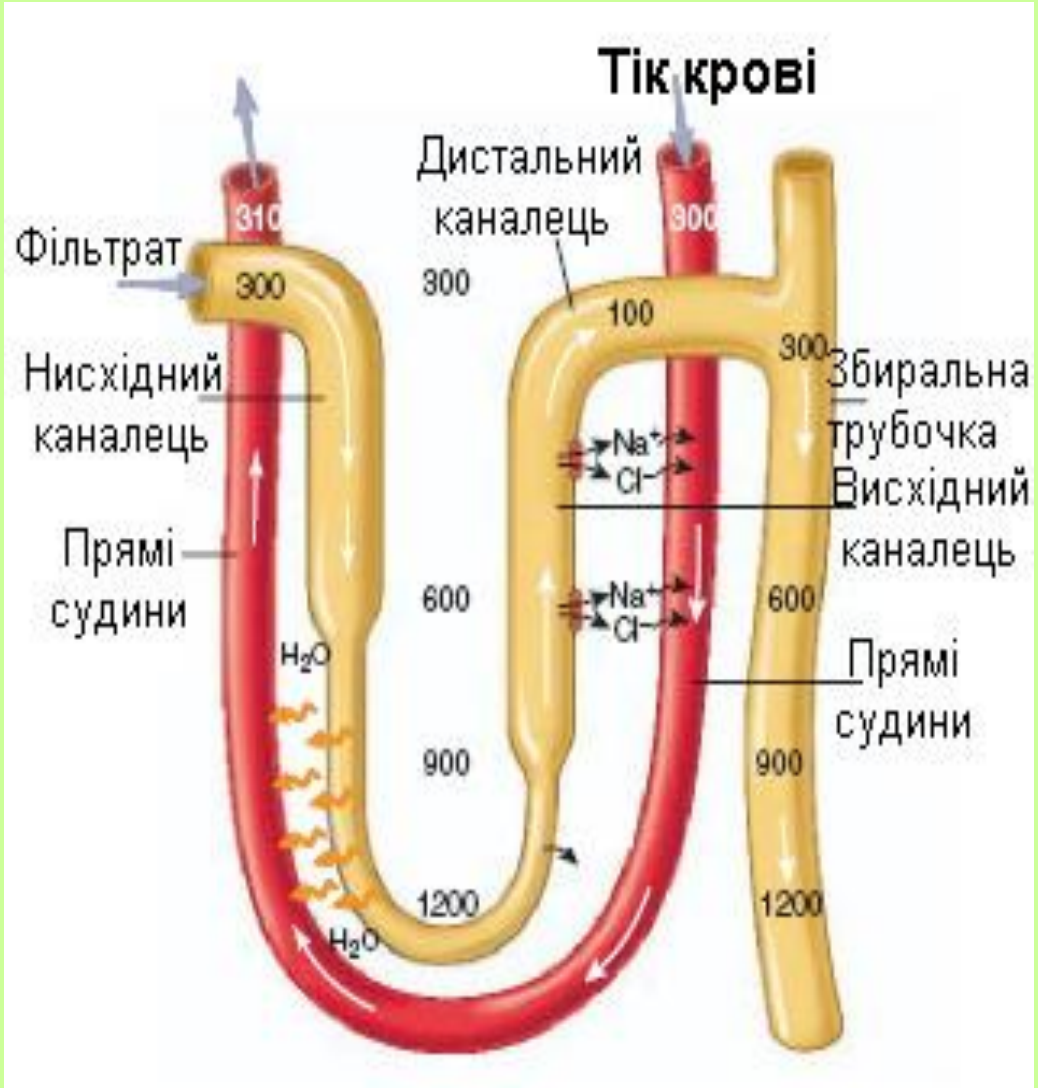
Канальцева секреція

- Секреція – це процес, спрямований на активний перехід речовини з крові через клітини каналців у сечу.
- Вона може бути активною, тобто використовувати транспортні системи та енергію АТФ, і пасивною.



- Основною рушійною силою реабсорбції є перенесення Na^+ за допомогою Na^+/K^+ АТФази через базолатеральну мембрану. Це забезпечує постійне відтікання іонів з клітин.
- Внаслідок цього постійно діючого конвейєра концентрація іонів (в мОсм/кг) в середині клітини і особливо поблизу апікальної мембрани стає значно нижчою, ніж з другого її боку. Це сприяє пасивному надходженню Na^+ в клітину по іонному градієнту.
- Крім того, частина Na^+ реабсорбується пасивно по міжклітинних проміжках разом із водою.

Поворотно-протипоточний механізм концентрування сечі



Утворення сечі

УТВОРЕННЯ СЕЧІ

Вода та інші субстанції реабсорбуються з ультрафільтрату, що проходить вздовж ниркових каналців. Тут відбувається секреція надлишку кислот і калію для підтримання гомеостазу в організмі. Нирки реабсорбують або секретують різну кількість субстанцій, від чого залежатиме склад та кількість сечі.

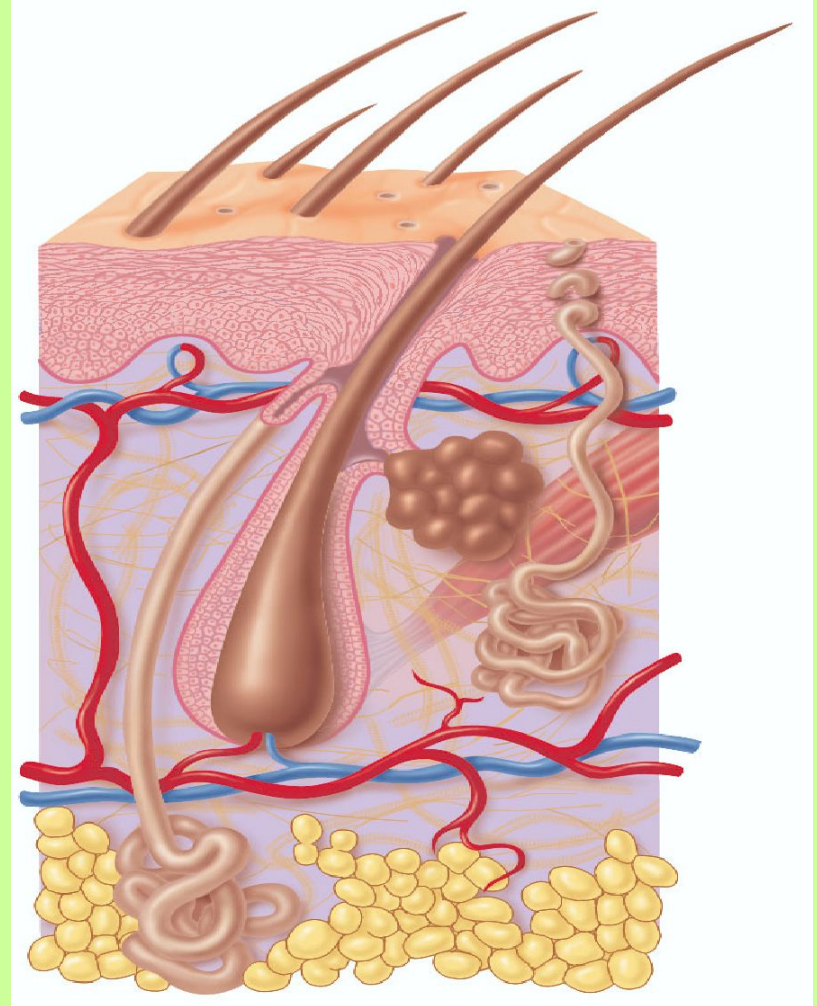
УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

 Глюкоза	 Вода
 Натрій	 Кислота
 Калій	 Клітини крові
 Бікарбонат	 Білки
 Сеча	



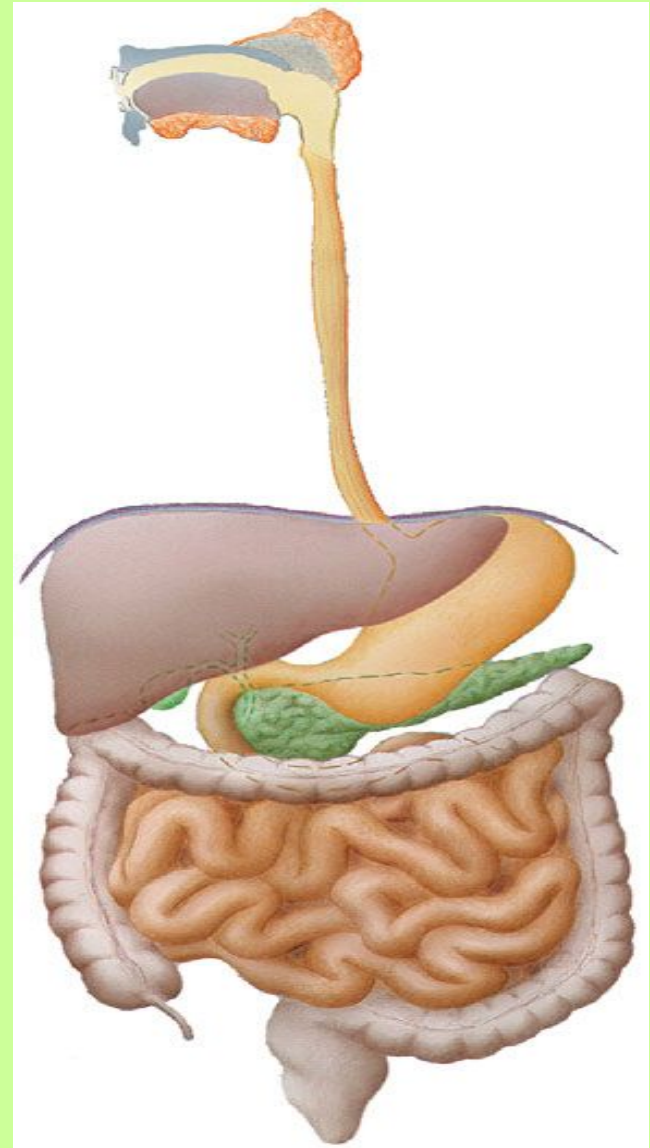
Видільна функція шкіри

- З потом виділяється окрім води і солей також сечовина, залишковий азот та інші речовини, які надходять в організм ззовні або утворюються у ньому.



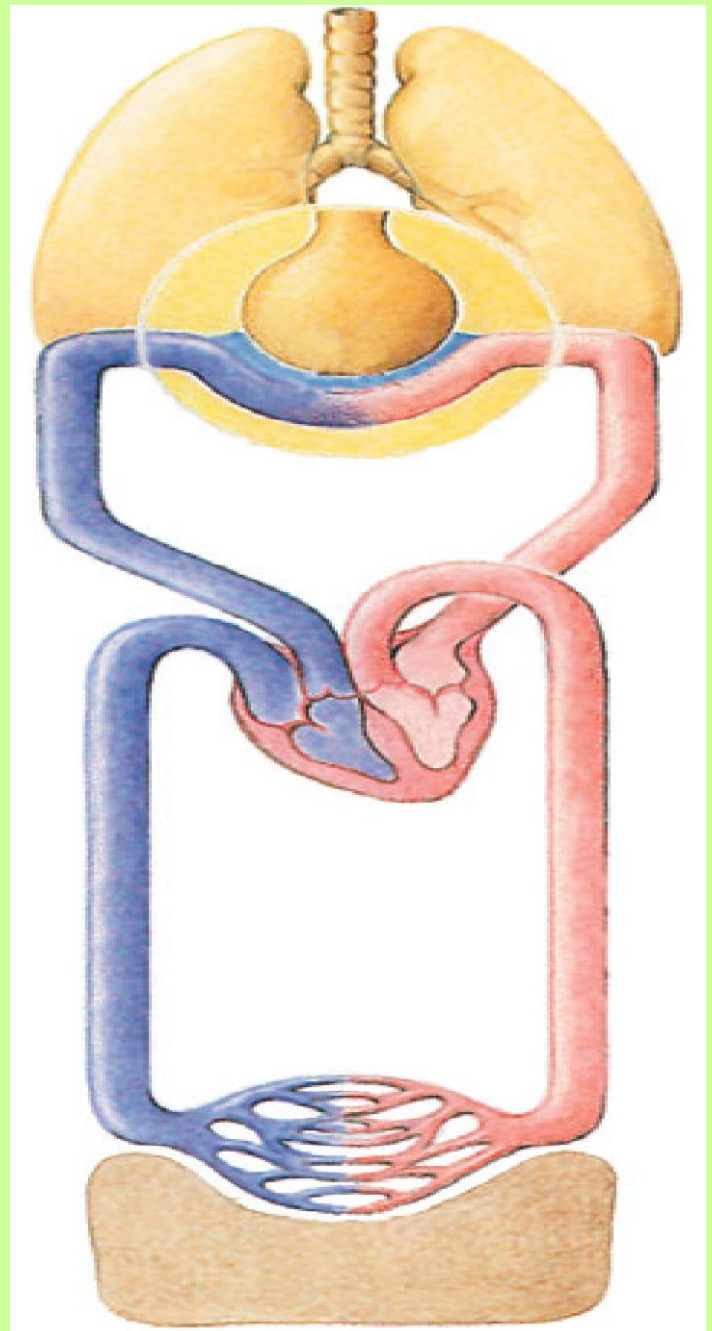
Видільна функція органів травлення

- Органи травлення здатні виводити разом із секретом травних залоз природні метаболіти - сечовину, сечову кислоту, солі кальцію та інше.
- Травні залози можуть виводити токсичні речовини - сполуки ртуті, вісмуту, бромиду, йоду, деякі фармпрепарати.
- Печінка виводить жовчні пігменти, сечовину, глютамін, креатинін, холестерин та інше.



Видільна функція дихальної системи

- Через легені виводяться леткі сполуки - вуглекислий газ який є кінцевим продуктом обміну, вода.
- Можуть виводитись екзогенні речовини - ефір хлороформ, ацетон.



Дякую за увагу !