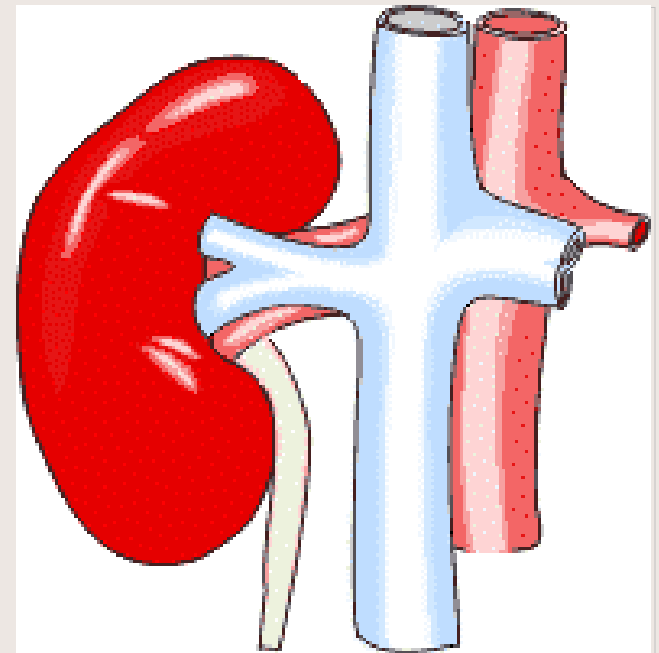


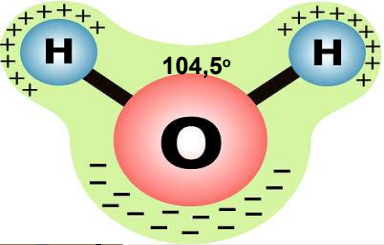
ЛЕКЦІЯ

«ВОДНО-МІНЕРАЛЬНИЙ ОБМІН. БІОХІМІЯ НИРОК ТА СЕЧІ»

План

1. Водно-мінеральний обмін та його регуляція
2. Біохімія нирок. Молекулярні механізми основних функцій нирок
3. Біохімія сечі. Фізико-хімічні властивості та хімічний склад сечі в нормі та при патології

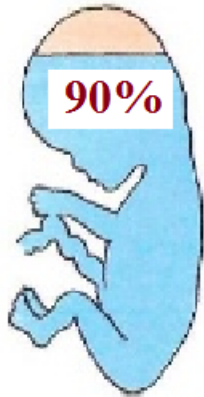




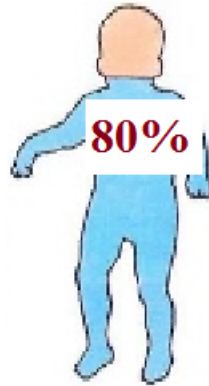
Властивості та біологічна роль води

Властивості води	Біологічна роль води
Низька здатність до стиснення	Підтримання форми клітини
Високий поверхневий натяг	Транспорт речовин та екскреція з організму кінцевих метаболітів
Висока теплоємність	Регуляція температури тіла
Здатність утворювати водневі зв'язки	Формування просторових структур біополімерів
Висока полярність	Середовище для біохімічних реакцій, підтримання ізоіонії та осмотичного тиску
Компонент реакцій гідролізу, гідратації, ОВР	

Вміст води в організмі людей



Плід



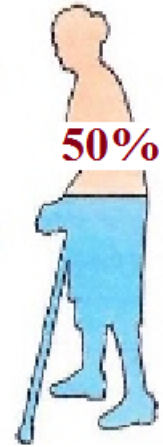
Новонароджений



Дитина



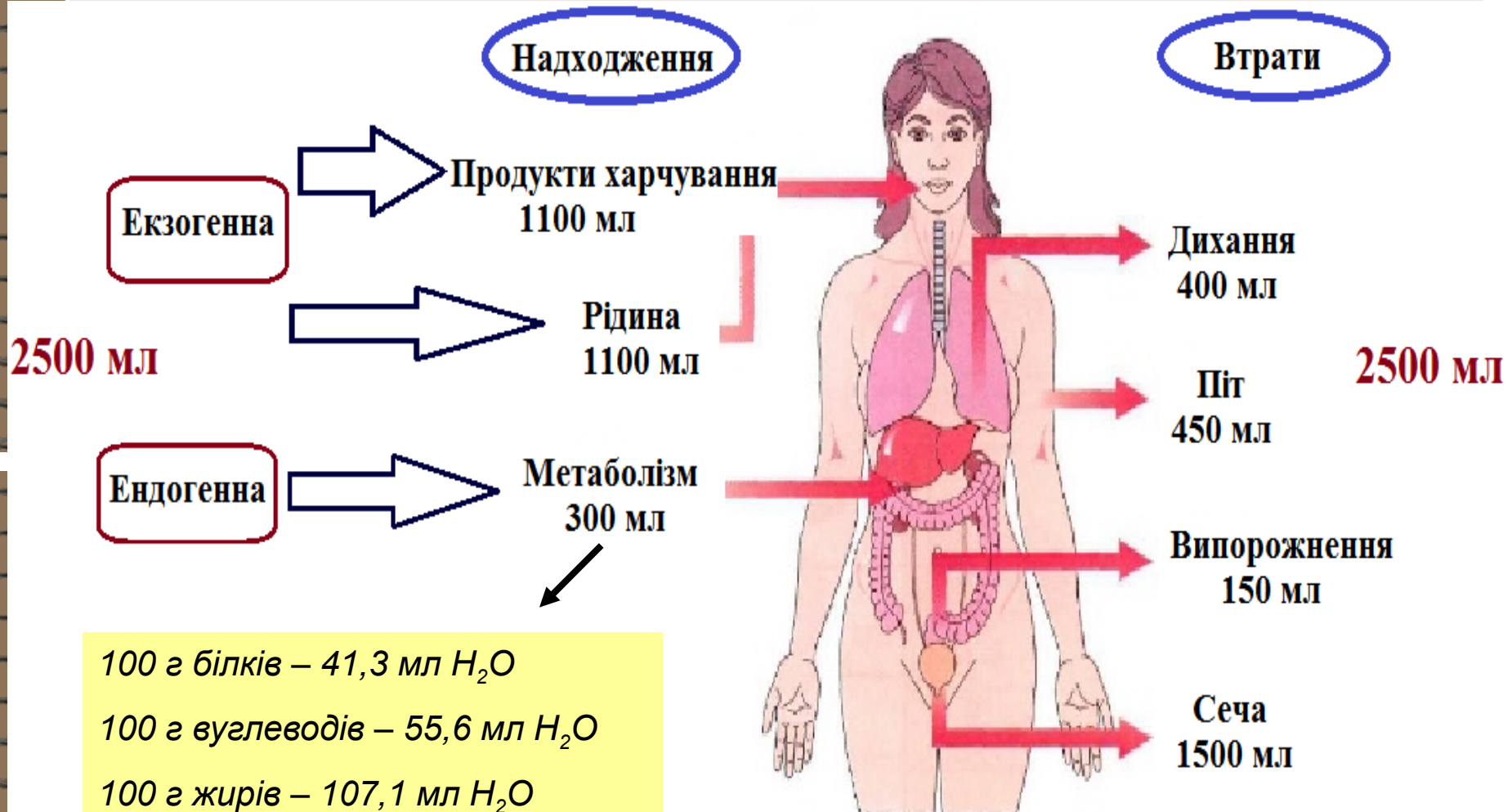
Дорослий



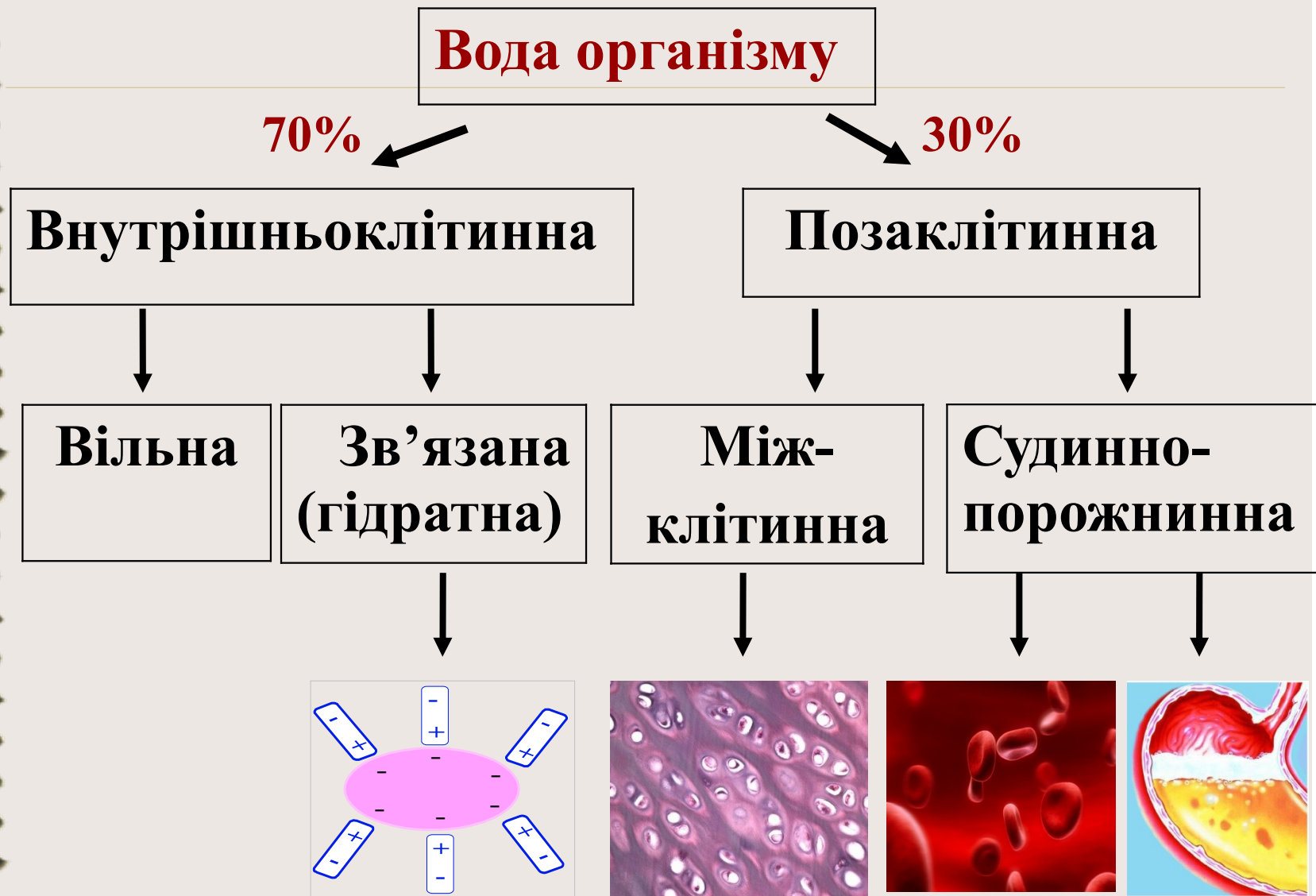
Похила людина

Тканини та органи	% від маси органа
Кров	85-90
М'язи	75-80
Мозок	75-85
Печінка	70-75
Кістки	10-20
Жирова тканина	6-10

Водний баланс організму



Розподіл води в організмі



Фактори розподілу води в організмі

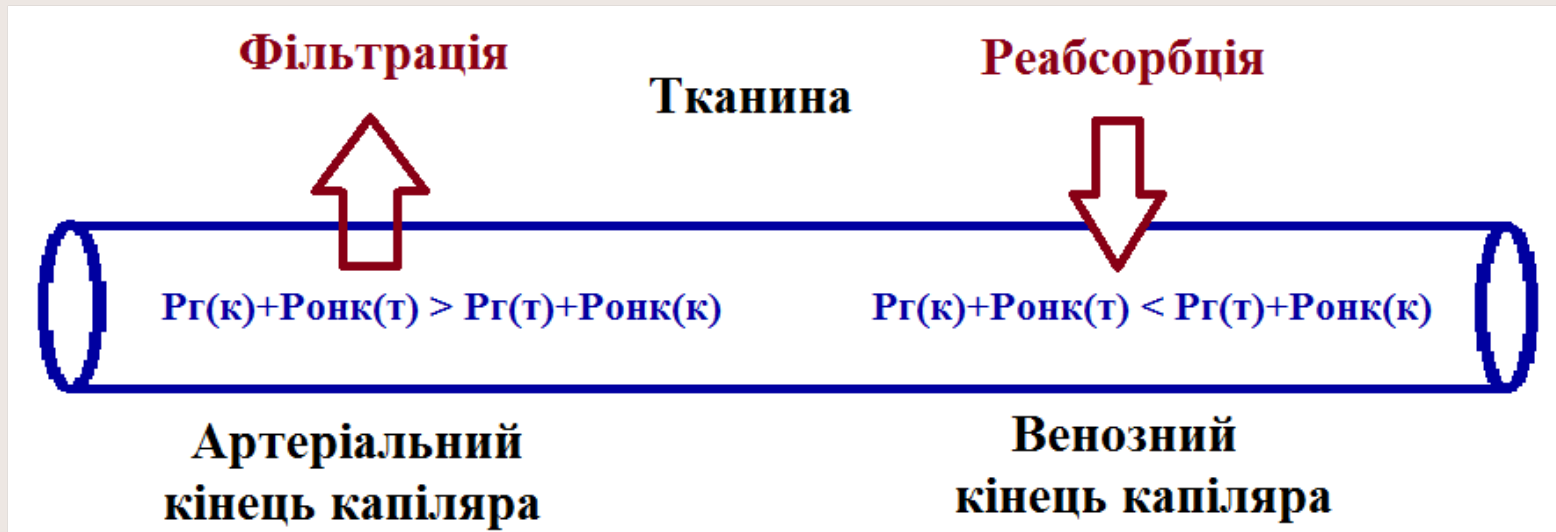
I. Розподіл води між клітиною та середовищем


$R_{осм} \text{ клітини} > R_{осм} \text{ середовища} \rightarrow$ дифузія води в клітину тургор клітини

II. Розподіл води між кров'ю та тканинами

$R_{г(крові)} + R_{онк(тканин)} \rightarrow$ фільтрація в тканини

$R_{г(тканин)} + R_{онк(крові)} \rightarrow$ реабсорбція в кров





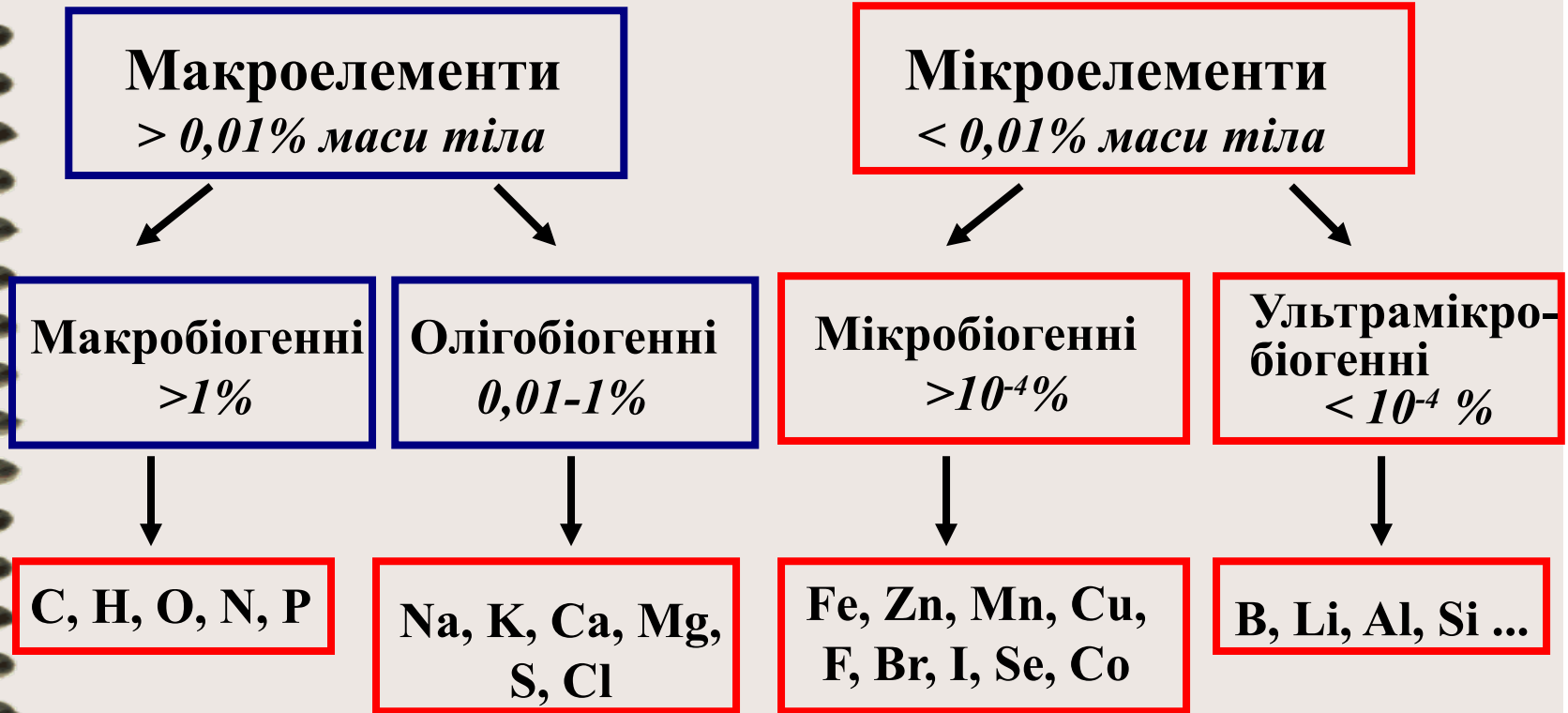
Порушення обміну води

Дегідратація ↓ H ₂ O в організмі	Гіпергідратація ↑ H ₂ O в організмі
Види порушень	
Ізоосмолярна (<i>Росм позаклітинної рідини не змінюється</i>)	
↓ води = ↓ електролітів (гостра крововтрата, поліурія) Прояви - внутрішньоклітинна дегідратація (спрага, сухість шкіри та слизових, діурезу)	↑ води = ↑ електролітів (введення надлишку ізотонічних розчинів) Прояви - позаклітинна гіпергідратація (набряки)



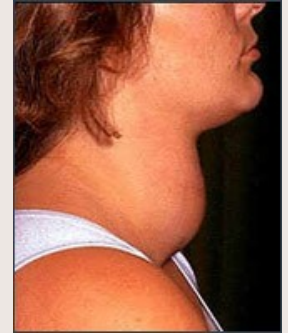
Дегідратація	Гіпергідратація
<p align="center">Гіпоосмолярна (↓ <i>Росм позаклітинної рідини</i>)</p>	
<p>води < електролітів ↓ (діарея, блювання, посилене потовиділення) Прояви – позаклітинна дегідратація (АТ, головний біль) ↓</p>	<p>води > електролітів ↑ (ниркова недостатність, анурія, гіпотонічні розчини) Прояви – внутрішньоклітинна гіпергідратація (набряк мозку, судоми)</p>
<p align="center">Гіперосмолярна (↑ <i>Росм позаклітинної рідини</i>)</p>	
<p>води > електролітів ↑ ↓ (порушення вживання води, нецукровий діабет) Прояви – внутрішньоклітинна дегідратація</p>	<p>води < електролітів ↑ (серцева недостатність, гіпертонічні розчини) Прояви - позаклітинна гіпергідратація</p>

Хімічні елементи живих організмів

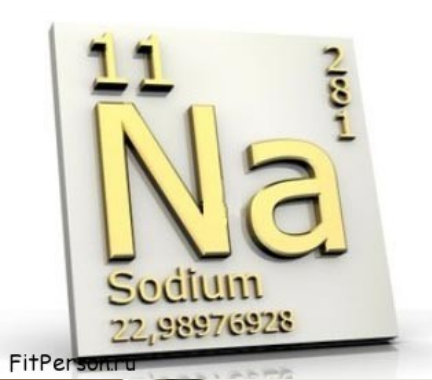


Біогеохімічні провінції – географічні території з особливим якісним та кількісним складом певних хімічних елементів

- Західна Україна - **дефіцит йоду** - ендемічний зоб
- Південно-східна Україна - надлишок фтору – **флюороз**



- *Китай - дефіцит селену - патологія серця - міокардіодистрофія*
- *Австрія - дефіцит кобальта - анемія*
- *Австралія - надлишок мангану - хвороба по типу Паркінсона*



Натрій



Основний позаклітинний катіон

Вміст в сироватці крові **135-155 ммоль/л**

Біологічне значення

1. Регулює обмін води та процеси травлення
2. Підтримання Осм, рН крові
3. Виникнення потенціалу спокою та дії
4. Проведення нервового імпульсу

Патологія обміну натрію

1. Гіпонатріємія - $\downarrow\text{Na}^+$ в сироватці крові

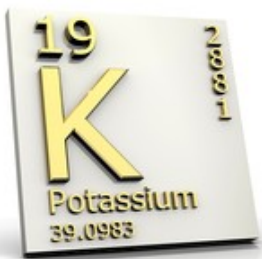
Причини: безсольова дієта, анорексія, гіпофункція кори наднирників, ниркова недостатність, гіпергідратація

Прояви: внутрішньоклітинна гіпергідратація

2. Гіпернатріємія - $\uparrow\text{Na}^+$ в сироватці крові

Причини: вживанні великої кількості солі, гіпертонічні розчини, гіперальдостеронізм, ниркова недостатність, дегідратація

Прояви: внутрішньоклітинна дегідратація



Калій



Основний внутрішньоклітинний катіон
Вміст в сироватці крові **3,5-5,5 ммоль/л**

Біологічне значення

1. Підтримання Осм, рН крові
2. Виникнення потенціалу спокою та дії
3. Проведення нервового імпульсу
4. Регуляція скорочення міокарду
5. Біосинтез глікогену та білка

Патологія обміну калію

1. Гіпокаліємія - ↓K⁺ в сироватці крові

Причини: дієта, алкалоз, ↑ анаболічних процесів, поліурія, гіперальдостеронізм, сечогінні

Прояви: алкалоз, ↑ поріг збудливості (гіпотонія м'язів, зменшення моторики кишківника, тахікардія, зупинка серця в систолі - 1 мМ)

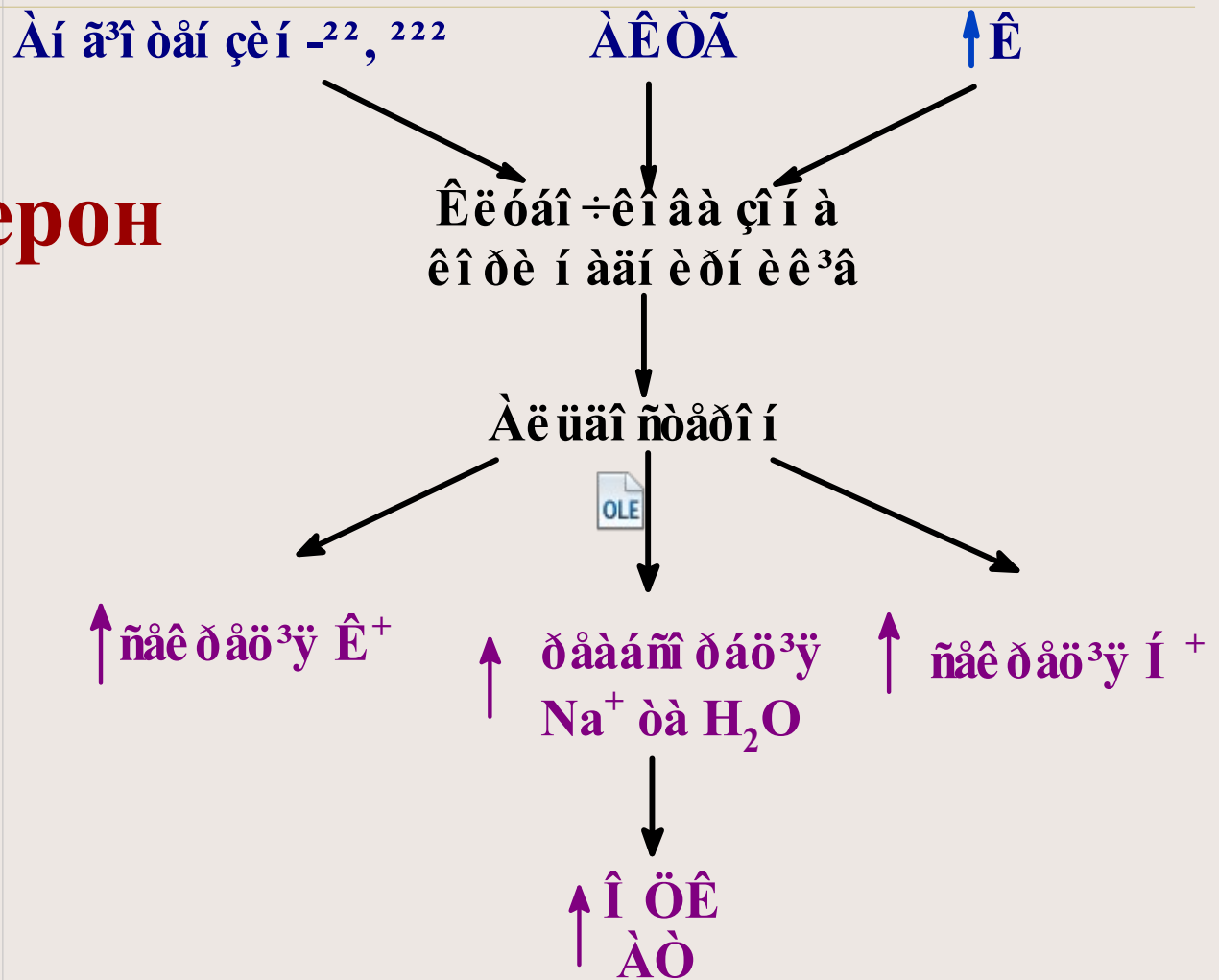
2. Гіперкаліємія - ↑K⁺ в сироватці крові

Причини: вживання продуктів багатих K⁺, ацидоз, ↑ катаболічних процесів, рабдоміоліз, олігурія та гіпофункція кори наднирників

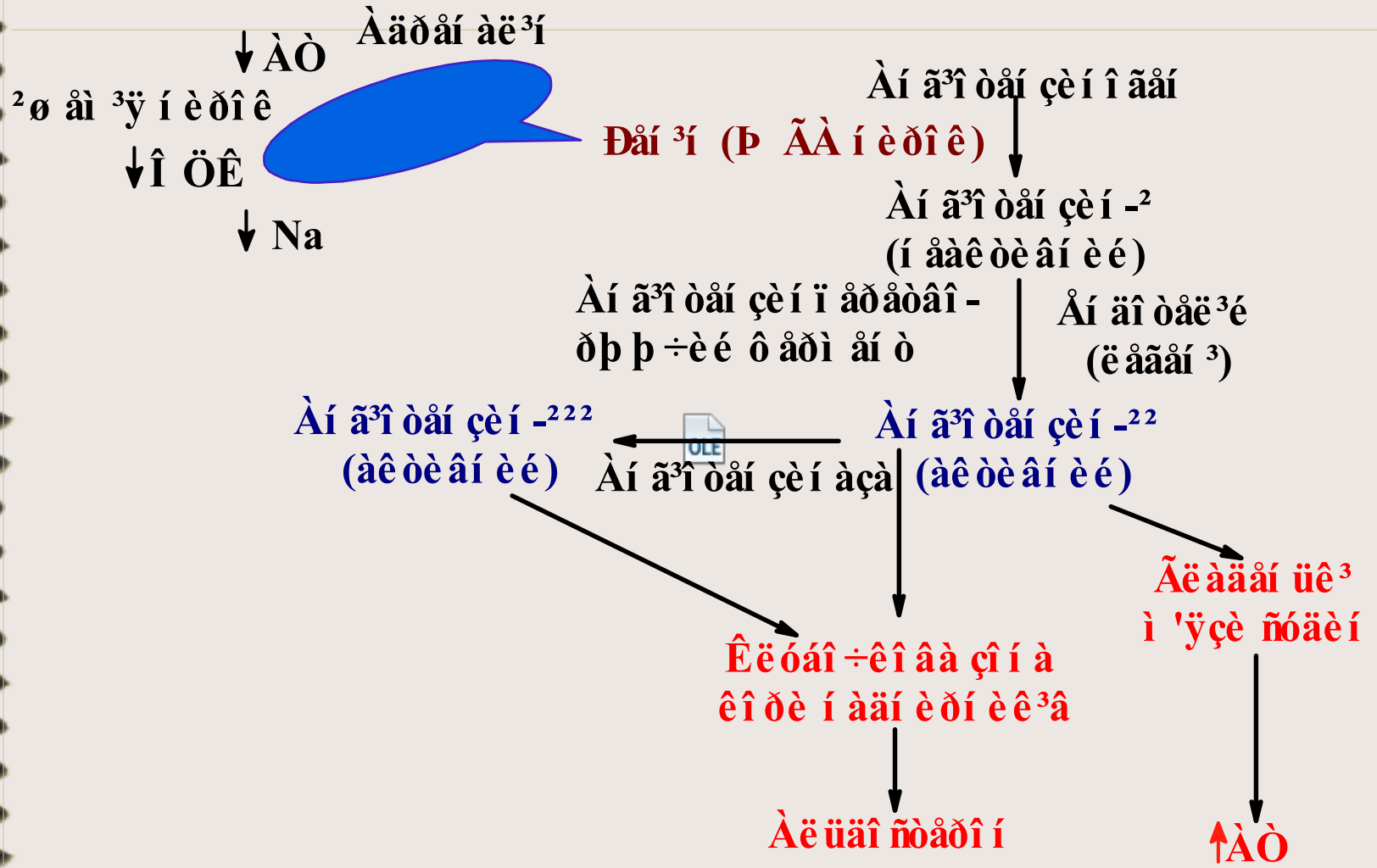
Прояви: ацидоз, парестезії, посилення моторики кишківника, брадікардія, зупинка серця в діастолі - 13 мМ.

Гормональна регуляція водно-мінерального обміну

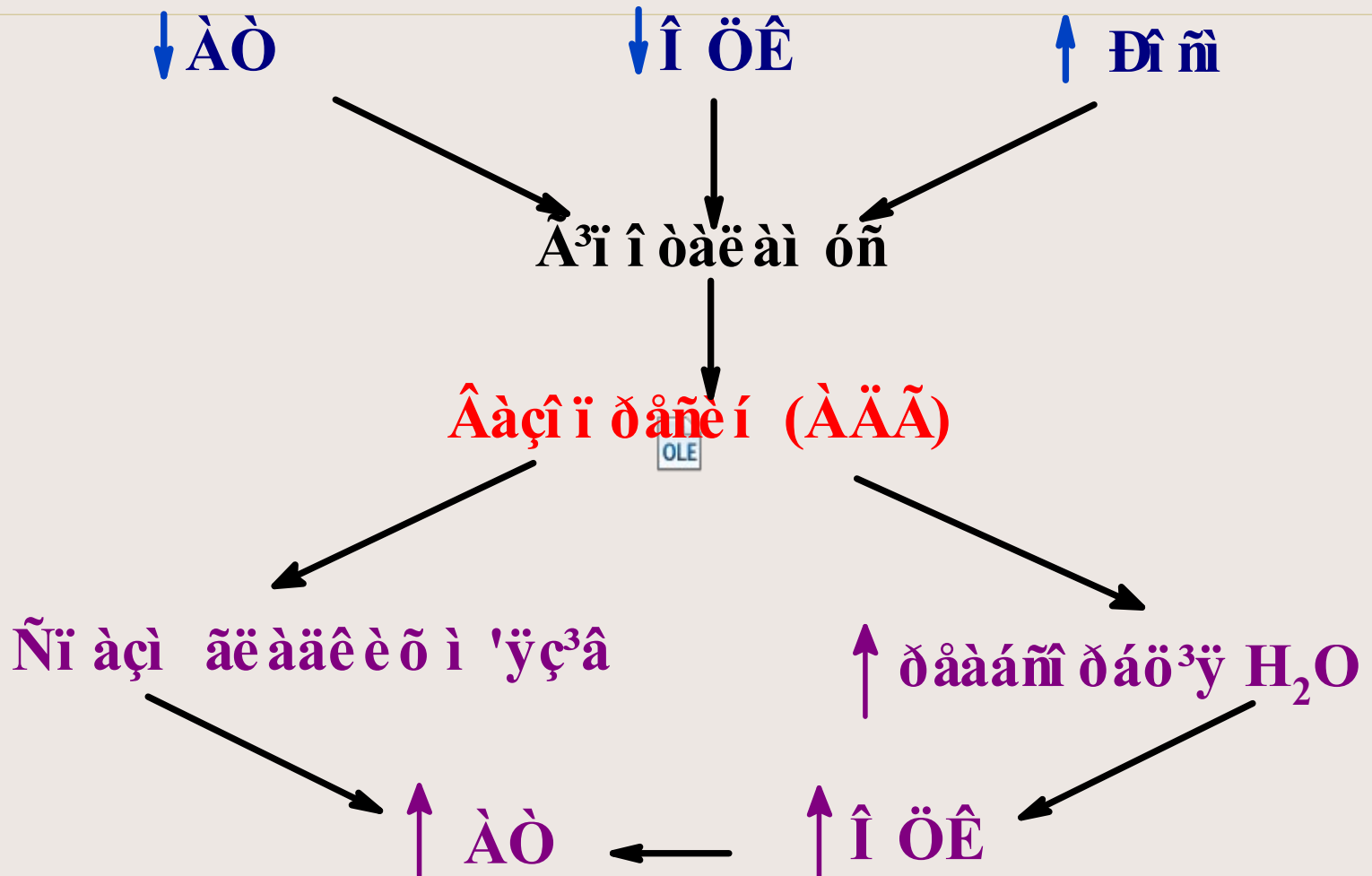
1. Альдостерон



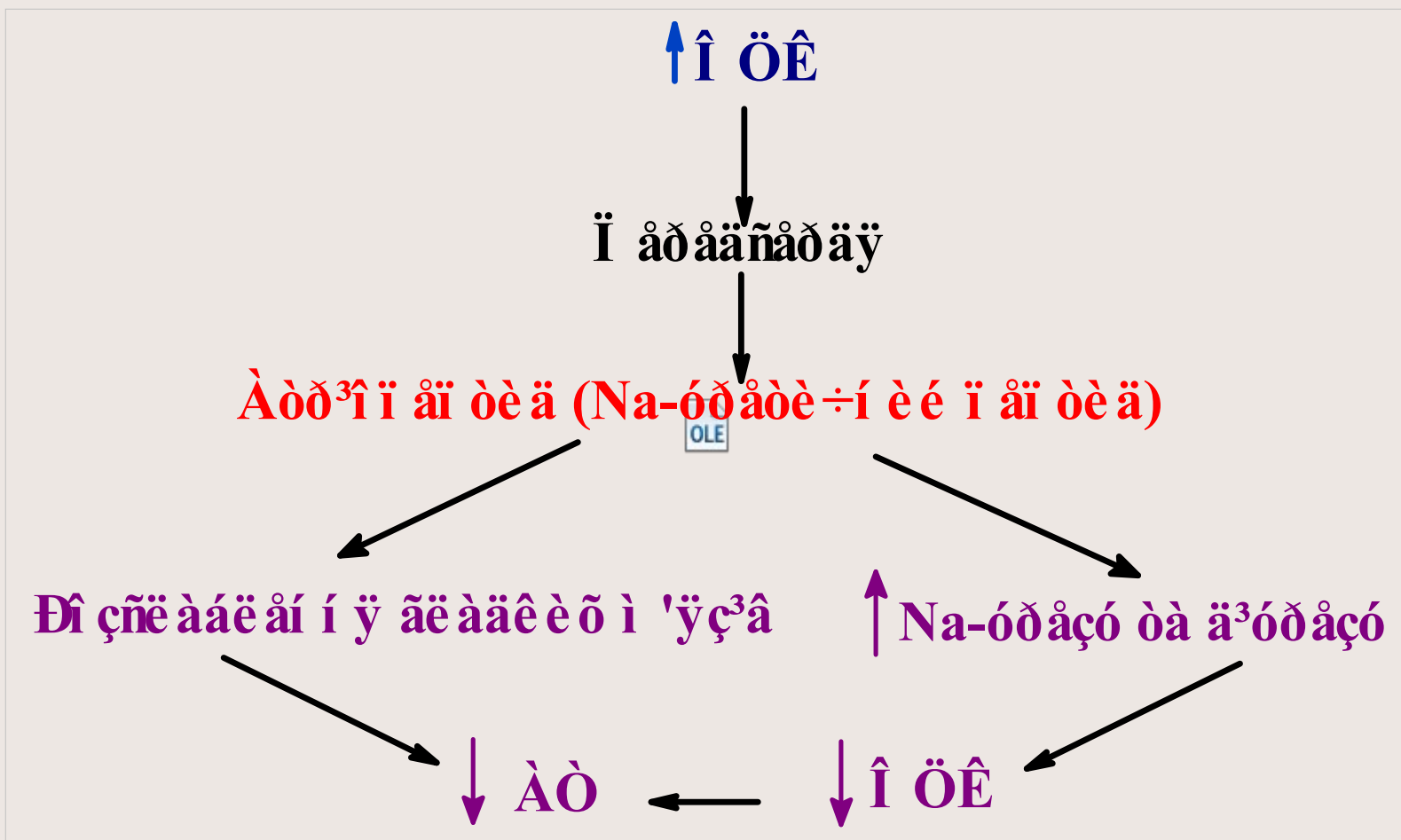
2. Ренін-ангіотензин-альдостеронова система



3. Антидіуретичний гормон



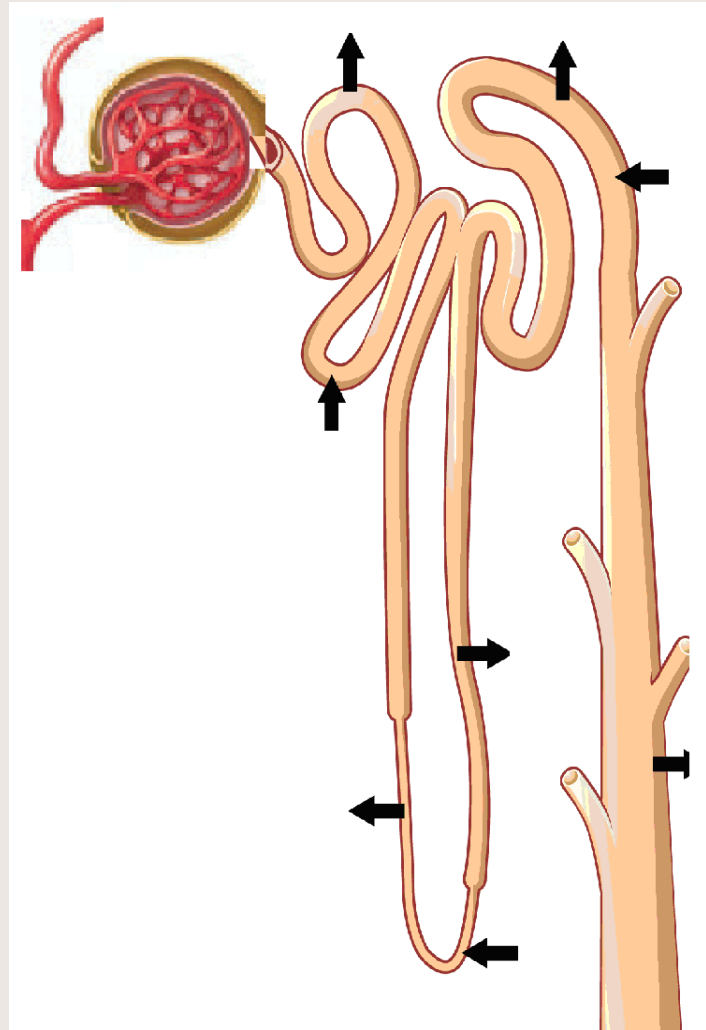
4. Натрій-уретичний гормон



НЕФРОН – структурно-функціональна одиниця нирки *(85% - кіркові, 15% - юкстамедулярні)*

Структура нефрона

- ✓ Клубочок (мальпігієве тільце у капсулі Боумена)
- ✓ Проксимальний звивистий каналець
- ✓ Петля Генле (нисхідне та висхідне коліна)
- ✓ Дистальний звивистий каналець
- ✓ Збиральні трубочки



Функції нирок

Екскреторна — виділення з води, кінцевих продуктів метаболізму, ксенобіотиків (нікотин, ліки та ін.)

Гомеостатична - підтримка сталості

- Р осм, об'єму рідин та їх йонного складу
- кислотно-основної рівноваги
- артеріального тиску

Ендокринна (інкреторна):

- ренін (\uparrow АТ) і PGE_2 (\downarrow АТ)
- еритропоетин (\uparrow еритропоез)
- урокіназа (\uparrow фібриноліз)
- кальцитріол (\uparrow Ca і P в крові)
- кініни

Обмін речовин у нирках

Кровообіг - **700-900 л/добу**

Поглинання кисню - **10 %**

Вміст води - **80 %**

Джерело енергії - **глюкоза**

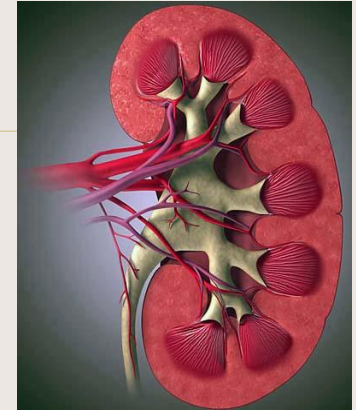
- *мозковий шар* - **анаеробний гліколіз**

- *кірковий шар* - **аеробне окиснення**

Активні метаболічні процеси:

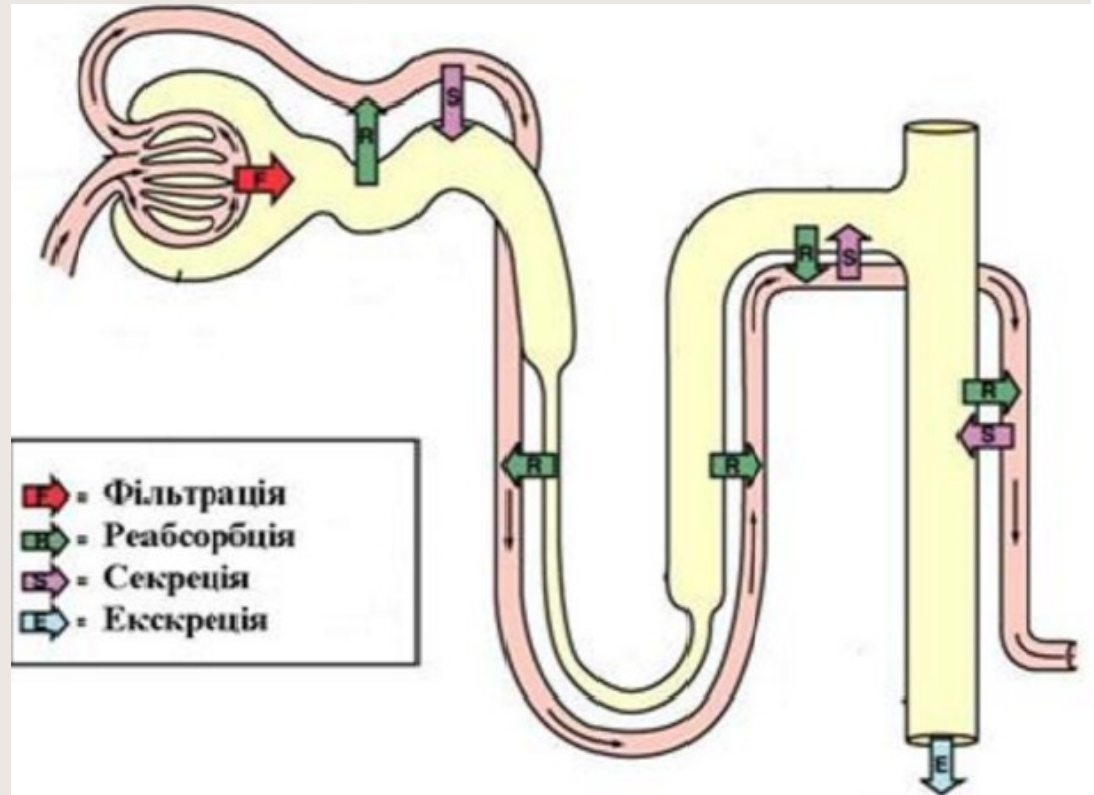
✓ **Глюконеогенез**

✓ **Обмін амінокислот** (трансамінування і дезамінування, утворення солей амонію, синтез гуанідинацетату)



Механізми сечоутворення

- Фільтрація
- Реабсорбція
- Секреція
- Екскреція

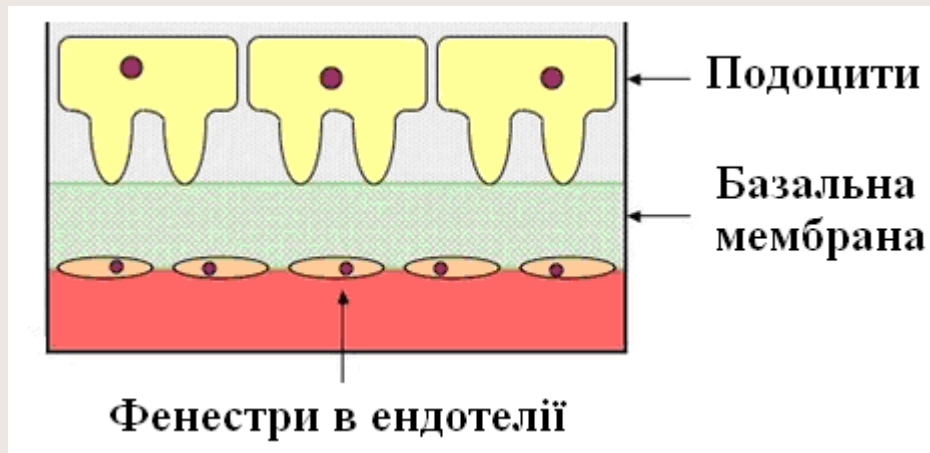


I. Фільтрація - пасивний процес утворення первинної сечі (≈ 180 л/добу) в клубочках нефрона

Фільтрації не підлягають форменні елементи та білки з $M_r > 6$ кДа

Фактори фільтрації

1. Фільтраційне сито: подоцити, базальна мембрана та фенестри в ендотелії

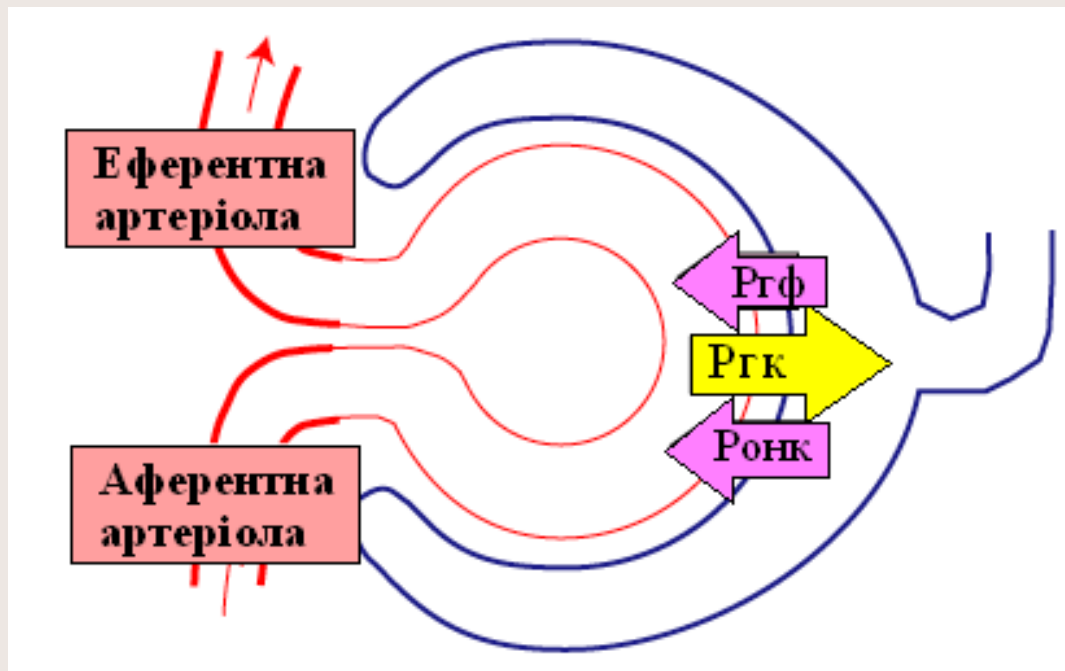


2. Фізичні чинники:

- Гідростатичний тиск крові в клубочках ($P_{гк}$)
- Онкотичний тиск білків плазми крові ($P_{онк}$)
- Гідростатичний тиск фільтрату в капсулі ($P_{гф}$)

Ефективний фільтраційний тиск

$$EFT = P_{гк} - (P_{онк} + P_{гф}) = 70 - (30 + 20) = 20 \text{ мм.рт.ст.}$$



Кліренс – кількість мл плазми крові, яка при проходженні через нирки очищається від певної речовини за 1 хв

$$\tilde{N} = \frac{\hat{E}\tilde{n}}{\hat{E}\ddot{e}} \cdot V$$

C – кліренс (мл/хв); **V** – об'єм сечі
Кс та **Кпл** - концентрація речовини в сечі та плазмі

!!! В клініці визначають швидкість клубочкової фільтрації (ШКФ) за кліренсом речовин, які лише фільтруються (креатиніну, манітолу, інуліну).

Кліренс креатиніну = ШКФ

Чоловіки \approx 125 мл/хв

Жінки \approx 110 мл/хв

(на 1,73 м² поверхні тіла)

II. Реабсорбція - транспорт речовин з первинної сечі каналців у кров

- ✓ Пасивний транспорт (H_2O , Cl^- , сечовина)
- ✓ Первинно-активний транспорт (Na^+)
- ✓ Вторинно-активний (глюкоза, амінокислоти)
- **Інтенсивно реабсорбуються:** глюкоза (100%), амінокислоти (93%), вода (98%), NaCl (70%), Mg^{2+} , Ca^{2+} та інші електроліти
- **Мало реабсорбуються** - сечовина та сечова кислота
- **Не реабсорбуються** - креатинін, манітол, інулін

Локалізація реабсорбції речовин

В проксимальному каналці - електроліти, вода, метаболіти

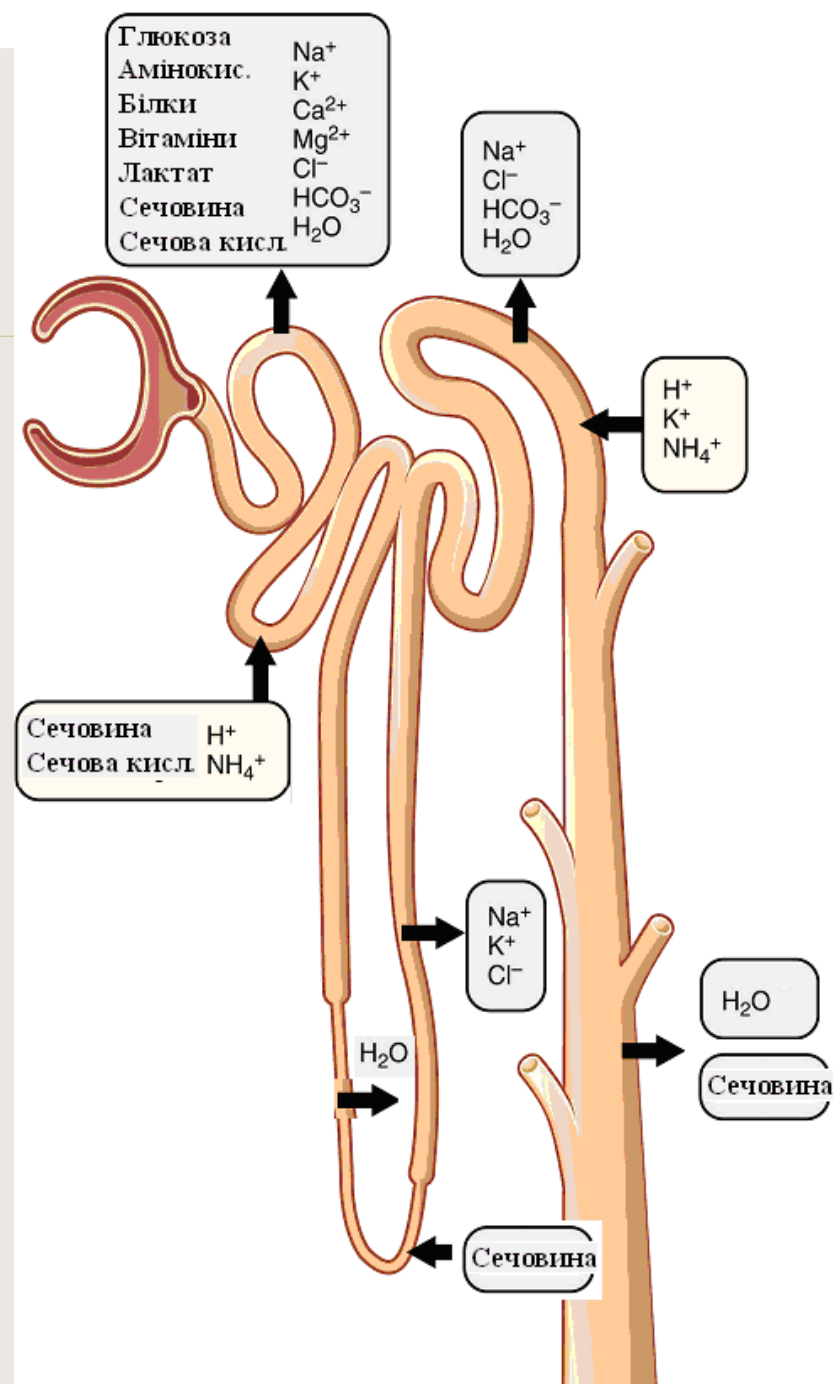
В нисхідному коліні - вода
(сеча концентрується)

У висхідному коліні - електроліти

(сеча розводиться)

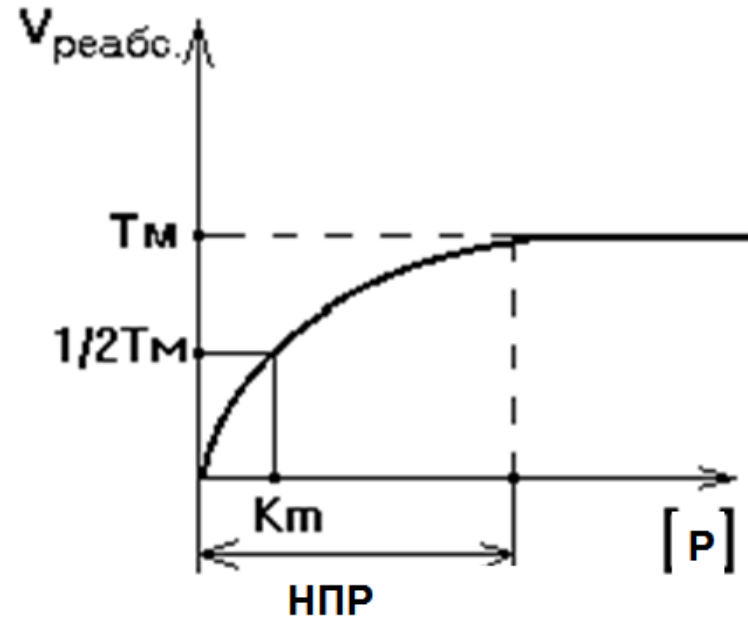
У дистальному каналці - електроліти та вода

У збірних трубках - вода та сечовина



Нирковий поріг реабсорбції

- Це найменша концентрація реабсорбованої з первинної сечі речовини, за якої досягається **транспортний максимум** реабсорбції
- **Транспортний максимум** – це швидкість транспорту певної речовини білком-переносником в умовах його насичення цією речовиною.
(характеризує стан ниркових каналців)



Нирковий поріг для глюкози – 9-10 ммоль/л

Епітелій ниркових каналців реабсорбує

за добу

✓ 179 л води

✓ 1 кг NaCl

✓ 340 г NaHCO₃

✓ 170 г глюкози

✓ 100 г вільних амінокислот



III. Секреція - транспорт речовин з крові в просвіт каналця

Активний транспорт - сечова кислота, H^+ , K^+

Пасивний - сечовина, NH_3

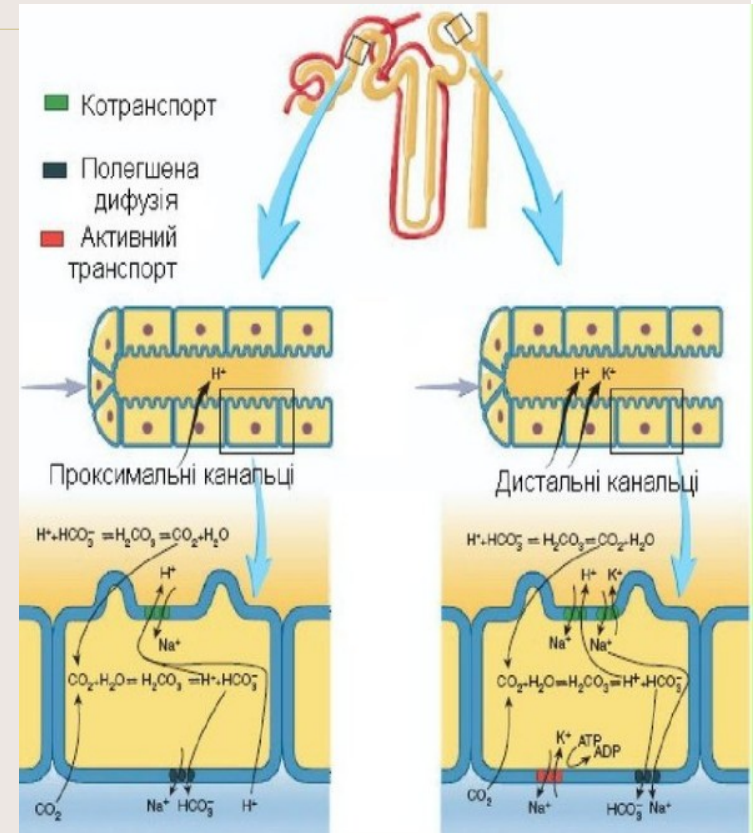
Локалізація секреції

H^+ та NH_3 - в проксимальному та дистальному каналцях

K^+ - в дистальному каналці

Сечова кислота - в проксимальному каналці

Сечовина - петля Генле та проксимальний каналець



Вторинна сеча - продукт фільтрації, реабсорбції та секреції $\approx 1,5-2$ л

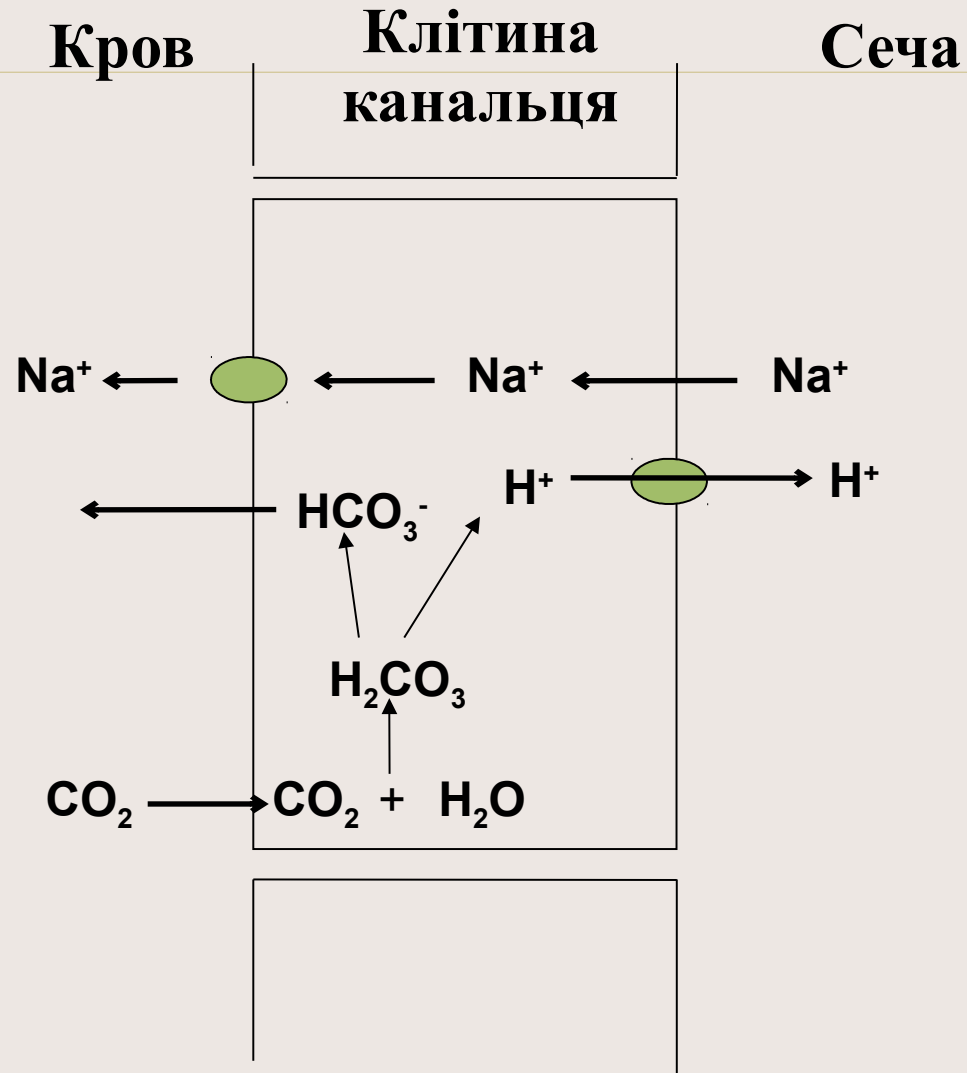
Роль нирок в підтриманні рН

1. Ацидогенез

– утворення і секреція у просвіт каналця H^+ (дистальні каналці)

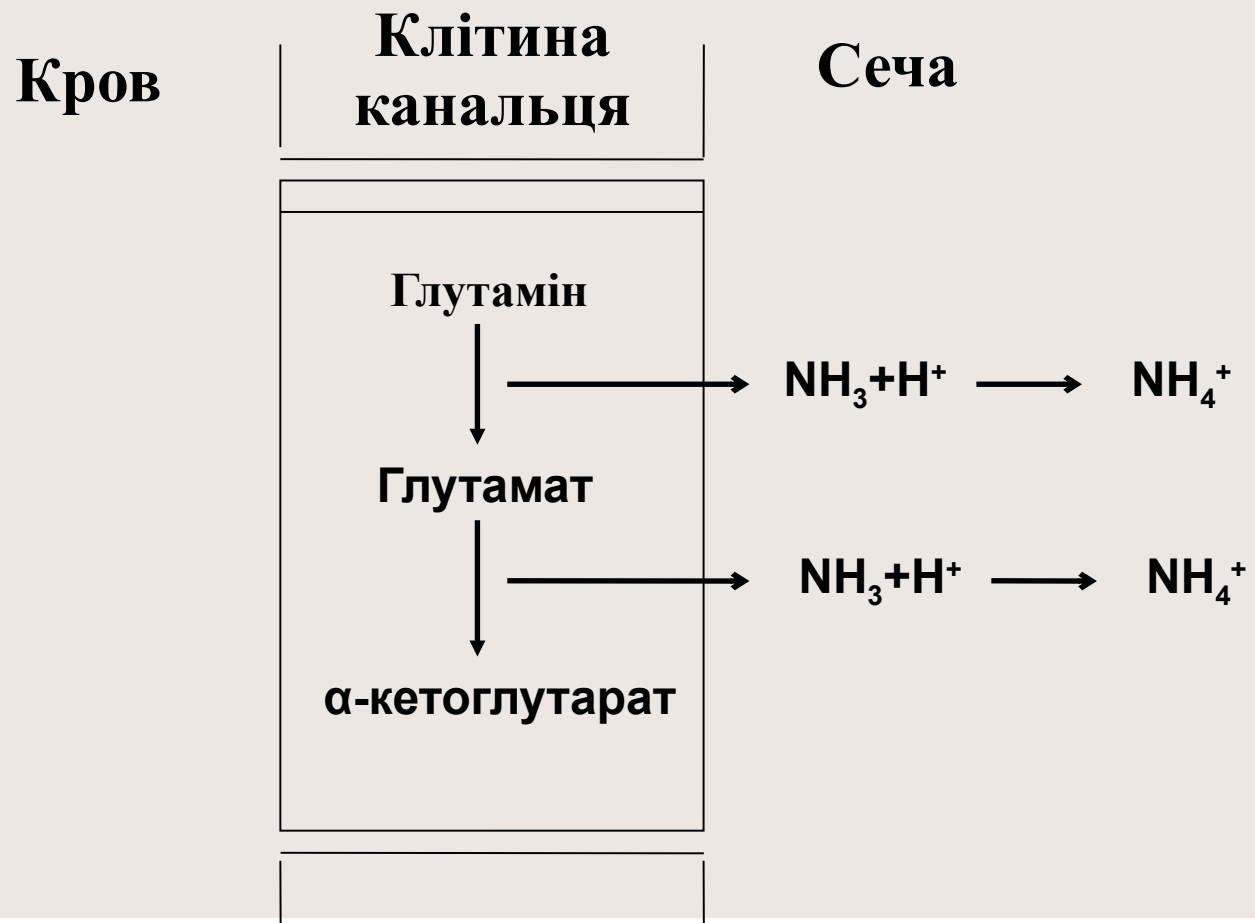
2. Реабсорбція HCO_3^-

(проксимальні каналці)



Роль нирок в підтриманні рН

3. Амоніогенез – утворення і секреція у просвіт каналця NH_3 , який з H^+ утворює іон амонію



Фізико-хімічні властивості сечі

Діурез - 1,5-2 л/добу

- ✓ **Поліурія** (> 2 л) - цукровий і нецукровий діабет, прийом сечогінних
- ✓ **Олігурія** (< 700 мл) - серцева недостатність, нефрит, блювота, гарячка
- ✓ **Анурія** (< 50 мл) - ниркова недостатність, отруєння важкими металами
- ✓ **Ніктурія** (денний : нічний діурез=1:2) - хвороби нирок, серцева декомпенсація

Колір – солом'яно-жовтий

- ✓ блідий - поліурія (нецукровий діабет)
- ✓ “пива” або червоно-бурий - жовтяниця
- ✓ “м'ясні помії” - гематурія
- ✓ зелено-синій - посилення гниття білків в кишечнику

Фізико-хімічні властивості сечі

Прозорість – прозора

- ✓ Мутна - наявність слизу, гною



Щільність сечі (ПВС) - 1,005-1,035 г/мл

- ✓ Гіперстенурія - ↑ ПВС - цукровий діабет
- ✓ Гіпостенурія - ↓ ПВС - нецукровий діабет, ураження нирок
- ✓ Ізостенурія - ПВС низька і практично не змінюється протягом доби - важка ниркова недостатність

рН сечі – 5,5-6,8

- ✓ ↓ - м'ясна їжа, цукровий діабет, голодування, лихоманка
- ✓ ↑ - рослинна їжа, цистит, пієліт

Хімічний склад сечі

Компоненти	Екскреція з сечею (г/добу)
Органічні сполуки	
Сечовина	20-35
Креатинін	1-2
Сечова кислота	0,5 – 1
Амінокислоти	< 1
Неорганічні сполуки	
Cl ⁻	5-9
Na ⁺	3-6
K ⁺	1,5-3
NH ₄ ⁺	0,5-1,0
Ca ²⁺	0,1-0,25

Органічні компоненти сечі

Компонент	Зміна	Діагностичне значення
Сечовина	↑	посилення катаболізму білків
	↓	ураження печінки та нирок
Сечова кислота	↑	подагра, лейкози, аспірин та стероїдні гормони
Креатинін (м'язова маса)	↑	посилення катаболізму білків
	↓	зменшення фільтрації в нирках
Амінокислоти	↓	посилення катаболізму білків
Креатин	↑	м'язова дистрофія
Гіпурова кислота	↑	гниття білків у кишечнику, велика кількість фруктів у раціоні
	↑	гниття білків у кишечнику

↑

Патологічні компоненти сечі

Гематурія – поява еритроцитів у сечі

- ✓ запалення сечовивідних шляхів
- ✓ камені в нирках і сечовивідних шляхах
- ✓ травми нирок і сечовивідних шляхів
- ✓ новоутворення нирок і сечовивідних шляхів

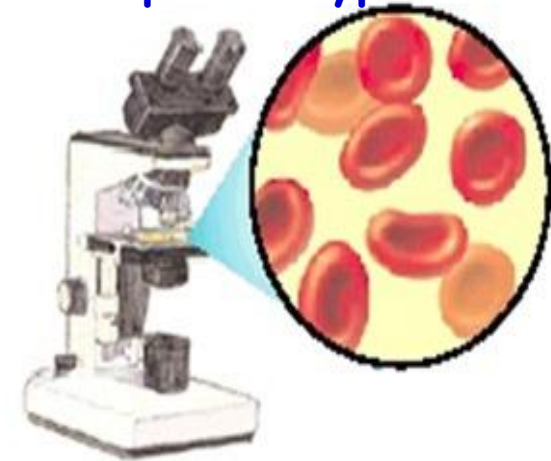


Макрогематурія

Кров можна побачити в сечі, сеча має червоний колір



Мікрогематурія



Кров можна побачити тільки під мікроскопом

Протеїнурія - поява білка в сечі

(в нормі до 30 мг/добу)

Види

- ✓ Преренальна (мієломна хвороба, гемоліз еритроцитів)
- ✓ Ренальна:
 - Функціональна (ортостатична, важка фізична праця)
 - Органічна (патологія нирок)
- ✓ Постренальна (цистити, уретрити, кольпіти)

Селективна – втрата з сечею низькомолекулярних білків

Неселективна – втрата з сечею низько- і високомолекулярних білків

Масивна протеїнурія $> 3,5$ г/добу - компонент нефротичного синдрому



Проба Геллера



	Отрицательный
	Следы
	+ (300 мг/л)
	++ (1000 мг/л)
	+++ (3000 мг/л)
	++++ 20000 мг/л)

Глюкозурія – поява глюкози в сечі

Фізіологічна

- ✓ Аліментарна
- ✓ Емоційна

Патологічна

- ✓ Гіперглікемічна (вміст глюкози в крові > 10 ммоль/л – нирковий поріг)
- Інсулярна - цукровий діабет
- Екстраінсулярна - порушення функцій щитоподібної залози, гіпофізу
- ✓ Ниркова глюкозурія (рівень глюкози в крові у нормі) - порушення реабсорбції ГЛЮКОЗИ



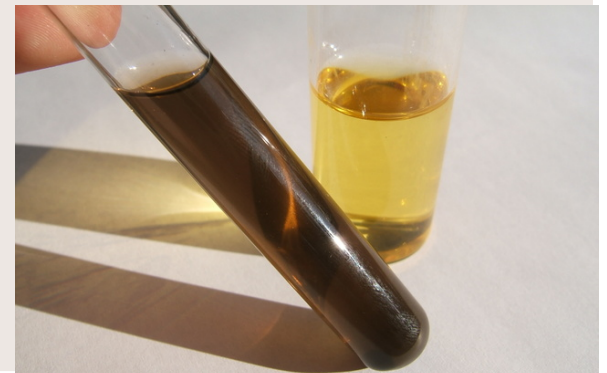
Кетонурія - ↑ кетонових тіл в сечі

- ✓ Цукровий діабет
- ✓ Голодування
- ✓ Інфекційні хвороби з лихоманкою



Фенілкетонурія - поява фенілпірувату в сечі

- ✓ Дефіцит фенілаланінгідроксилази



FeCl₃ тест

Уробілінурія - ↑ уробіліну в сечі

- ✓ Гемолітична жовтяниця

Білірубінурія - поява прямого білірубіну в сечі

- ✓ Паренхіматозна та обтураційна жовтяниця

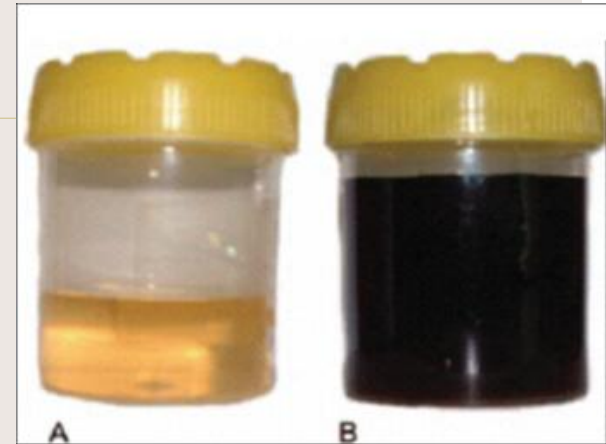
Порфіринурія - ↑ порфіринів в сечі

- ✓ Порфірії, лейкози та отруєння свинцем



Алкаптонурия – наявність алкаптону (окисненої гомогентизинової кислоти)

- ✓ Дефіцит оксидази гомогентизинової
кислоти



Індиканурія – ↑ тваринний індикан

- ✓ Гниття білків в ШКТ
(порушення травлення,
кишкова непрохідність)



A spiral-bound notebook with a light beige cover and a silver metal spiral binding on the left side. The notebook is open to a blank page with a horizontal line near the top. The text is centered on the page.

Дякую за увагу !!!