



МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ
ФАКУЛТЕТ ПО ЗДРАВНИ ГРИЖИ
ЦЕНТЪР ЗА ДИСТАНЦИОННО ОБУЧЕНИЕ

Лекция №10

Физиология на отделителната система

доц. д-р Боряна Русева, д.м.
Сектор “Физиология”
МУ-Плевен

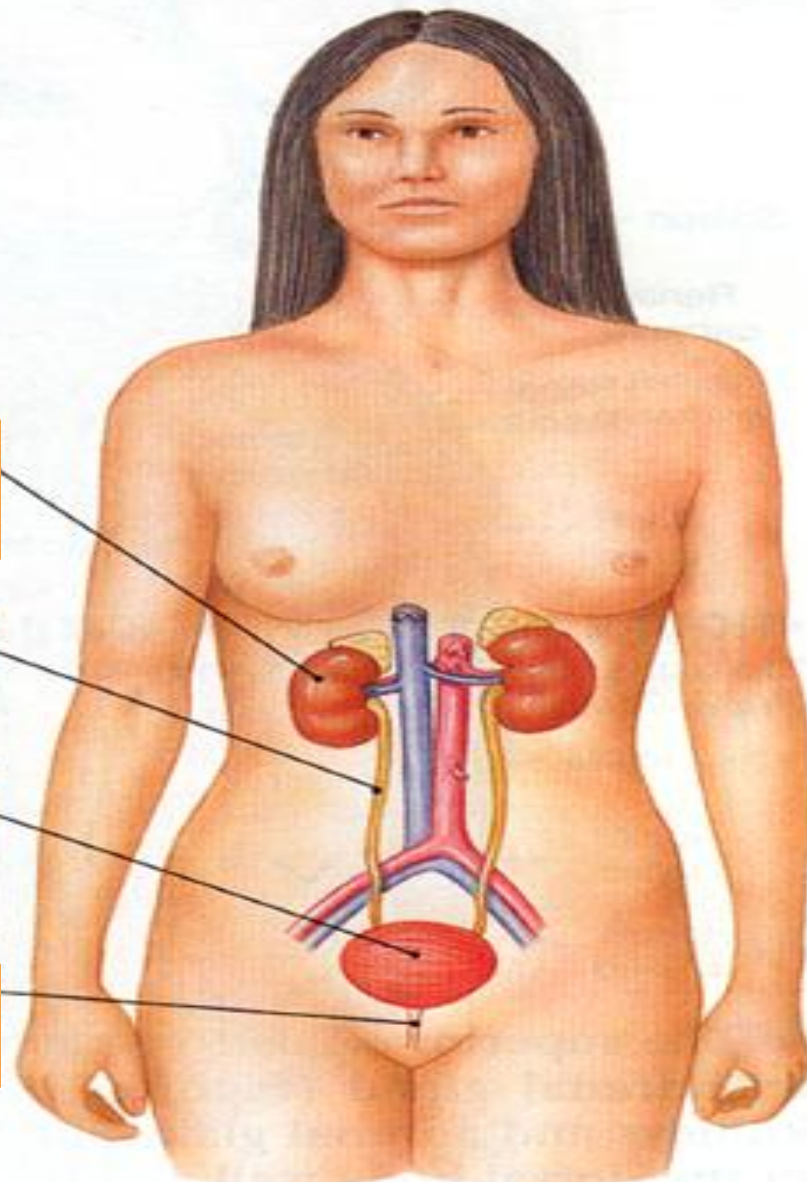
Анатомия на отделителната система

Kidney
Produces urine

Ureter
Transports urine toward the urinary bladder

Urinary bladder
Temporarily stores urine prior to elimination

Urethra
Conducts urine to exterior



Anterior view

Функции на бъбреците

➤ Екскреторна:

- ✓ Отделят крайните продукти на метаболизма: урея, креатинин, пикочна киселина
- ✓ Лекарства и други екзогенни вещества

➤ Хомеостатична – участват в поддържане постоянството на:

- ✓ Обема, осмоларитета и електролитния състав на телесните течности
- ✓ Алкално-киселинното равновесие
- ✓ Кръвното налягане

Функции на бъбреците

- Ендокринна- произвеждат вещества с действие на хормони:
 - ✓ Ренин, който запуска системата ренин-ангиотензин-алдостерон, регулираща кръвното налягане, баланса на Na и K
 - ✓ Еритропоетин, който стимулира еритропоезата
 - ✓ Активната форма на витамин D_3 – 1,25-дихидрокси-холекалциферол, регулиращ баланса на Ca и P
 - ✓ Простагландини и кинини – регулиращи бъбречния кръвоток

Функционална морфология на бъбрека

☐ Нефронът е основната морфологична и функционална единица на бъбрека

✦ Във всеки бъбрек има 1 – 1.3 милиона нефрони с обща дължина 80 км и площ 12.5 кв.м

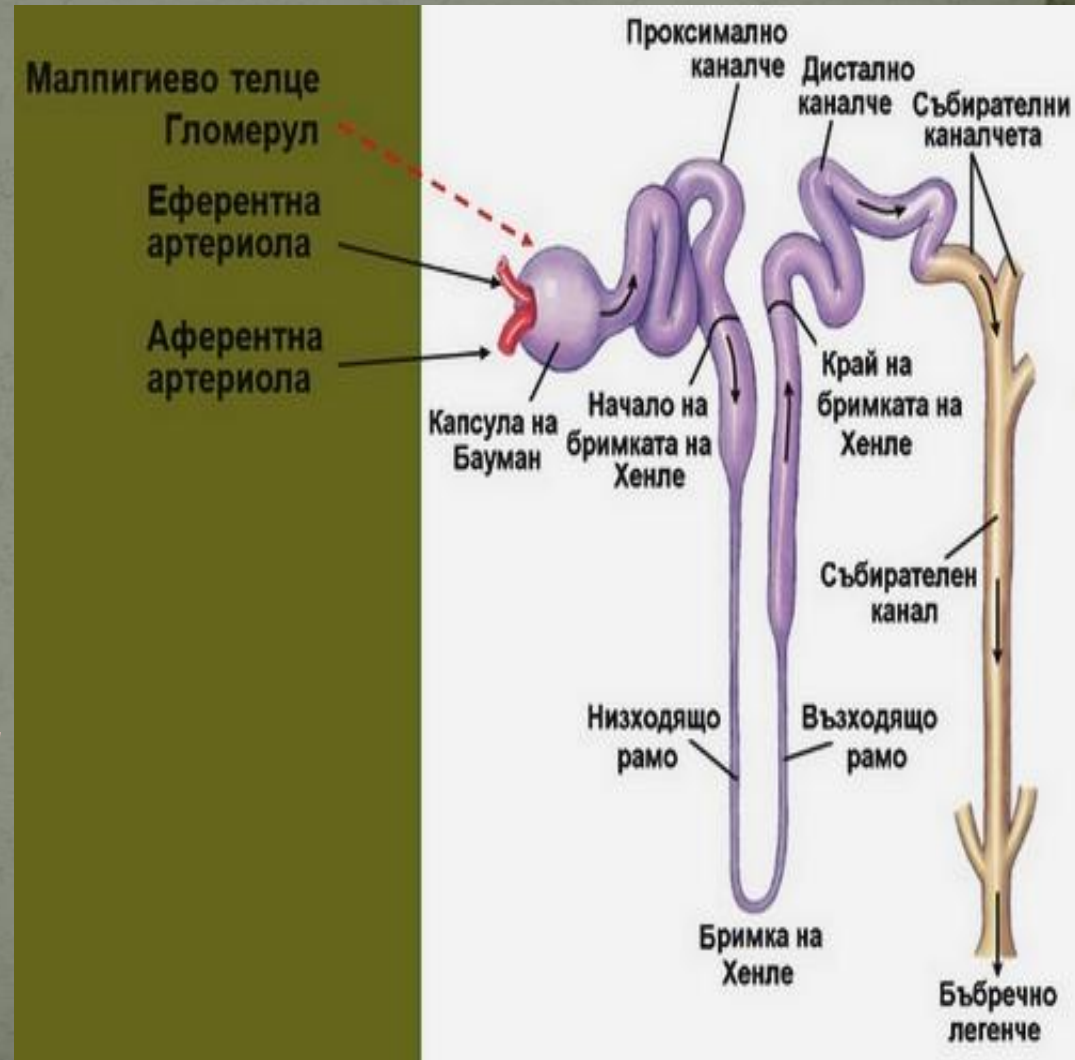
❖ Нефронът е изграден от:

➤ Бъбречно телце:

- ✓ Гломерул
- ✓ Бауманова капсула
- ✓ Мезангиум

➤ Тубули:

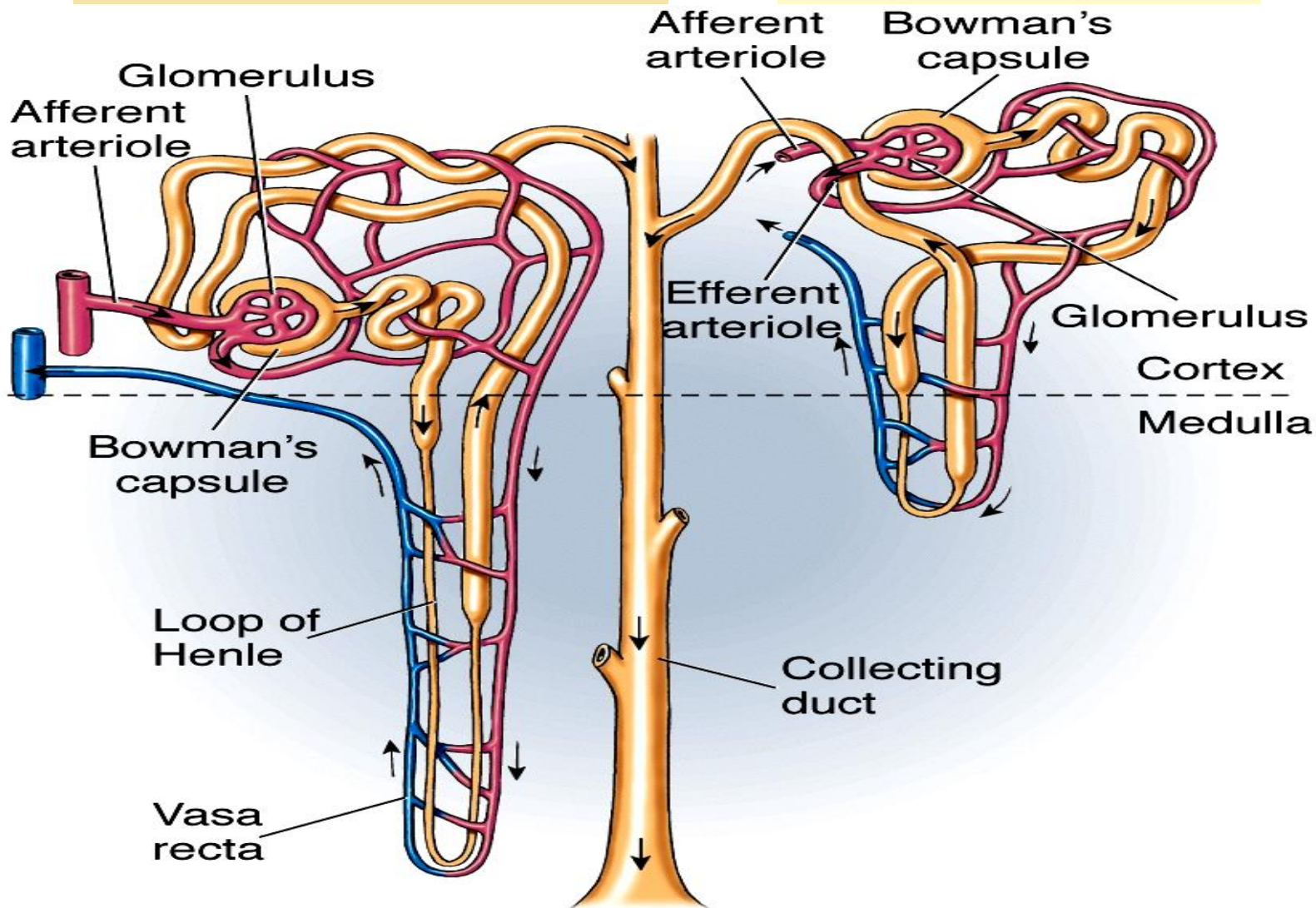
- ✓ Проксимален – извита и права част
- ✓ Бримка на Хенле – нисходяща тънка, възходяща тънка и дебела част
- ✓ Дистален – извит и свързващ сегмент
- ✓ Събирателен – кортикална и медуларна част



Юкстамедуларни и кортикални нефрони

(a) ✓ Юкстамедуларни нефрони

(b) ✓ Кортикални нефрони



Строеж на бъбречното телце

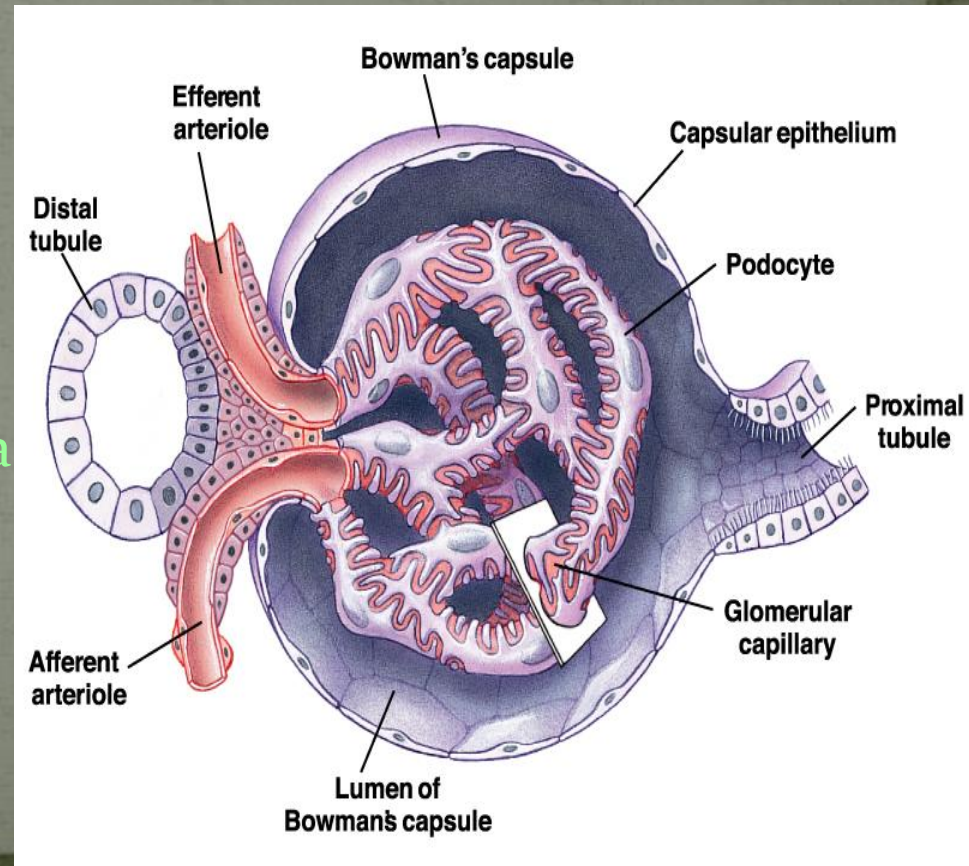
➤ Гломерулните капиляри са покрити с крачетата на подоцитите – епителни клетки на висцералния лист на Баумановата капсула

➤ Между висцералния и париеталния лист на капсулата се намира пространство, което преминава в лумена на тубула

Бъбречното телце има:

✓ съдов полюс, където се разполагат аферентната и еферентна артериола

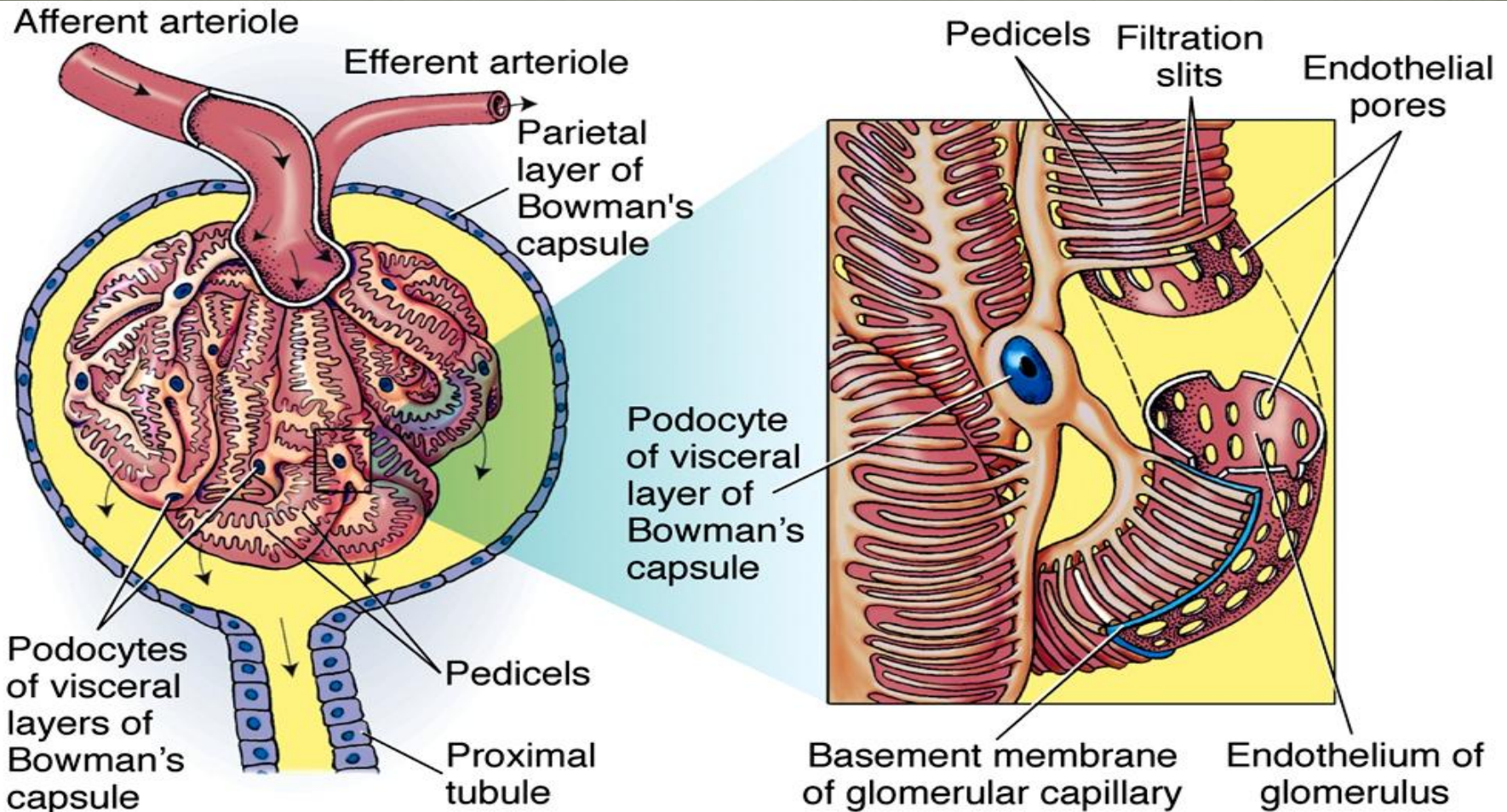
✓ уринен полюс, от където започва проксималния тубул



Място на извършване на ГФ

❖ Плазмата се филтрира от гломерулните капиляри в пространството на Баумановата капсула през филтрационната мембрана, която ги разделя

➤ Образуваният филтрат се нарича първична урина



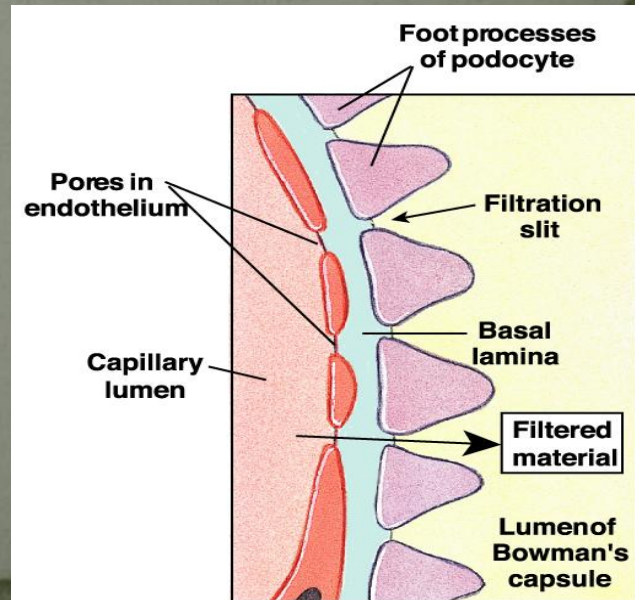
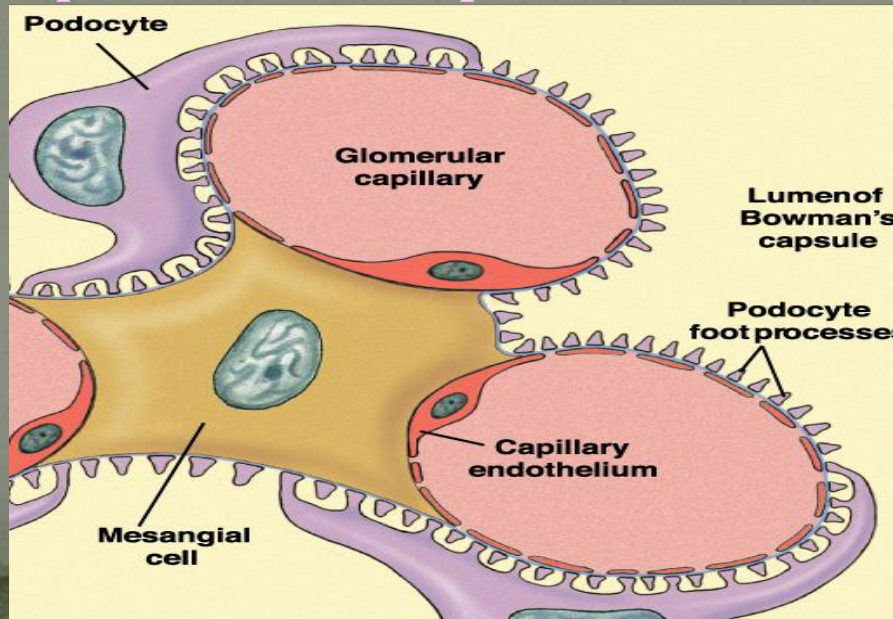
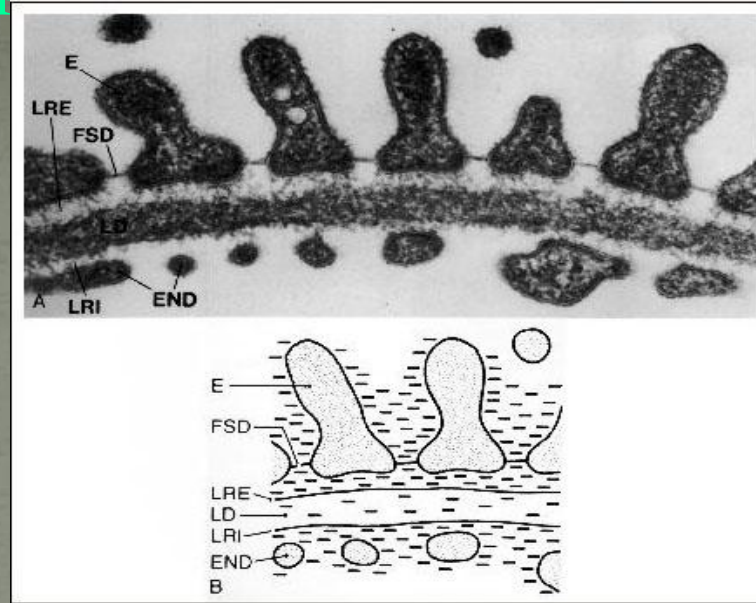
Филтрационна мембрана

❖ Съставена е от 3 слоя:

1. Ендотелни клетки – фенестрации 70 нм, не позволяват филтрирането на кръвните клетки

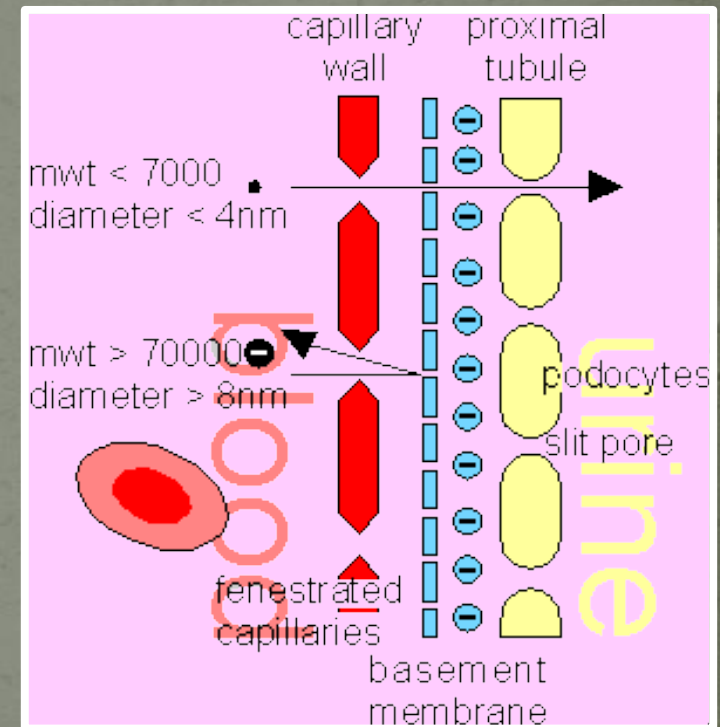
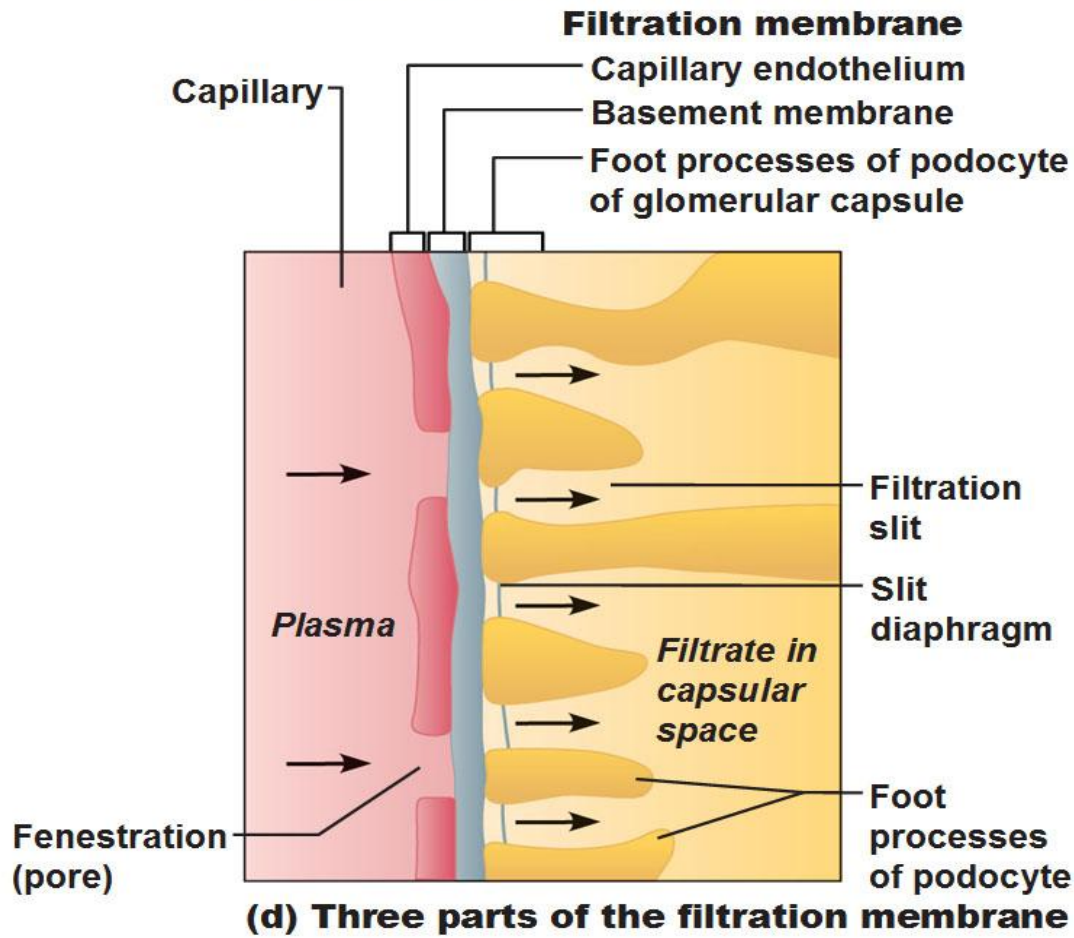
2. Базална мембрана – образувана от протеини (колаген IV, фибронектин, ламинин) и гликопротеини, които са отрицателно заредени, не позволява филтрирането на плазмените белтъци

3. Крачета на подоцити – образуват филтрационни цепки, покрити с диафрагма с малки пори (4-14 nm). Те също са отрицателно заредени и са крайното ограничение за преминаването на белтъците



Гломерулна филтрационна мембрана

Filtration Membrane

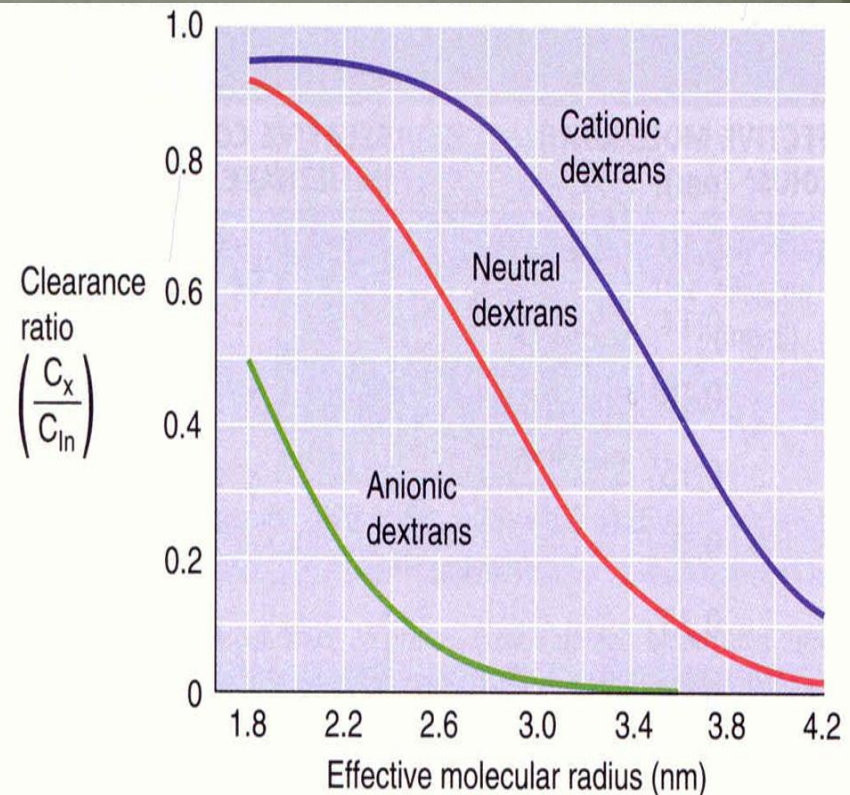
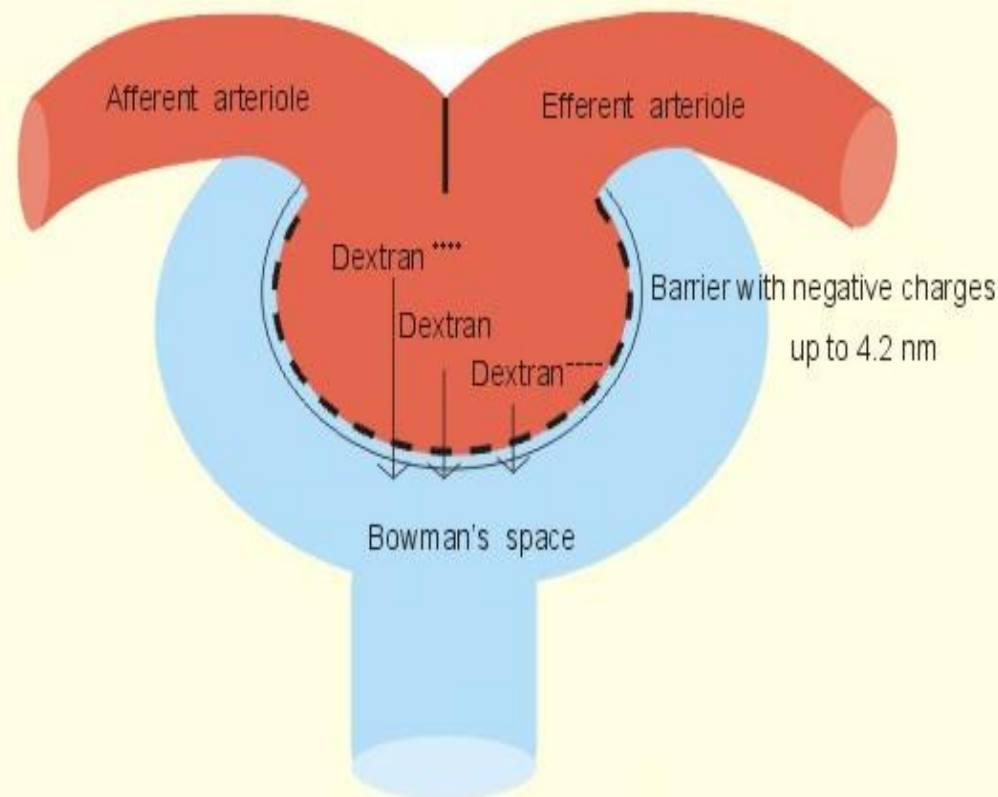


Пропускливост на филтрационната мембрана

❖ Пропускливостта на филтрационната мембрана за различните вещества зависи от техните молекулни размери и заряд

➤ Тя пропуска свободно молекули с ефективен молекулен радиус под 2 nm, а не пропуска молекули с радиус над 4.2 nm

➤ Пропускливостта за молекули с радиус <4.2 и >2 nm зависи от заряда им: анионите преминават много трудно, по-лесно преминават неутралните и най-лесно преминават катионите

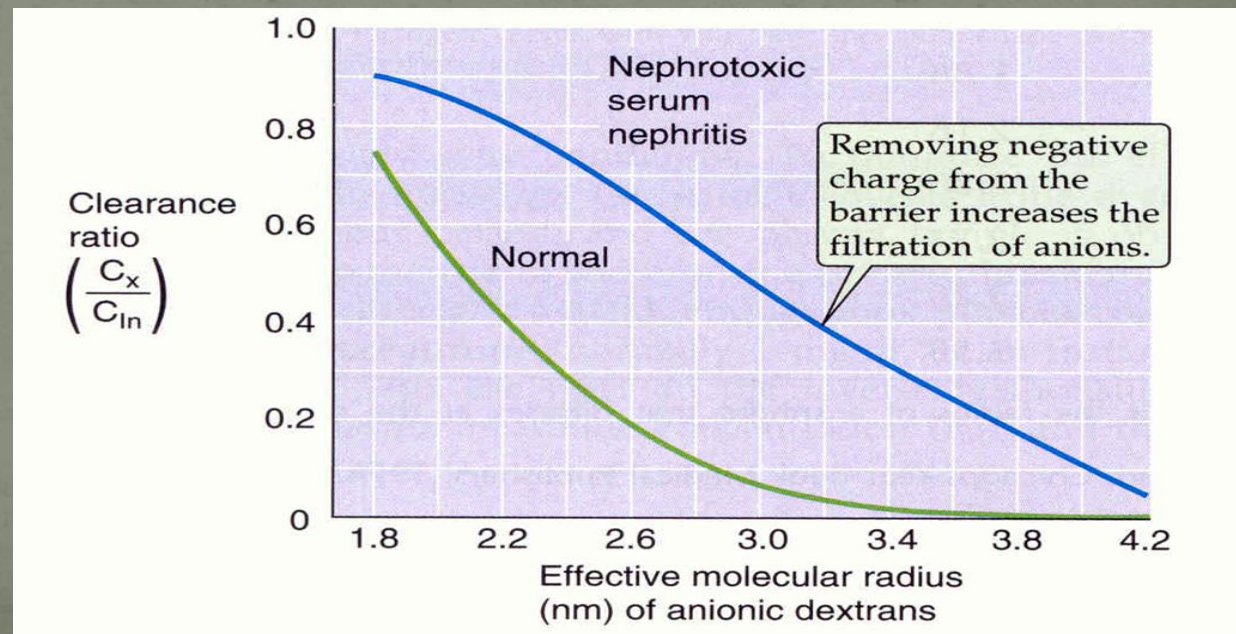


Пропускливост на филтрационната мембрана за албумини

❖ Нормалната филтрационна мембрана има много малка пропускливост за албумини

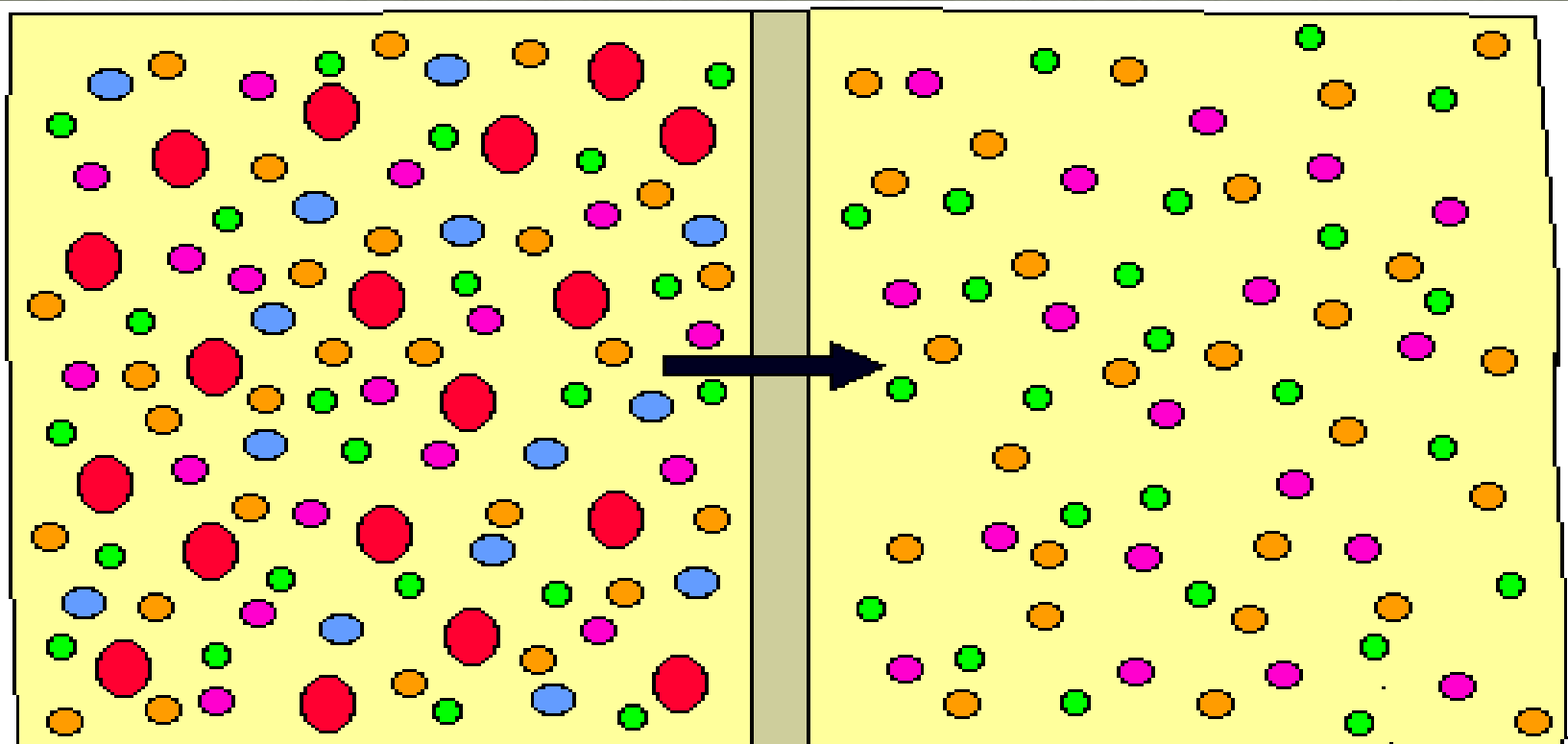
➤ Загубата на отрицателния заряд на филтрационната мембрана води до филтрирането на големи количества албумини, които са с радиус 3.5 nm и са - заредени

★ Това става в ранните фази на някои бъбречни заболявания (гломерулонефрит), характеризиращи се с протеинурия



Състав на първичната урина

□ Първичната урина представлява плазма без белтъци



Glomerular capillary

Kidney tubule

Permeable:

- Glucose
- Small cations: Na, K, H
- Small anions: Cl, HCO₃

Impermeable:

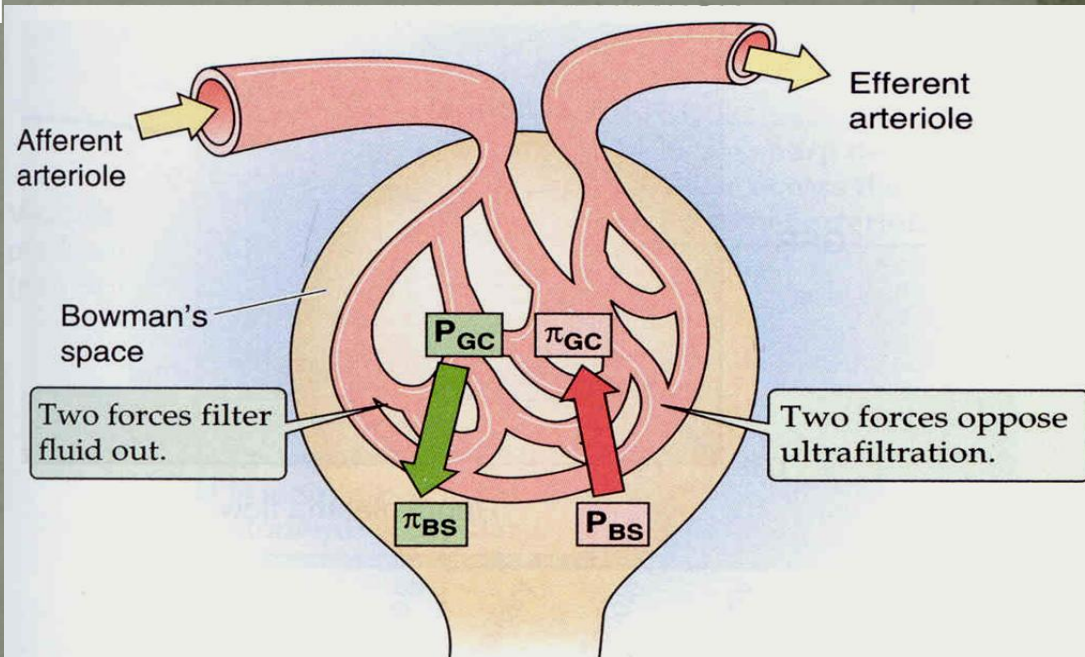
- Red cells
- Proteins

Фактори, определящи скоростта на гломерулната филтрация

- ❖ Скоростта на гломерулната филтрация зависи от 2 основни фактора:
 - Филтрационен коефициент (K_f)
 - Ефективно филтрационно налягане (ЕФН)

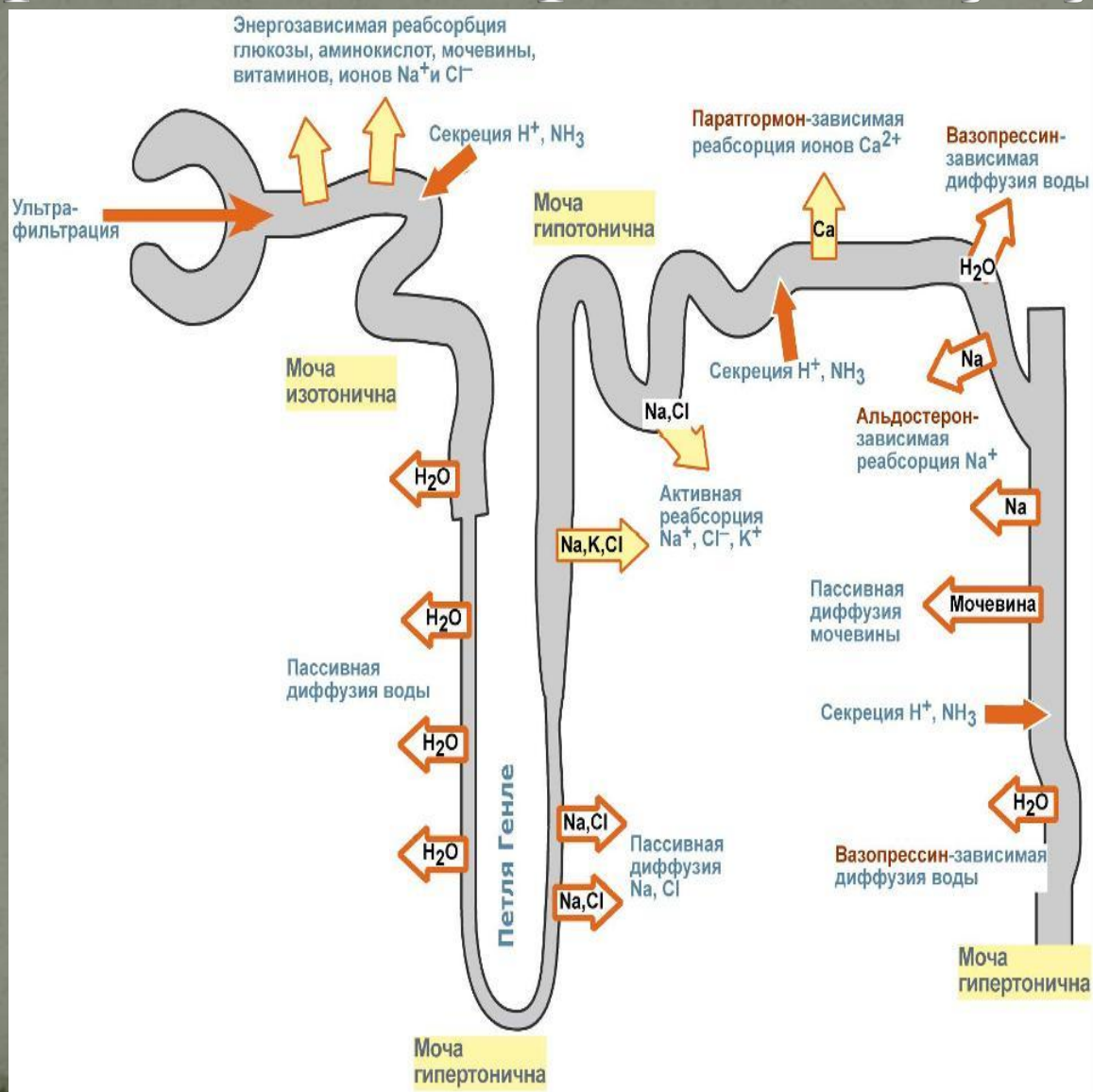
$$EФН = XH_{ГЛ} - (XH_{ОК} + КОН)$$

Нормалното ЕФН = 10 mm Hg



P_{GC} = Glomerular capillary hydrostatic pressure
 π_{BS} = Bowman's space oncotic pressure
 P_{BS} = Bowman's space hydrostatic pressure
 π_{GC} = Glomerular capillary oncotic pressure

Резорбция и секреция в тубулите

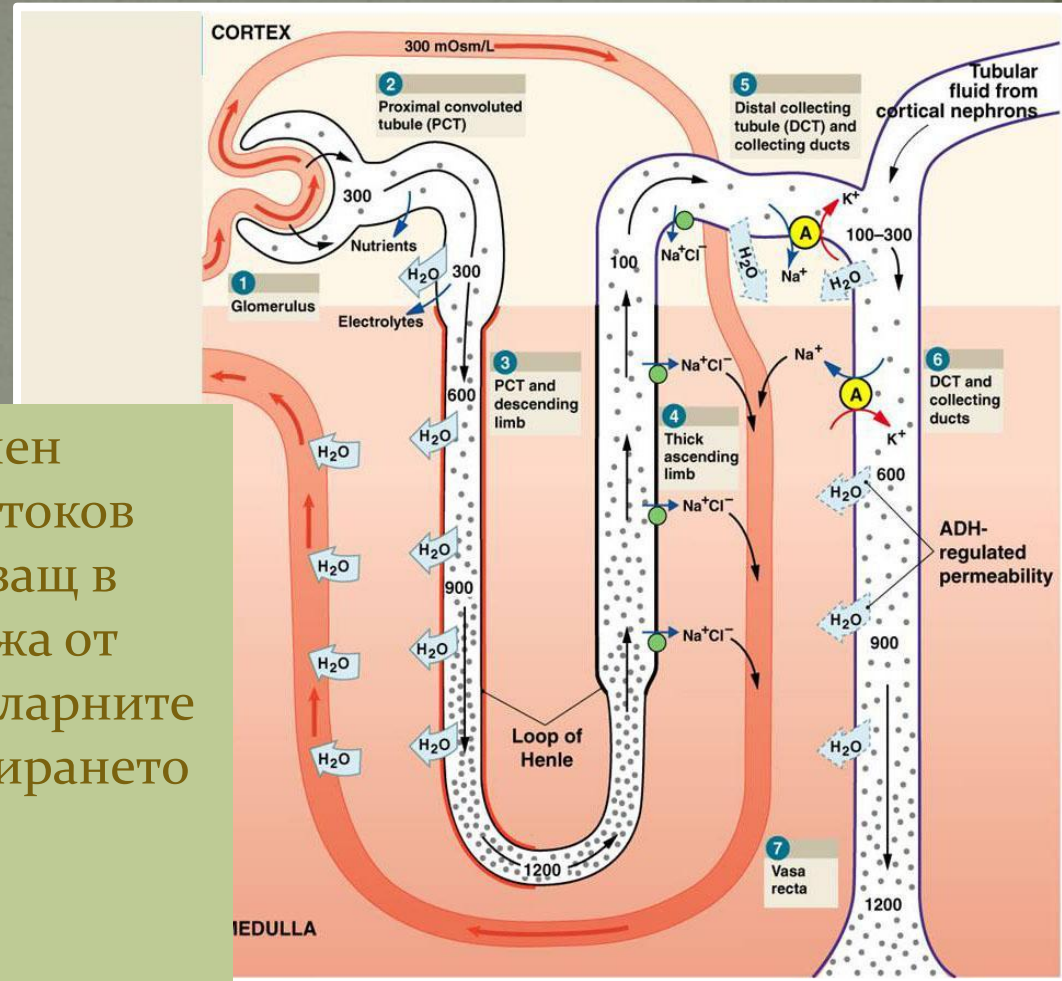


Концентриране и разреждане на урината

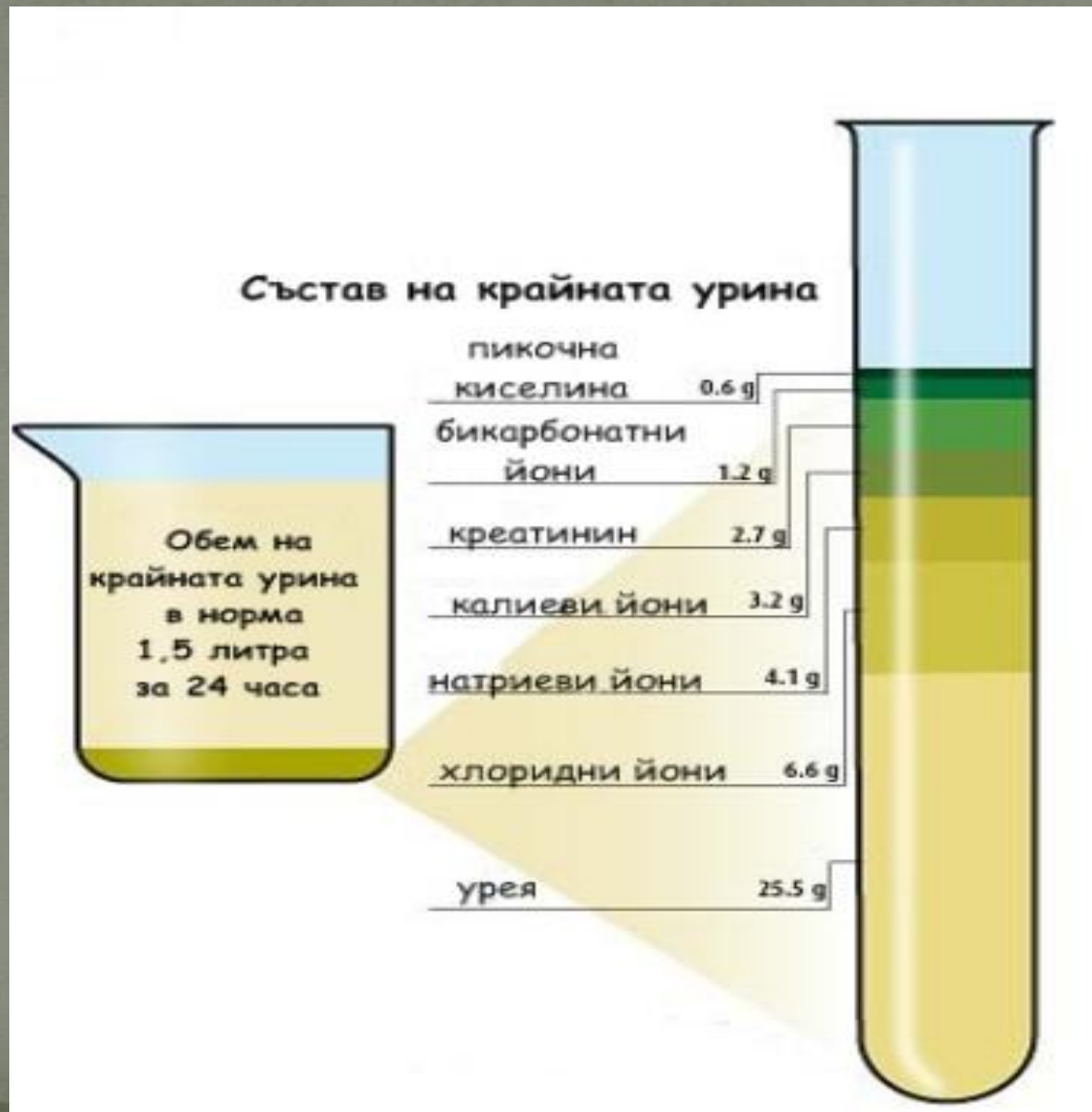
- В бъбречния интерстициум съществува *кортико-папиларен осмотичен градиент*. Осмолалитетът на интерстициалната течност расте от кората към медулата. След постигането на висока концентрация на разтворени вещества в медулата, тя се поддържа чрез баланс между постъпването и отнемането на вода и осмотично активни вещества.
- Главни фактори, които участват в създаването на висока концентрация на осмотично-активните вещества в медулата на бъбрека са активен транспорт на натриеви йони, котранспорт на калиеви и хлорни йони, пасивна реабсорбция на натриеви и хлорни йони в тънкото възходящо рамо на бримката на Хенле, активен транспорт на йони в събирателните тубули, улеснена дифузия на големи количества урея във вътрешните медуларни събирателни тубули, дифузия на относително малко вода в медуларните тубули.

Концентриране и разреждане на урината

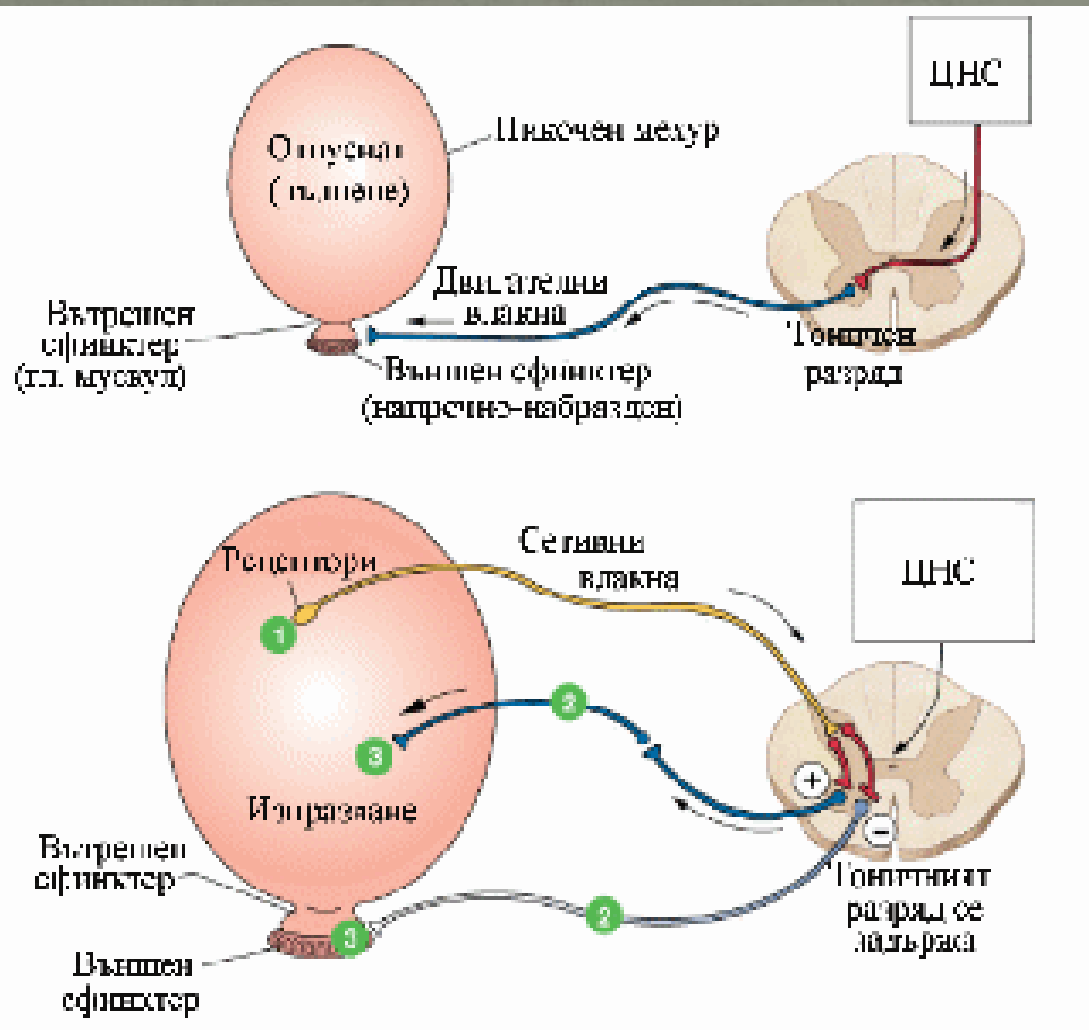
Кортико-папиларният осмотичен градиент се създава от противотоков множителен механизъм, действащ в бримката на Хенле и се поддържа от противотоков обменник в медуларните кръвоносни съдове и рециркулирането на урея.



Обем и състав на крайната урина



Микция



Водно-электролитно равновесие



Body Water Balance and Imbalances

Section Topics

Introduction

Body Water Balance

Water Gain

Water Loss

Controlling Mechanisms

Body Water Imbalance

Body Water Deficit (BWD)

Body Water Excess (BWE)

Section Review Quiz



Return to Main Menu

Print

Introduction

Water Gain = Water Loss

Intake: 2,500 mL

Metabolic water
(200 mL/day)

Ingested moist foods
(800 mL/day)

Ingested liquids
(1,500 mL/day)

Output: 2,500 mL

GI tract (100 mL/day)

Lungs
(300 mL/day)

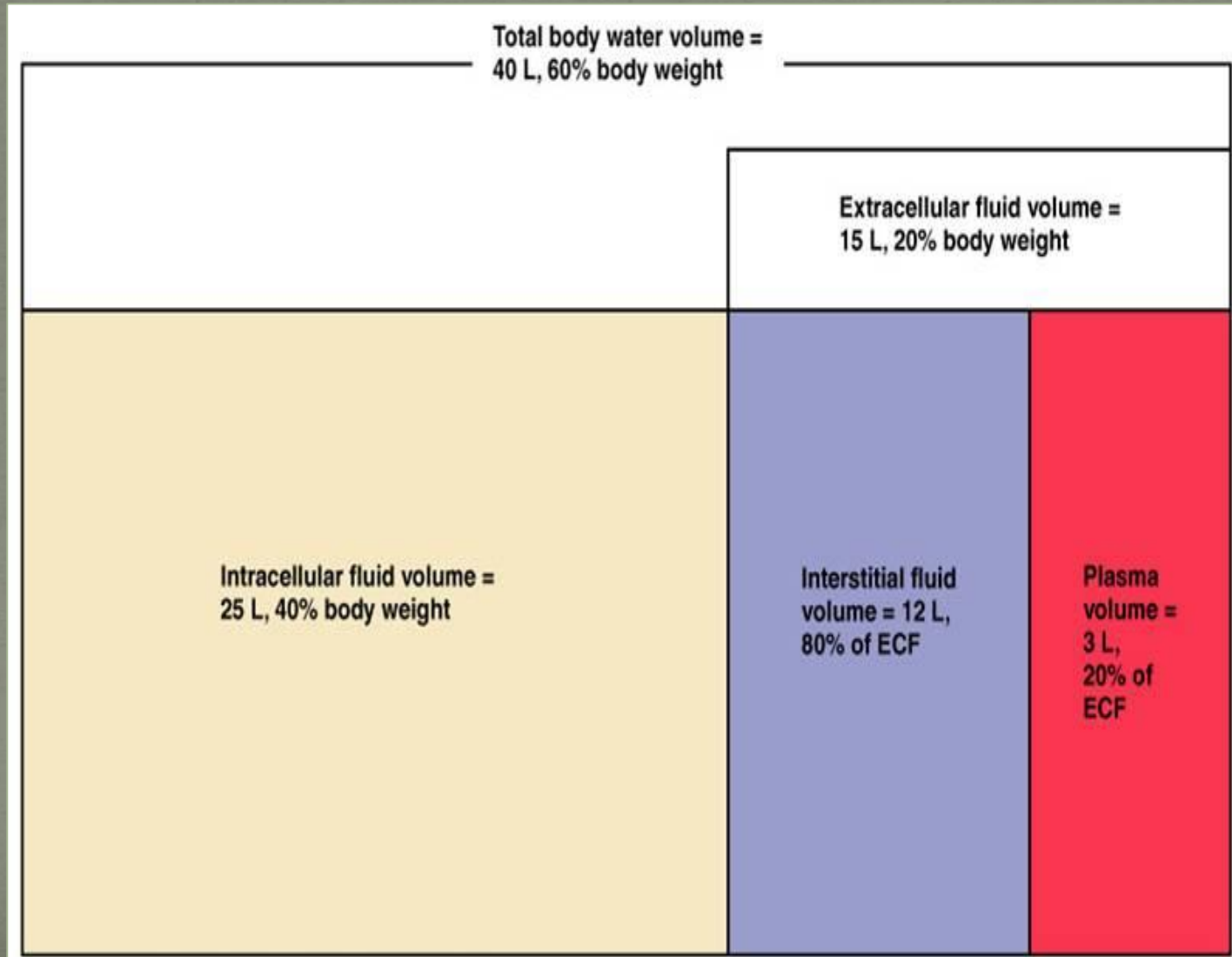
Skin
(600 mL/day)

Kidneys
(1,500 mL/day)

Water is the most abundant component of body fluid and is required in adequate amounts for proper body function.

Each day the body gains and loses water through several different mechanisms. In order to maintain body homeostasis, the gains must equal the losses.

Разпределение на телесните течности

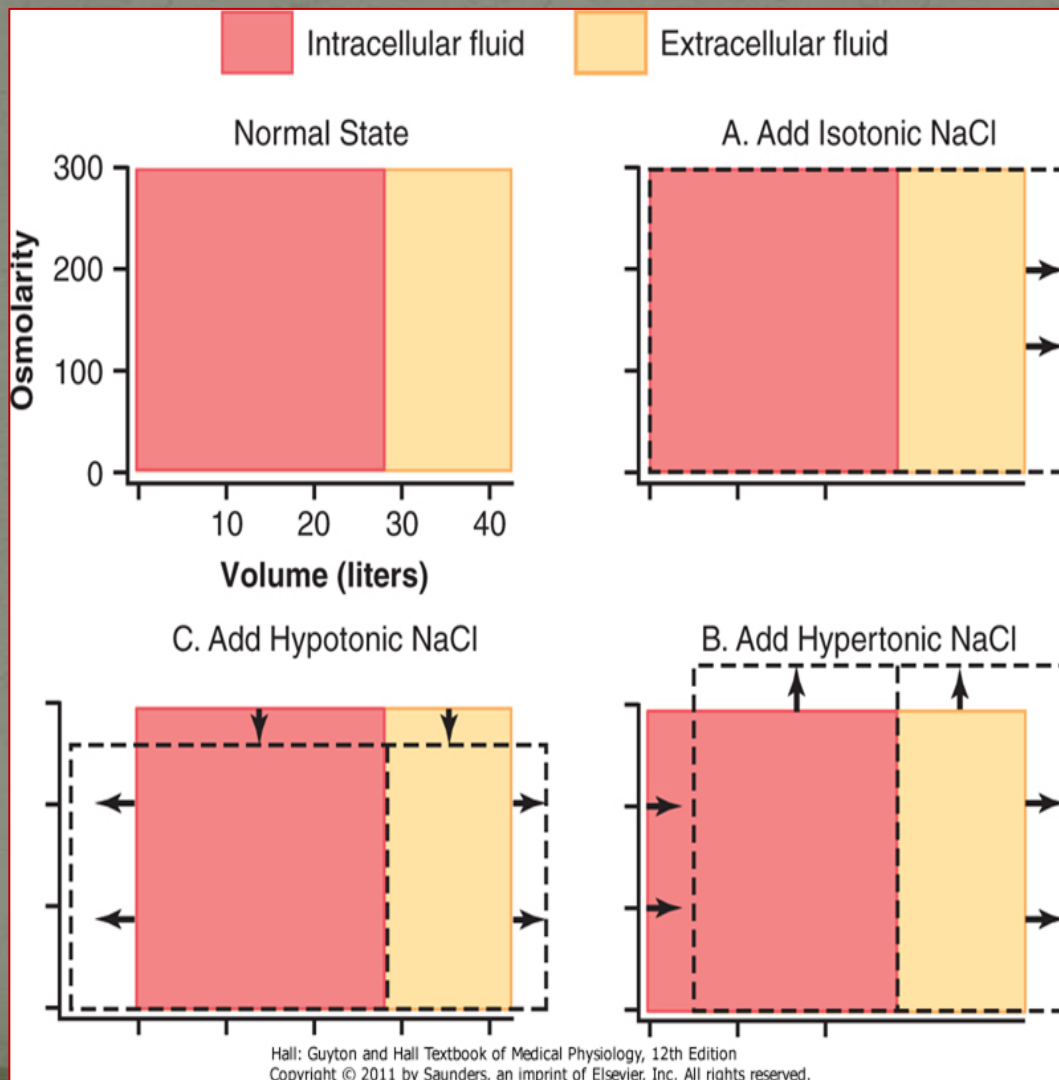


Compartment	Amount of body weight (%)	Volume (litres)
Total body fluid	60	42
Intracellular fluid	40	28
Extracellular fluid	20	14
Interstitial fluid	Two-third of ECF	9.4
Plasma	One-third of ECF	4.6
Venous	85 of plasma	
Arterial	15 of plasma	

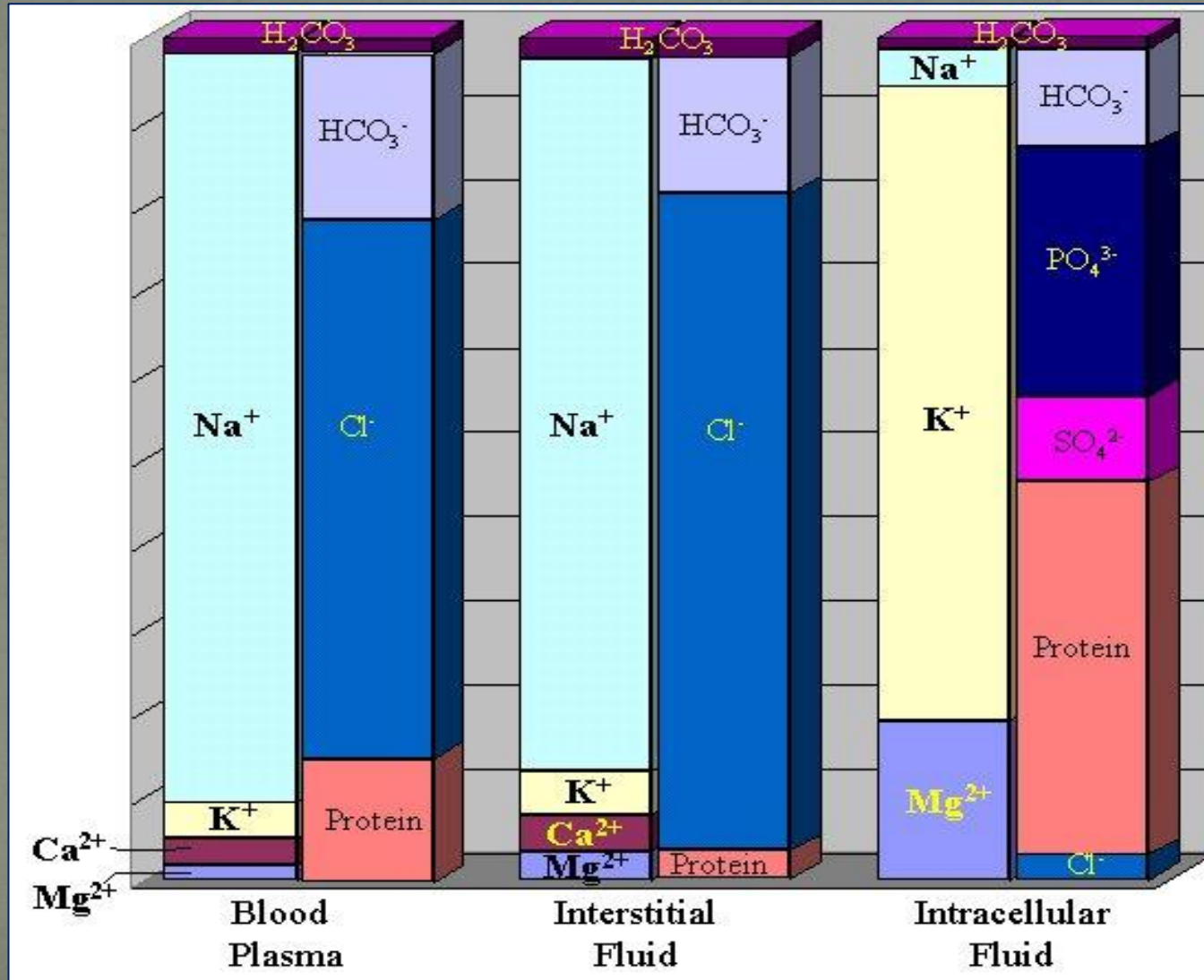
Distribution of Extracellular Fluid:

Blood plasma	4% – 5% BW
Interstitial fluid	11% – 15% BW
Lymph	
Transcellular fluid:	Cerebrospinal fluid
	Intraocular fluid
	Synovial fluid
	Pericardial, pleural, and peritoneal fluid

Ефекти от прибавяне на изотонични, хипотонични и хипертонични разтвори към ЕЦТ



Йонно съдържание на телесните течности

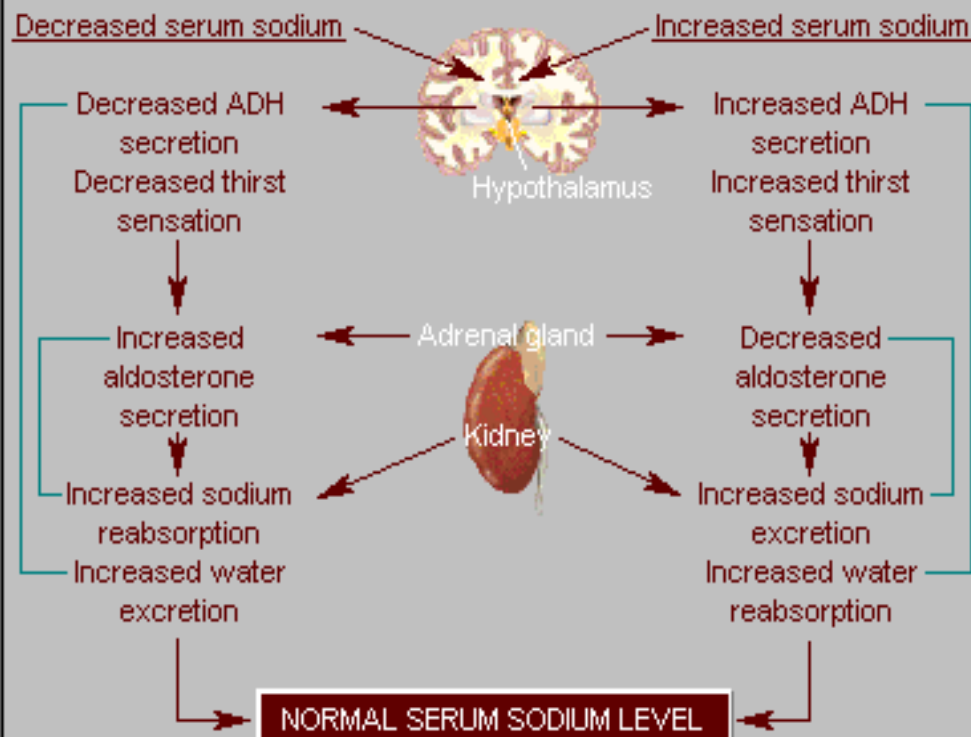


Electrolyte Balance and Imbalances

Section Topics

- Introduction
- Calcium Balance & Imbalance
- Sodium Balance & Imbalance
- Chloride Balance & Imbalance
- Potassium Balance & Imbalance
- Phosphorus Balance & Imbalance
- Magnesium Balance & Imbalance
- Section Review Quiz

Sodium Balance & Imbalance



Sodium comprises approximately 90% of the electrolyte fluid, is the chief base of the blood, and is the principal cation found in extracellular fluid.

Sodium is closely related with water, and in most cases, with chloride: reabsorption or excretion of sodium usually occurs in conjunction with reabsorption or excretion of water and chloride.



Return to Main Menu

Print

Алкално-киселинно равновесие

- Нормалното рН на артериалната кръв е 7,35 - 7,45.
- Възможност за живот в границите на рН 6,9 – 8,0.
- Съществуват три линии на защита при нарушено АКР:
 1. Буферни системи на телесните течности
 2. Дихателна регулация
 3. Бъбречна регулация

Буферни системи на кръвта

- Бикарбонатната е с най-голямо значение за организма, защото и двете ѝ съставки могат да се елиминират от организма.
- Фосфатна
- Плазмени белтъци
- Хемоглобинова – има най голяма буферираща сила, защото концентрацията на Н_в в кръвта е висока.

Бикарбонатна буферна система (H_2CO_3 и NaHCO_3)



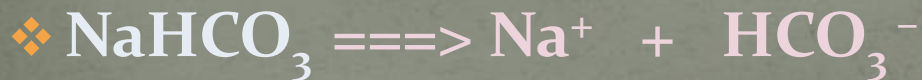
$$K = [\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-] / \text{H}_2\text{CO}_3$$

$$[\text{H}^+] = K \cdot \text{H}_2\text{CO}_3 / [\text{HCO}_3^-]$$

$$-\log [\text{H}^+] = -\log K + \log [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$$



$$\text{pK} = -\log K$$



❖ $\text{pH} = \text{pK} + \log [\text{HCO}_3^-] / 0.03 \cdot \text{pCO}_2$

❖ $\text{pH} = 6.1 + \log 24 / 1.2 = 6.1 + 1.3 = 7.4$

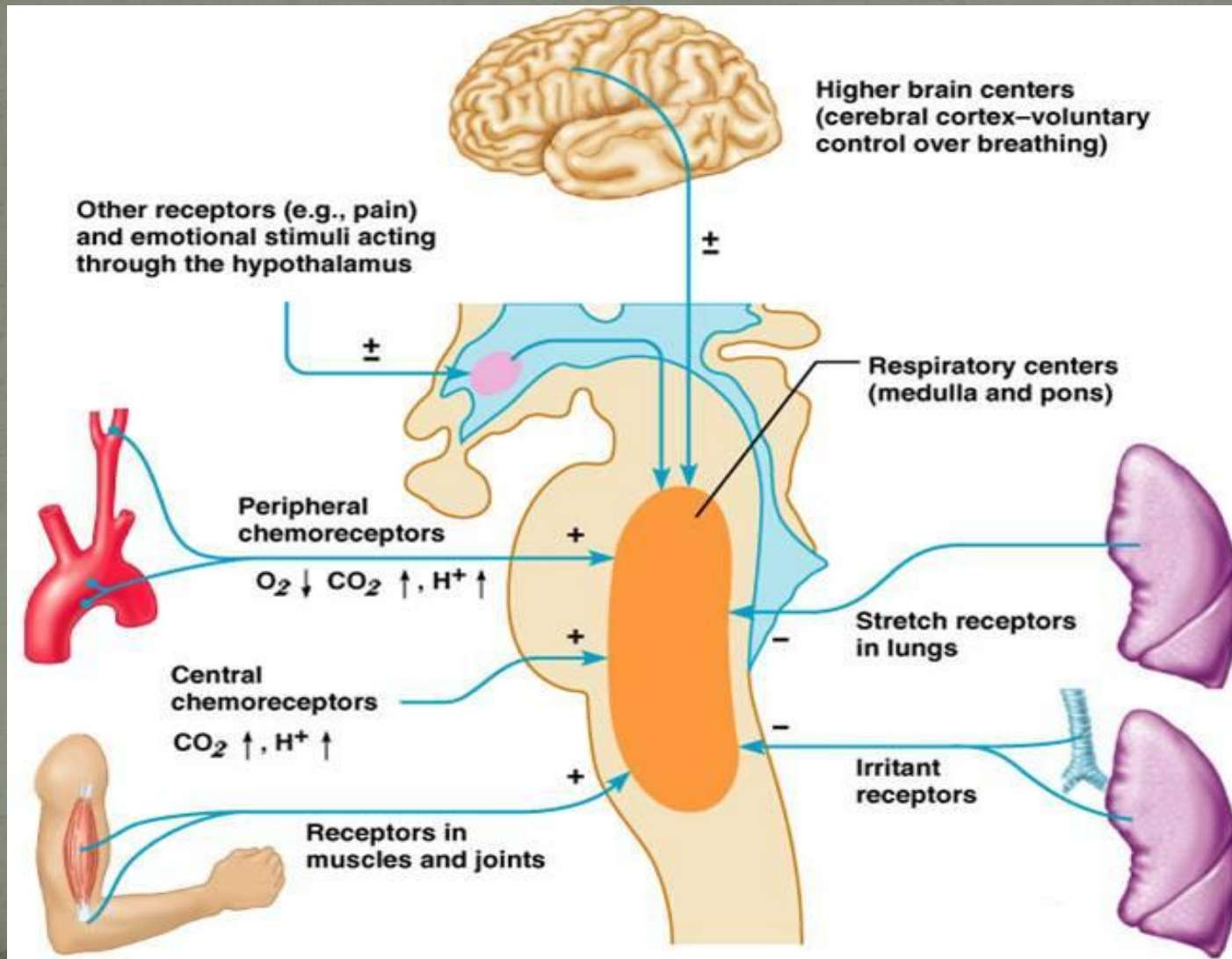
Фосфатна буферна система

примерни H_2PO_4^- и секундерни фосфати $\text{HPO}_4^{=}$

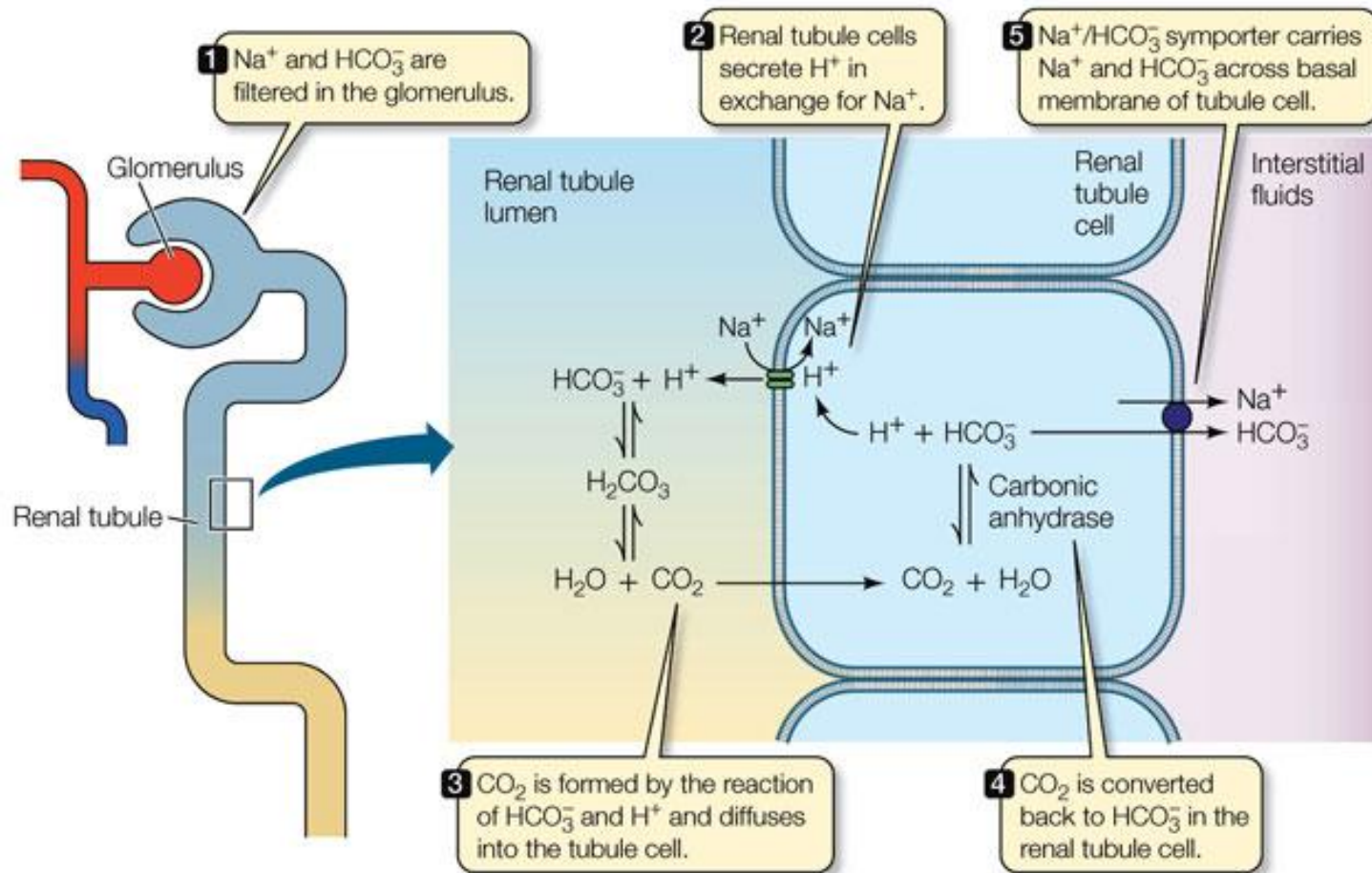
Уравнение на Henderson - Hassel Balch за фосфатната буферна система:

$$\text{pH} = 6.8 + \log [\text{HPO}_4^{=}] / [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$$

Дихателна регулация на рН

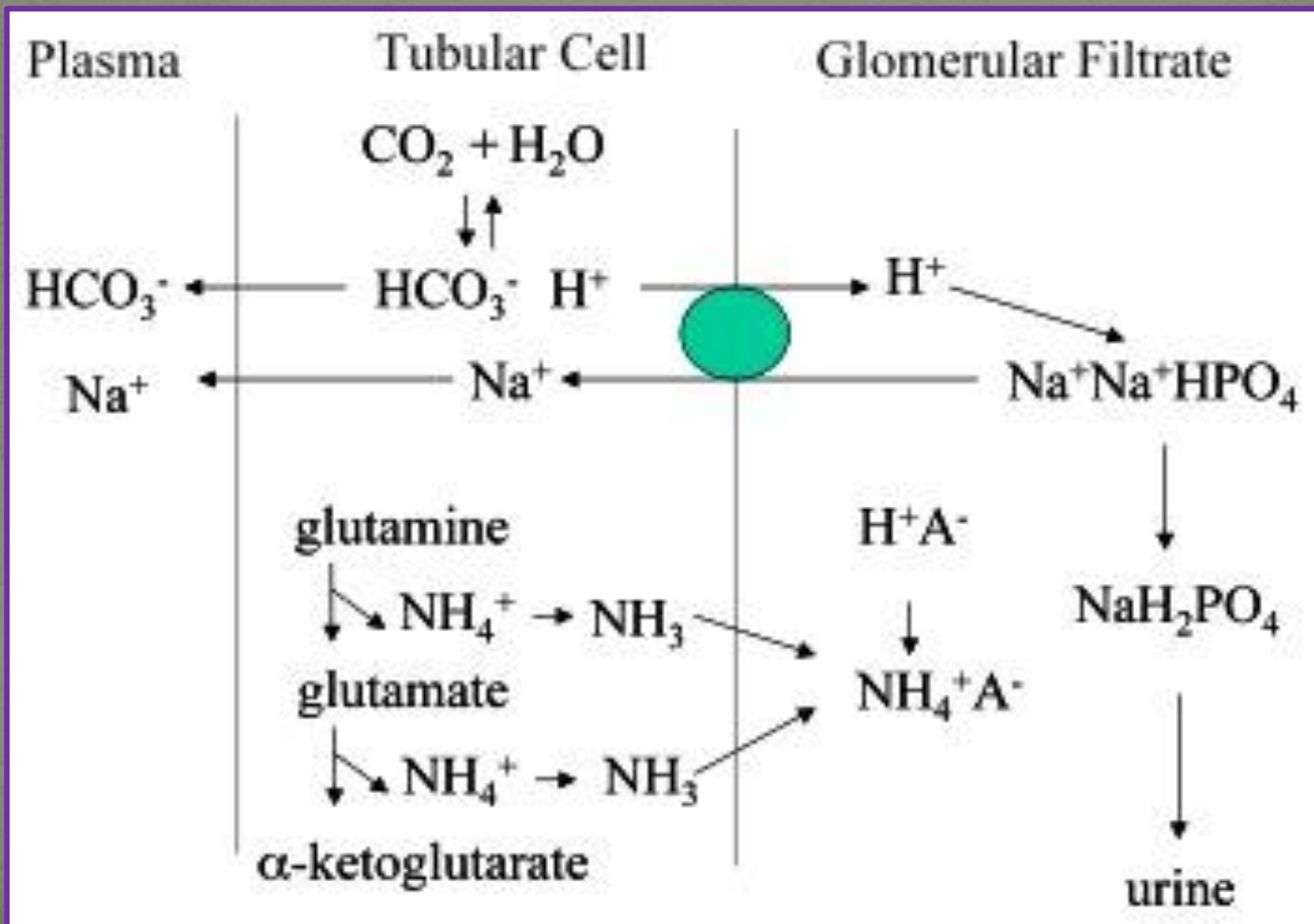


Бикарбонатна буферна система на бъбрека



LIFE 8e, Figure 51.12

Фосфатна и амониева буферни системи на бъбрека



Показатели на АКР -

за определянето им се взема артериална или артериализирана капилярна кръв.

- Актуално рН
- Актуално рСО₂
- Актуални бикарбонати
- Стандартни бикарбонати
- Тотални буферни бази
- Нормални буферни бази
- Дефицит или излишък на буферни бази (ВЕ)

Отклонения в АКР

- Ацидоза:

- Респираторна – първичното нарушение е повишено $p\text{CO}_2$
- Метаболитна - първичното нарушение е понижени бикарбонати

- Алкалоза:

- Респираторна - първичното нарушение е понижено $p\text{CO}_2$
- Метаболитна - първичното нарушение е повишени бикарбонати

Корекция на нарушенията в АКР

- Формула
- ml разтвор (mol/l) = $0,3 \times \text{т.м.}(\text{kg}) \times \text{BE}$
- Ацидоза се коригира с 8,4% р-р на натриев бикарбонат
- Алкалоза се коригира с 5,3% р-р на амониев хлорид