

Fiziologia aparatului urinar

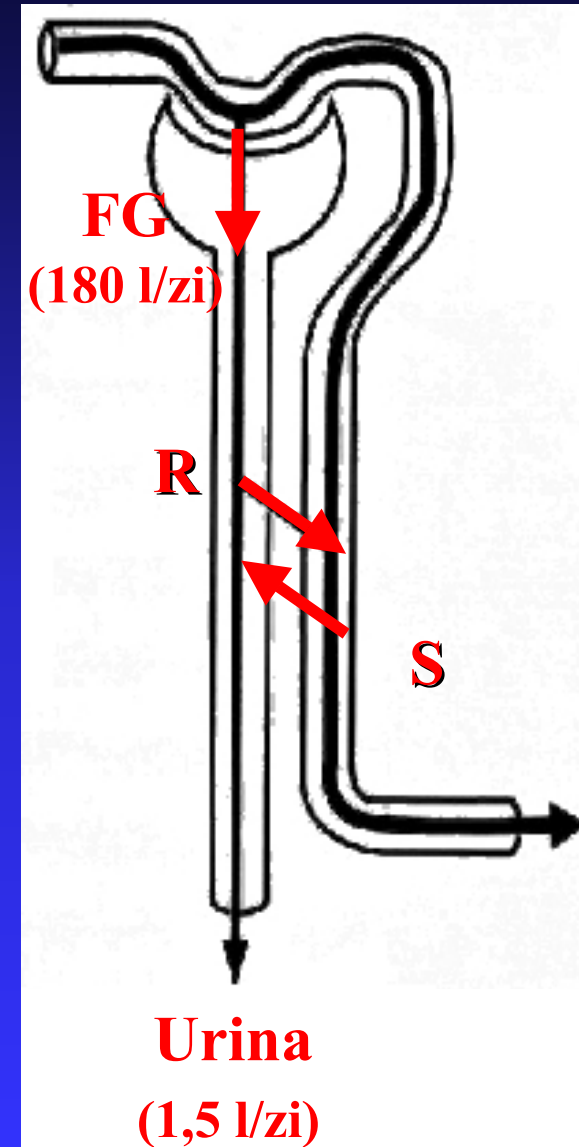
Cursul 2

Funcțiile tubulare

- 1. Mecanisme generale ale transportului tubular**
- 2. Fiziologia tubului proximal**
- 3. Fiziologia ansei Henle**
- 4. Mecanismul multiplicator contracurent**
- 5. Fiziologia tubului distal și colector**

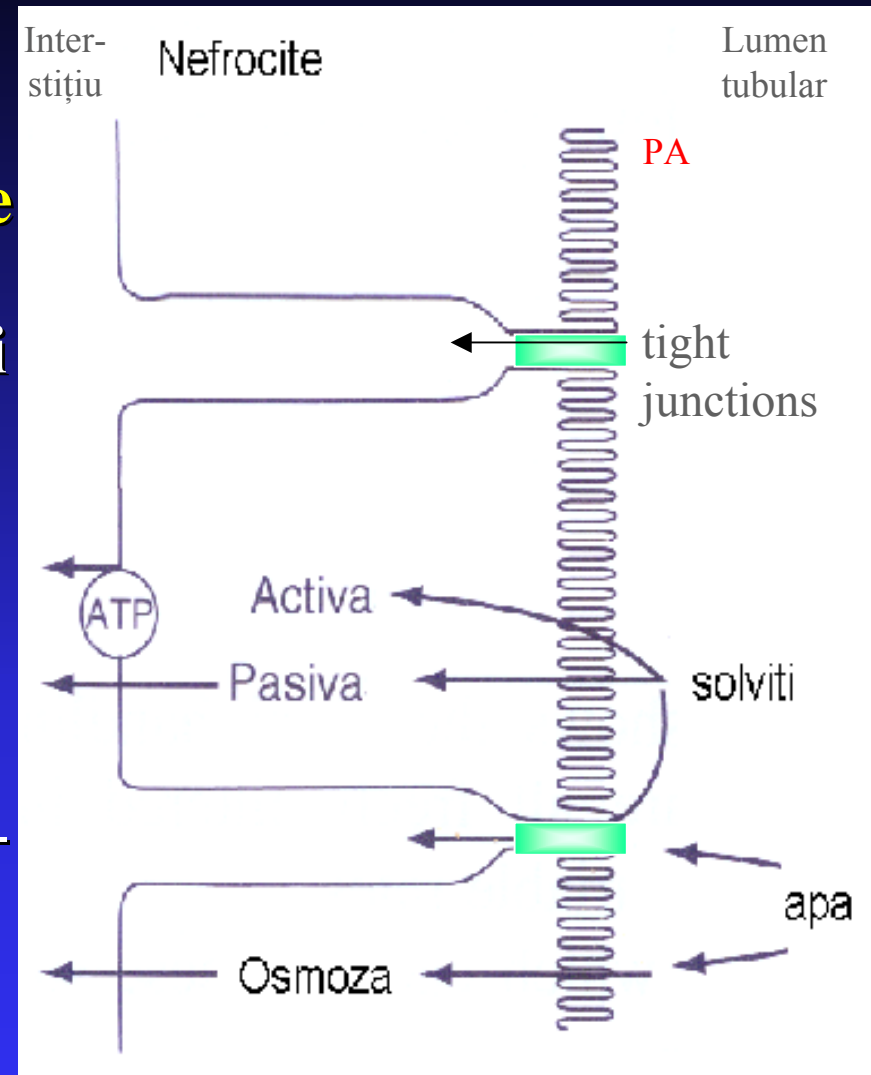
1. Mecanisme generale ale transportului tubular

- Tubul renal primește tot FG (180 l/zi, $\text{osm} = 300 \text{ mOsm/l}$) → suferă procese de Reabsorbție și Secreție ⇒ **urina finală** (1,5 l/zi, $\text{osm} = 800\text{-}1200 \text{ mOsm/l}$)
- **Excreția urinară** = $\text{FG} - \text{R} + \text{S}$
- Procesele tubulare cuprind:
 - ◆ **REABSORBȚIA (R)**
 - ◆ **SECREȚIA (S)**



■ Nefrocitele = cel. epiteliale tubulare care prezintă:

- ◆ la polul apical (**PA**): **marginie în perie** $\Rightarrow \uparrow 20 \times$ Suprafața absorbantă + canale ionice și carrieri;
- ◆ legături_{IC} – **tight junctions** (legături strânse) $\Rightarrow$ controlul trecerii substanțelor paracelular;
- ◆ la membrana bazo-laterală – **nr. $\uparrow$ pompe Na^+/K^+** $\Rightarrow \uparrow$ transport activ (TA).



a) REABSORBȚIA

- Asigură trecerea substanțelor din lumenul tubular → sânge
- Importanță ↑ pentru majoritatea substanțelor
- **Cantitate ↑**
- **Selectivitate ↑** (diferit de FG = neselectivă)



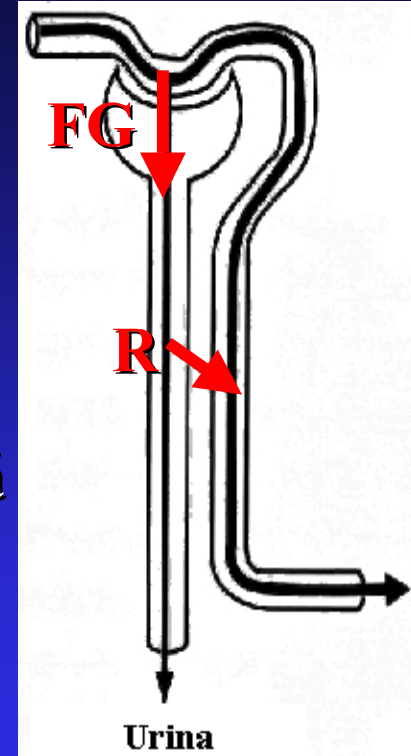
controlul excreției diferitelor substanțe în urină



controlul compoziției plasmei

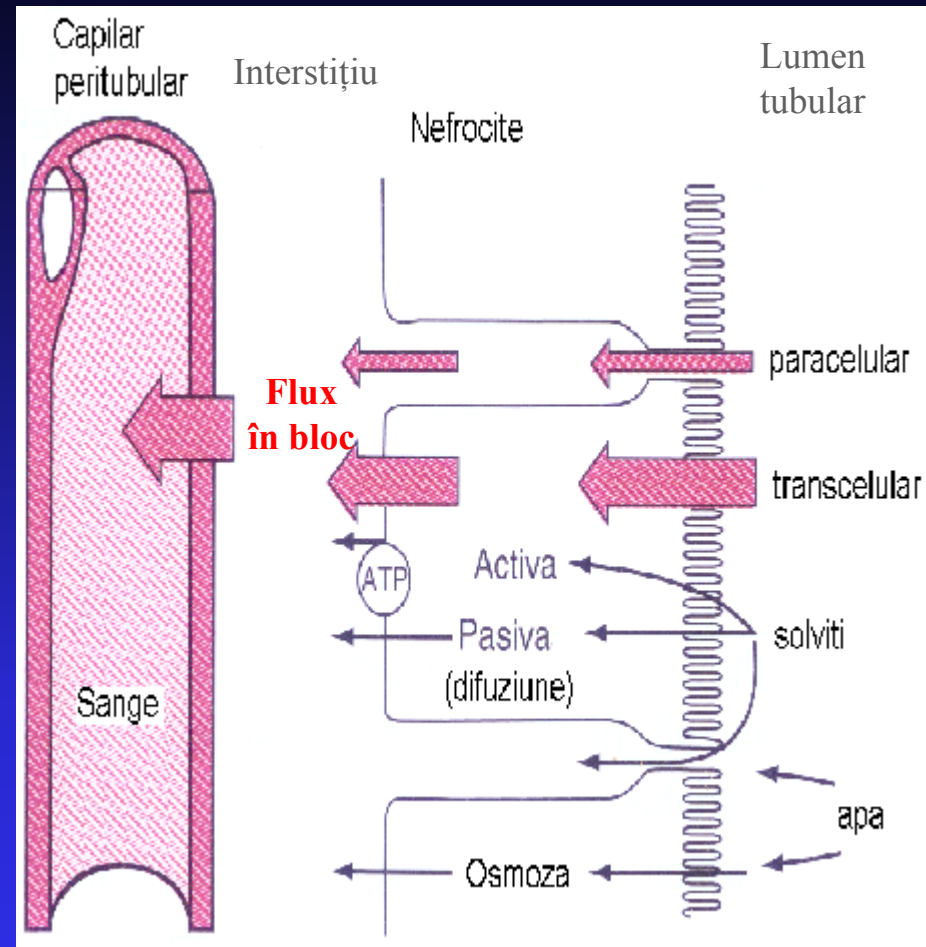
■ Exemple:

- ◆ Glucoza, AA: Reabs $\cong$ 100% $\Rightarrow$ Reținute în organism
- ◆ Na^+ , Cl^- , $\text{HCO}_3^- \Rightarrow$ Reabs ↑ dar variabilă, în funcție de necesitățile organismului
- ◆ Ureea, Creatinina $\Rightarrow$ Reabs ↓ $\Rightarrow$ Excreție ↑



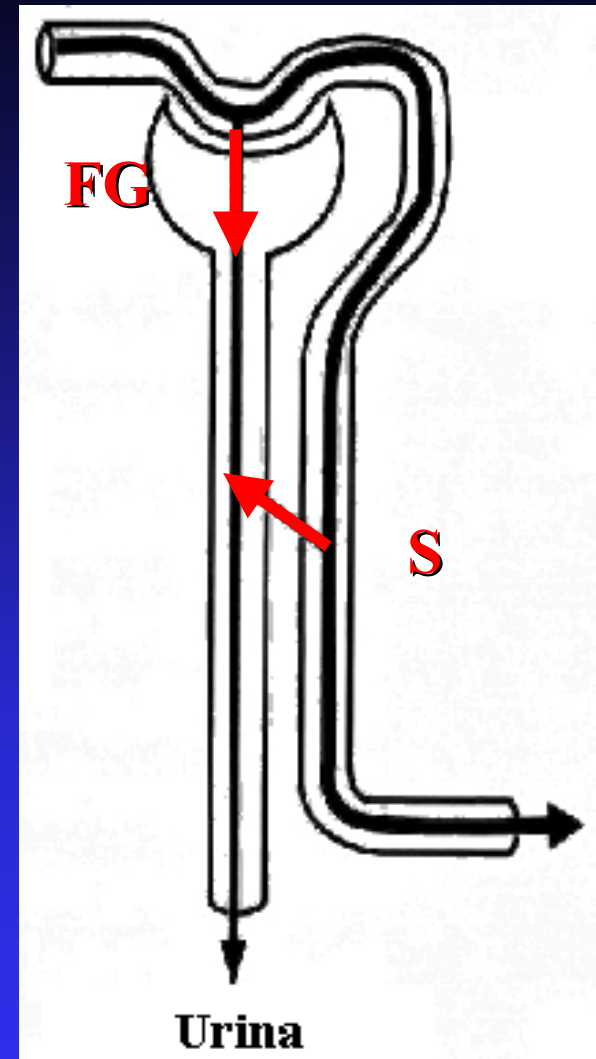
Etapele Reabsorbției tubulare:

- Trecerea apei + solviților din **lumenul tubular** → **interstițiul renal**, pe cale:
 - ◆ **Paracelulară** - printre nefrocite, la nivelul joncțiunilor strânse, permeabile pt. apă+ioni
 - ◆ **Transcelulară**
 - ◆ mecanisme: TA, TP, T_{max}
- Trecerea apei + solviților din **interstițiul renal** → **sânge**
 - ◆ mecanism: **“flux în bloc”** (bulk flow) = trecerea apei + micromoleculelor din interstițiul renal → sânge, pe baza gradientului hidrostatic (ΔP_h) și oncotic (ΔP_{onc}).



b) SECREȚIA

- Asigură trecerea substanțelor din sânge → lumenul tubular
- Importanță mai ↓, cu excepția:
 - ❖ unor ioni: K^+ , H^+ ,
 - ❖ unor produși de catabolism,
 - ❖ Sulfamide, penicilina,
 - ❖ PAH $\Rightarrow$ permite măsurarea FPR
- Căi: transcelular și paracelular
- Mecanisme: TP, TA, T_{max}.



c. Mecanisme de transport tubular

1. Transportul activ (TA)

■ Cu consum de energie, contra-gradient, necesită carrier

■ Tipuri: - TA primar
- TA secundar

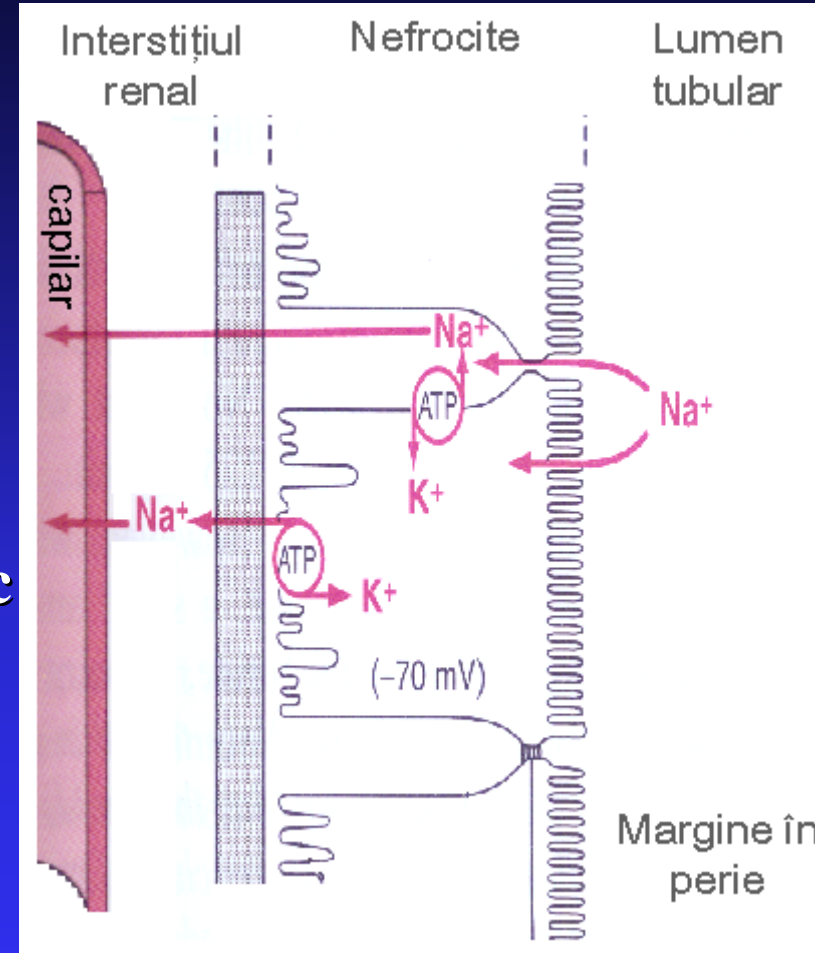
■ **TA primar** $\Rightarrow$ cuplat direct cu sursa de energie:

1. **ATP-aza Na^+/K^+** – localizată la membrana bazo-laterală, cu rol:

- ◆ antiporter $\Rightarrow \text{Na}^+$ trece exc și K^+ ic
- ◆ creează gradient electro-chimic;
 $\Rightarrow$ favorizează TP la polul apical;
- ◆ asigură TA secundar;
- ◆ stimulată de Aldosteron.

2. **ATP-aza Ca^{2+}** – localizată la PA,
 $\Rightarrow \text{Ca}^{2+}$ trece ic, controlată de PTH

3. **ATP-aza H^+ și H^+/K^+** – rol în EAB

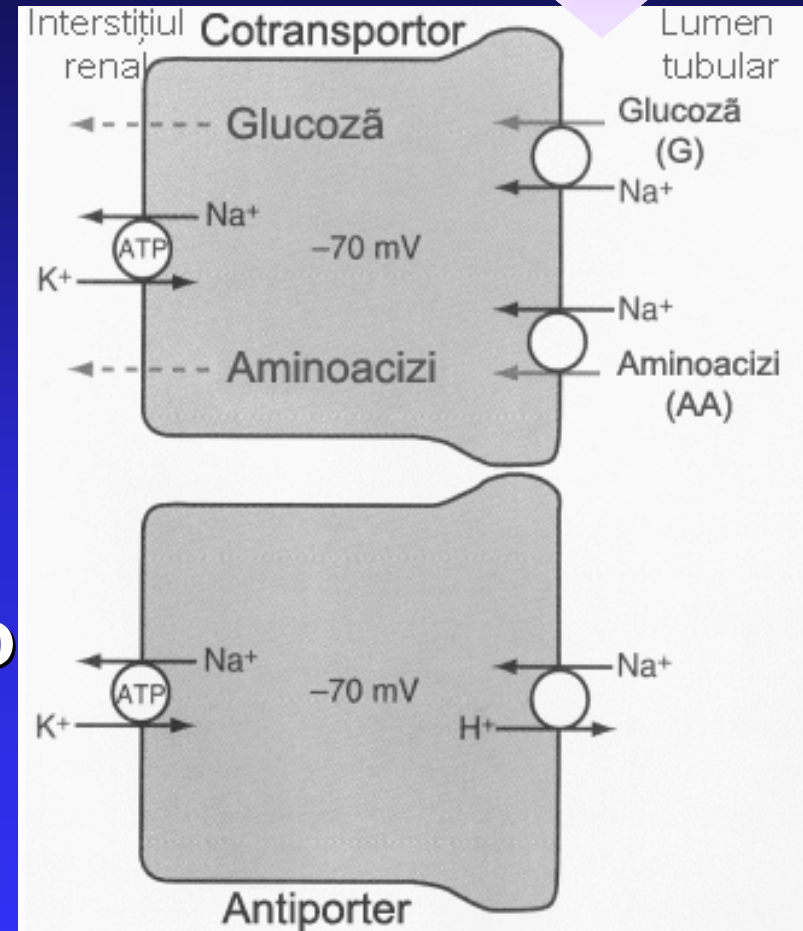


■ **TA secundar** $\Rightarrow$ carrier cuplat indirect cu sursa de energie $\Rightarrow$ folosește Δ electro-chimic creat de un TA I, pentru a transporta o altă substanță în același sens (cotransport) sau în sens contrar (antiport).

- Exemple de TA II:

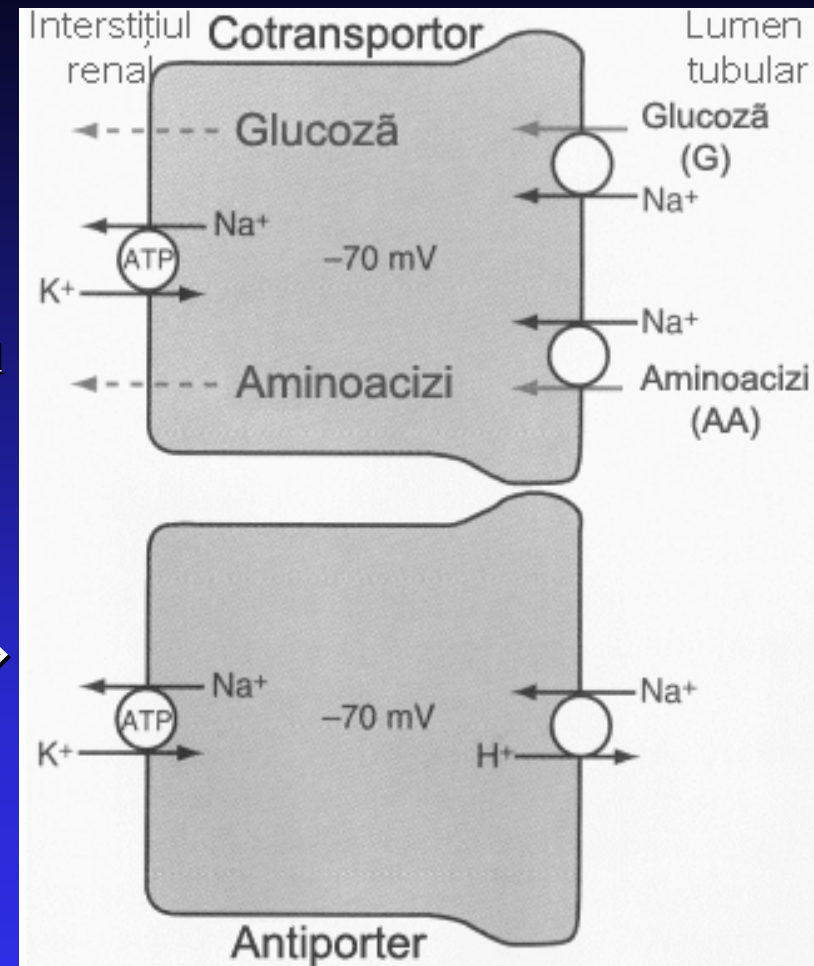
■ **Cotransportorii Na^+ /Glucoză și Na^+ /AA**

- localizare la polul apical,
- cuplate cu **ATP-aza Na^+/K^+** $\Rightarrow$ asigură reabsorbția de G și AA în tub proximal
- mecanism: trecerea activă a Na^+ la membrana bazo-lat. $\Rightarrow$ induce Δ electro-chimic la polul apical $\Rightarrow$ favorizează trecerea i.c. a Na^+ alături de G sau AA



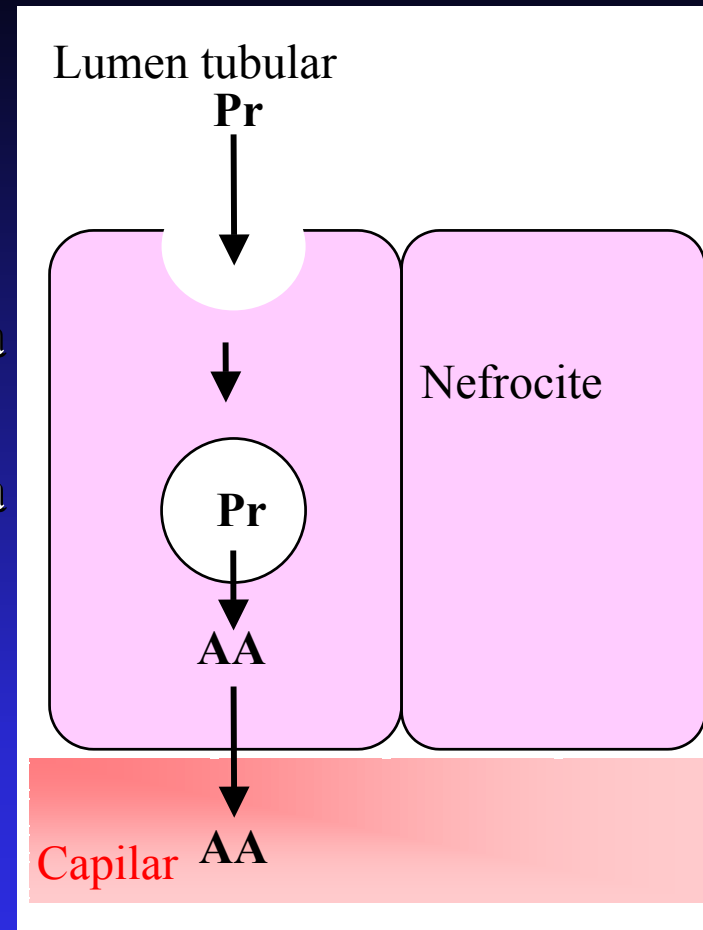
■ **Antiporter Na^+/H^+**

- localizare la polul apical,
- cuplat cu **ATP-aza Na^+/K^+**
 $\Rightarrow$ asigură secreția H^+ în paralel cu reabsorbția Na^+
- mecanism: trecerea activă a Na^+ la membrana bazo-lat. $\Rightarrow$ induce Δ electro-chimic la polul apical $\Rightarrow$ favorizează trecerea i.c. a Na^+ la schimb cu H^+ .



2. Pinocitoza

- Variantă de TA (necesită energie) pt reabsorbția macromoleculelor (Pr)
- Localizare: tub proximal (predilect)
- Mecanism: Pr se atașează de membrana celulară la polul apical $\Rightarrow$ invaginarea membranei $\Rightarrow$ veziculă cu Pr $\Rightarrow$ digestia i.c. a Pr $\Rightarrow$ AA $\Rightarrow$ reabsorbiți la polul bazal $\Rightarrow$ sânge



3. Transportul maximal (Tmax)

- Cantitatea maximă de substanță care poate fi TA pe unitatea de timp, limitată de saturația carrier-ului
- **Reabsorbție cu Tmax:** depășirea sa $\Rightarrow$ substanța rămâne în urină
 - Ex: Glucoza ($T_{max}=320\text{mg/min}$); Pr ($T_{max}=30\text{mg/min}$); AA ($T_{max}=1,5\text{ mM/min}$); Ca^{2+} ($T_{max}=0,125\text{ mM/min}$)
- **Secreție cu T max:** PAH, Penicilina, Sulfamide.

4. Transportul pasiv (TP) – include și Transportul Facilitat (TF)

- Fără consum de energie, pe baza gradientului (Δ)

- Factori determinanți:

- **Gradientul:**

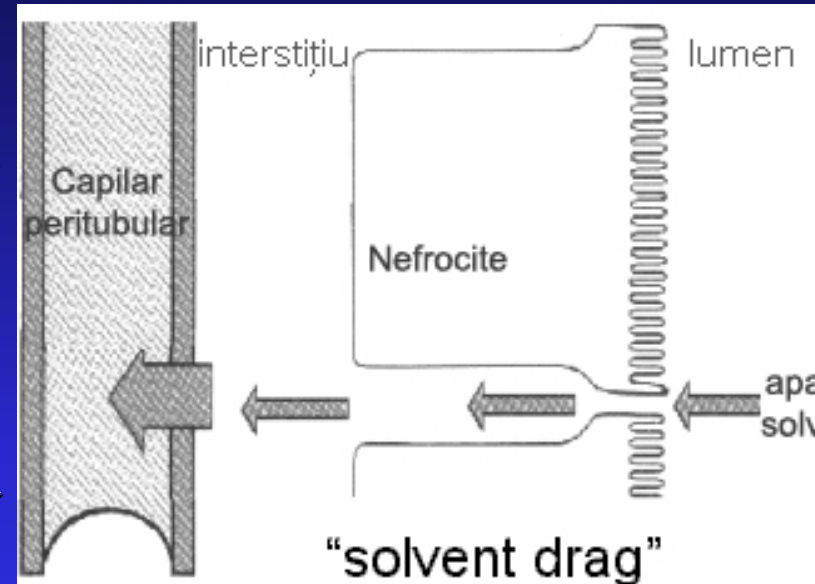
- ◆ Δ **electro-chimic** $\Rightarrow$ reabs. ionilor

- ◆ Δ **osmotic**: creat în urma TA al diferiților solviți $\Rightarrow$ asigură trecerea apei de la osm $\downarrow$ la osm $\uparrow$ $\Rightarrow$ reabs. apei

- ◆ **“solvent drag”** = trecerea pasivă a apei + solviților micromoleculari, neselectivă, paracelular, din urină în sânge, pe baza Δ osmotic și oncotic peritubular

- **Permeabilitatea peretelui tubular**

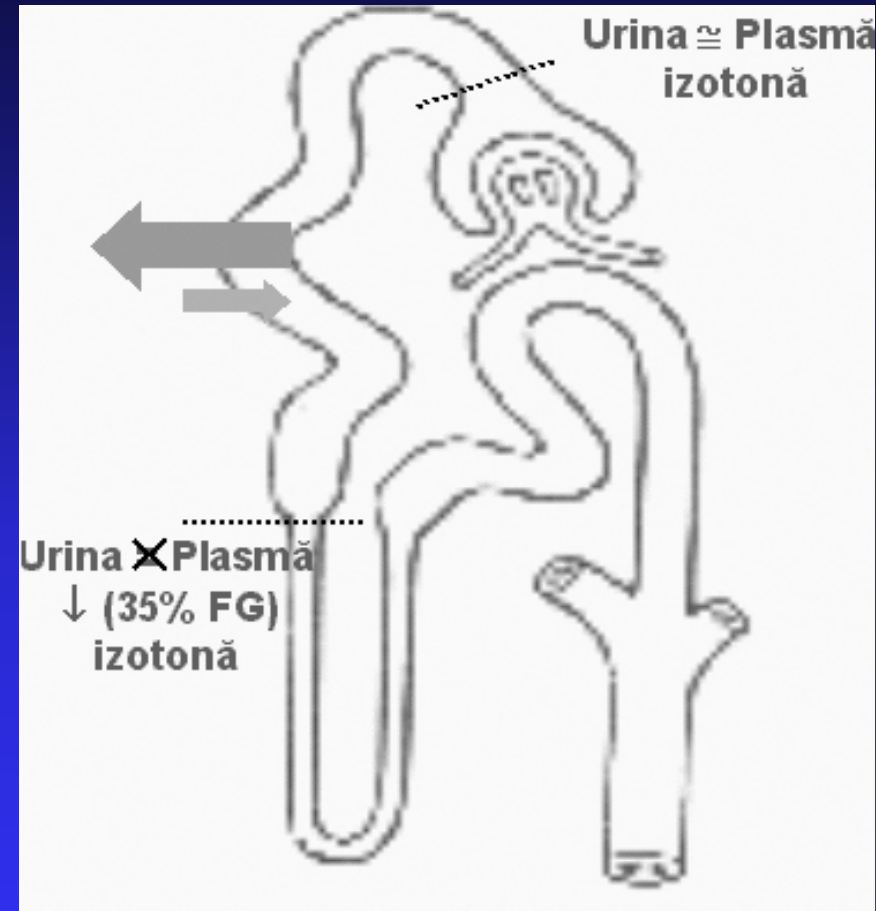
- **Timpul de pasaj** – dependent de debitul tubular urinar



$\Rightarrow$ Transport dependent de gradient și timp

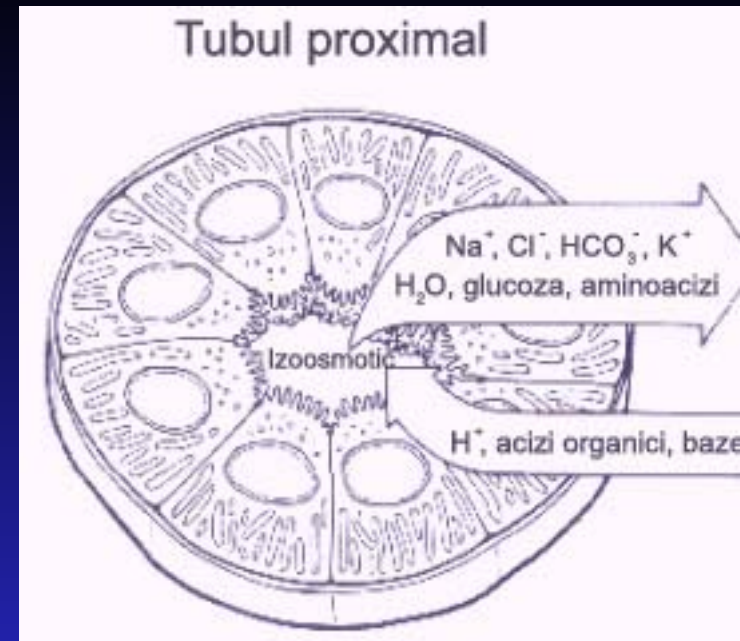
2. Fiziologia tubului contort proximal (TCP)

- Tubul proximal primește tot $FG = 125 \pm 15 \text{ ml/min}$ (180 l/zi) și realizează:
 - ◆ **↑ REABSORBȚIE** izoosmolară (65% FG) $\Rightarrow$ compoziția urinei care părăsește tubul proximal va fi diferită de cea a plasmei, în cantitate $\downarrow$ (35% FG)
 - ◆ **SECRETIE**
 - ◆ **AMONIOGENEZA**
- Structura - 3 segmente:
 - S_1 - S_2 = contorte ($\uparrow$ activitate)
 - S_3 = drept (cu activitate mai redusă).



■ Structura adaptată pt. reabsorbție:

- ◆ La PA: margine în perie $\Rightarrow \uparrow$ Supr
- ◆ La PB: $\uparrow$ invaginări + $\uparrow$ mitocondrii $\Rightarrow$ energie pt. TA
- ◆ La membrana bazo-laterală: $\uparrow$ ATP-aze $\text{Na}^+/\text{K}^+ \Rightarrow \uparrow$ TA



■ Per global reabsorbția este :

- ◆ $\uparrow$ pt apă, Na^+ , Cl^- , HCO_3^- , K^+ ($\cong 65\%$)
- ◆ $\uparrow \uparrow$ pt Glucoză + Pr. + AA ($\cong 100\%$), dar cu T_{max}!!!
- ◆ $\downarrow \downarrow$ Creatinină și alți cataboliți
- ◆ reabsorbția = IZOTONĂ $\Rightarrow$ **urina care trece în AH este izotonă, redusă la $\cong 35\%$ din FG, cu $[\text{Na}] \cong \text{const}$; $[\text{G}]$, $[\text{AA}]$, $[\text{Pr}]$, $[\text{HCO}_3] = \downarrow \downarrow$ și $[\text{Creatinină}] = \uparrow \uparrow$**

■ Per global secreția este pt.: Acizi organici, baze, H^+ :

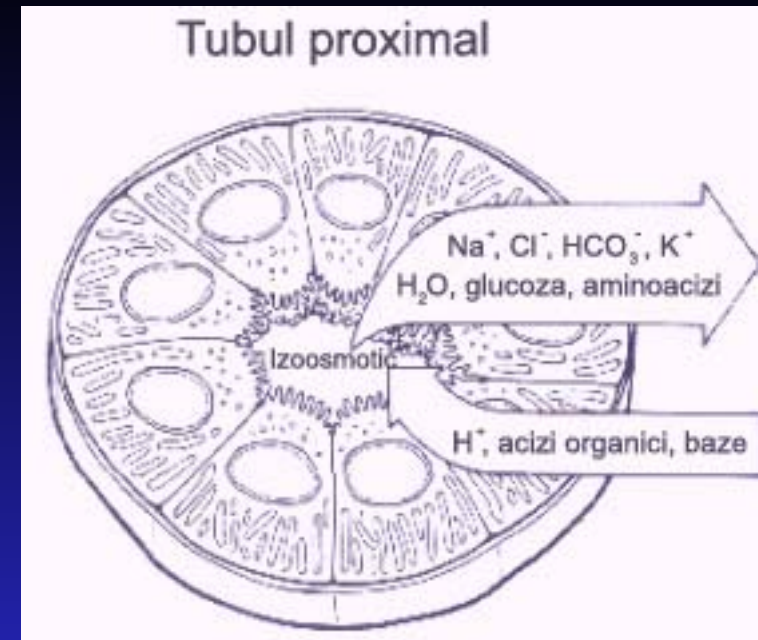
■ Amoniogeneza are loc prin dezaminarea AA (Glutamina)⇒

◆ ioni HCO_3^- - se reabsorb

◆ NH_4^+ / NH_3 - trec în urină:

◆ NH_3 - trece pasiv

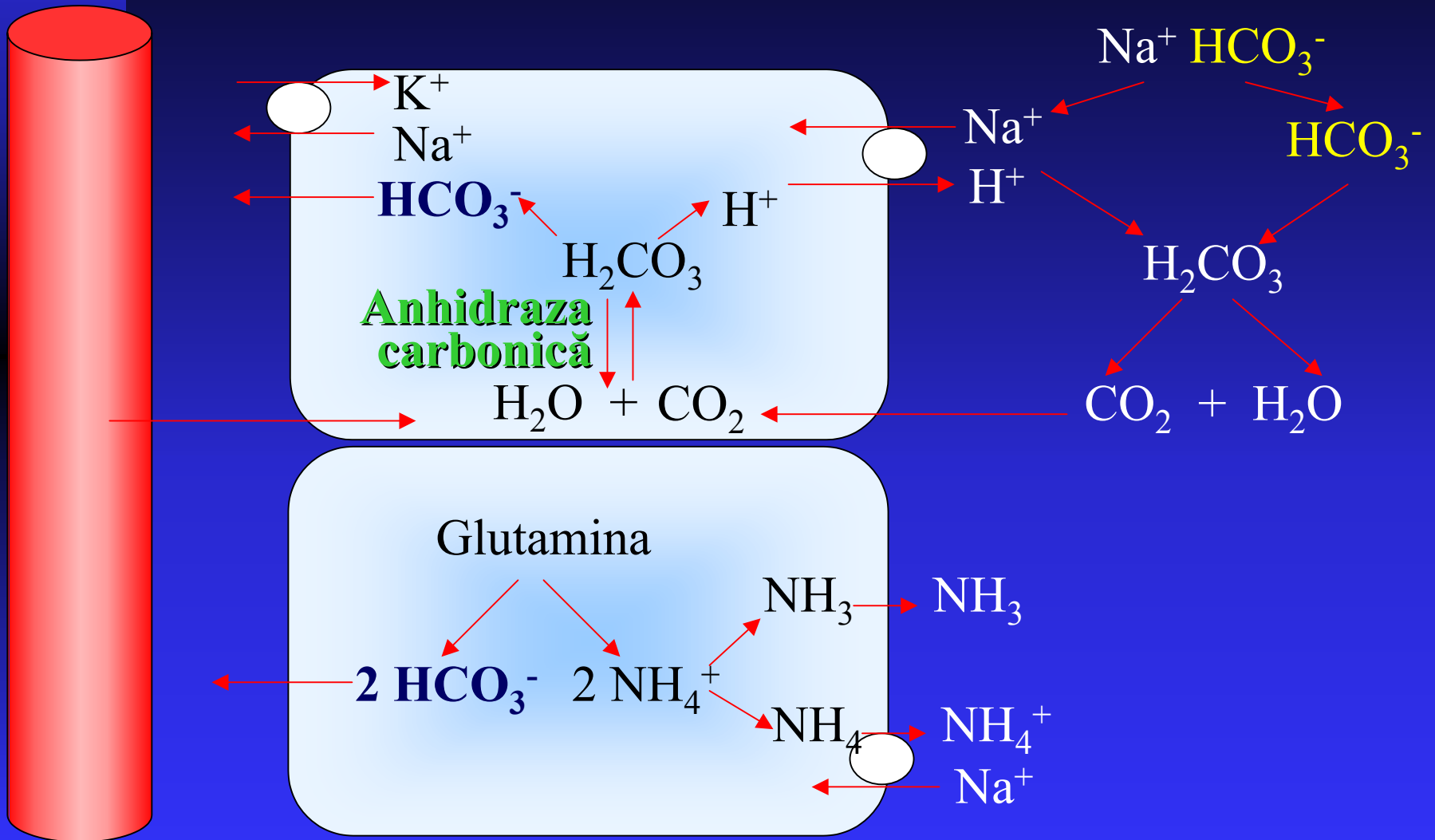
◆ NH_4^+ - trece prin antiporterul Na^+ / NH_4^+



Mecanisme în tubul contort proximal

Sânge

Urină



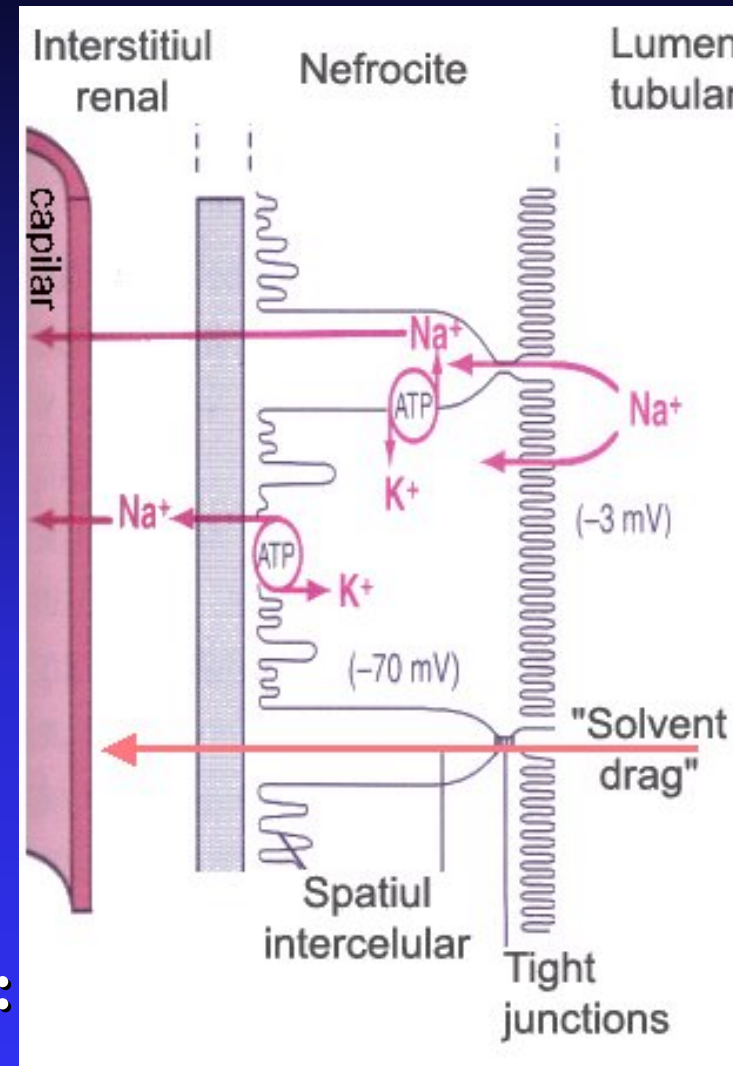
■ Mecanismele reabsorbției în tubul proximal:

- ◆ Transport pasiv (TP) și facilitat (TF)
- ◆ **“solvent drag”** = trecerea pasivă a apei + solviților micromoleculari, neselectivă, paracelular, din urină în sânge, pe baza Δ osmotic și Δ oncotic peritubular



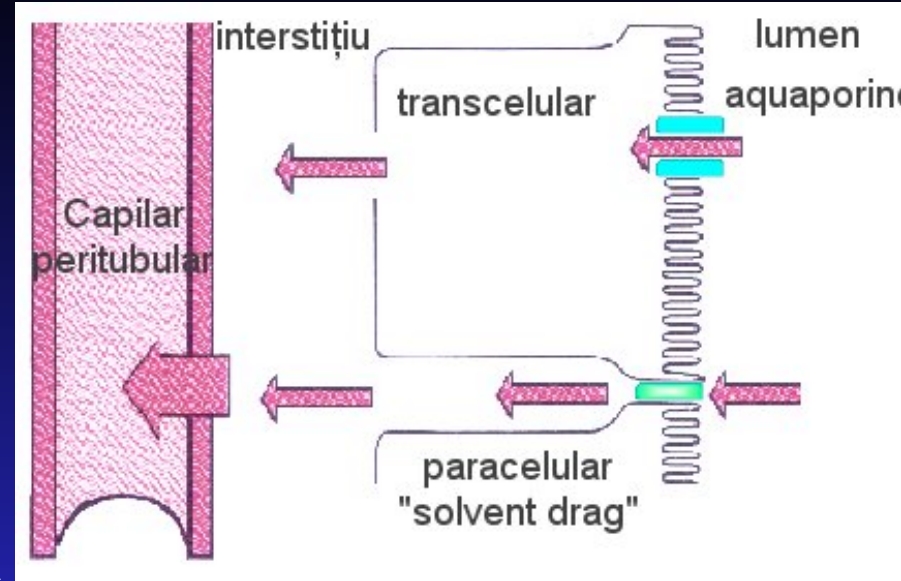
mecanismul prin care se reabsoarbe cea mai mare parte a urinei primare

- ◆ TA → la membrana bazo-laterală:
Nr. $\uparrow$ ATP-aze $\text{Na}^+/\text{K}^+ \Rightarrow \uparrow$ TA



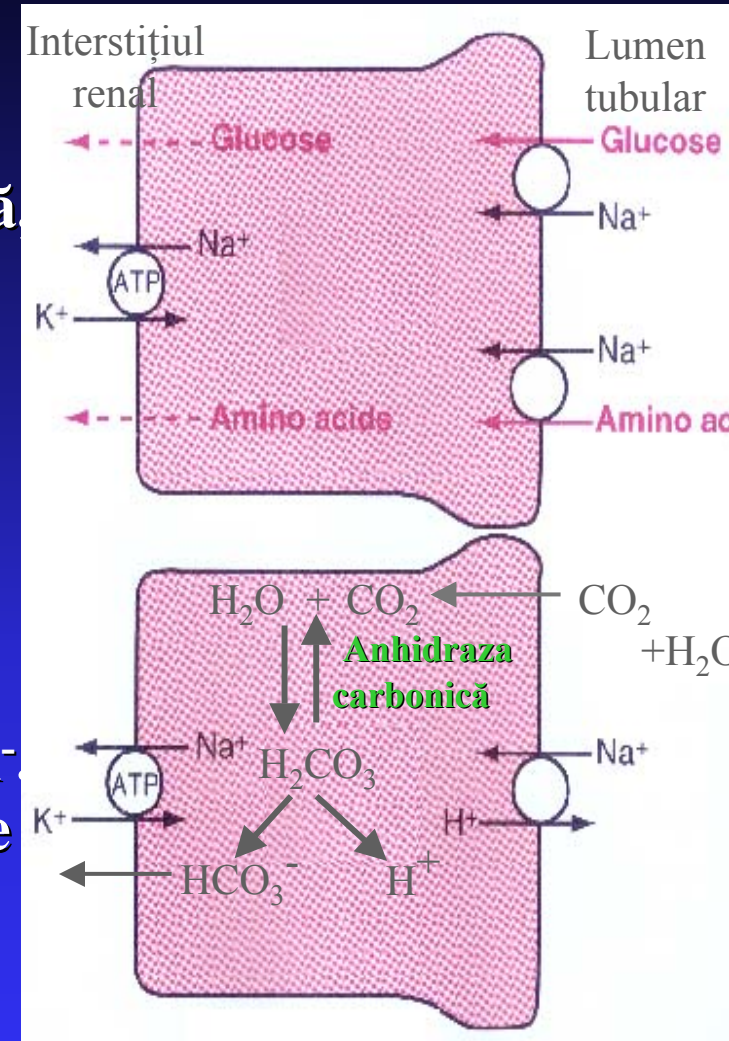
1) Reabsorbția apei în TCP:

- ◆ Este reabsorbția obligatorie de apă (65% FG)
- ◆ Se face pasiv, pe baza Δ osmotic peritubular, creat pe baza reabsorbției active a solviților
- ◆ Pe cale:
 - ◆ transcelulară $\rightarrow$ aquaporine (canale de apă)
 - ◆ paracelulară ("solvent drag") $\rightarrow$ tight junctions sunt permeabile pt. apă + ioni $\Rightarrow$ trecere masivă din lumenul tubular $\rightarrow$ interstițiu $\rightarrow$ capilar.



2) Reabsorbția Na^+ în tubul proximal $\cong 65\%$, prin:

- “solvent drag” (TP paracelular)
- cuplat cu reabsorbția/secreția altora:
 - ◆ **La polul apical:**
 - 1. cotransport Na^+** cuplat cu: Glucoză, AA, Fosfat, Lactat
 - 2. antiport Na^+/H^+ :** sursa de H^+ = nefrocitul $\rightarrow$ în prezența anhidrazei carbonice are loc reacția reversibilă:
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
 $\Rightarrow \text{HCO}_3^-$ se reabsoarbe
 $\Rightarrow \text{H}^+$ se secretă la schimb cu Na^+
 - 3. în $\frac{1}{2}$ terminală:** Na^+ se reabs. cu Cl^-
 $\Rightarrow$ Per global, proporția: la 10 Na^+ se reabsorb 2 HCO_3^- și 8 Cl^-
 - ◆ **La polul bazal,** Na^+ se reabs. prin TP sau TA (rol: ATP-aza Na^+/K^+).



3) Reabsorbția K^+ $\cong$ 65%, prin TP.

4) Reabsorbția Ca^{2+} $\cong$ 65-70%,

- prin TP + TA
- există la polul apical ATP-aza Ca^{2+} , controlată de PTH
- TA este limitat de $T_{max} = 0,125 \text{ mM/min.}$

5) Reabsorbția Mg^{2+} $\cong$ 30%, prin TP.

6) Reabsorbția HCO_3^- $\cong$ 90% - prin TP, urmând reabsorbția activă Na^+ în prima $\frac{1}{2}$ a tubului proximal
- se reabsoarbe atât HCO_3^- filtrat cât și cel produs în nefrocit.

7) Reabsorbția Cl^- $\cong$ 65% - prin TP, urmând reabsorbția activă a Na^+ , în a doua $\frac{1}{2}$ a tubului proximal.

8) Reabsorbția fosfatului $\cong$ 65%, prin TP +TA secundar (cuplat cu reabsorbția de Na^+).

9) Reabsorbția Glucozei $\cong 100\%$, la Glicemie $< 180 \text{ mg\%}$, prin:

- TP (solvent drag)
- TA secundar = cotransport $\text{Na}^+/\text{Glucoză}$ – la pol apical
- TF (transport facilitat)

- are $T_{\text{max}} = 320 \text{ mg/min}$ (după alții 375 mg/min)

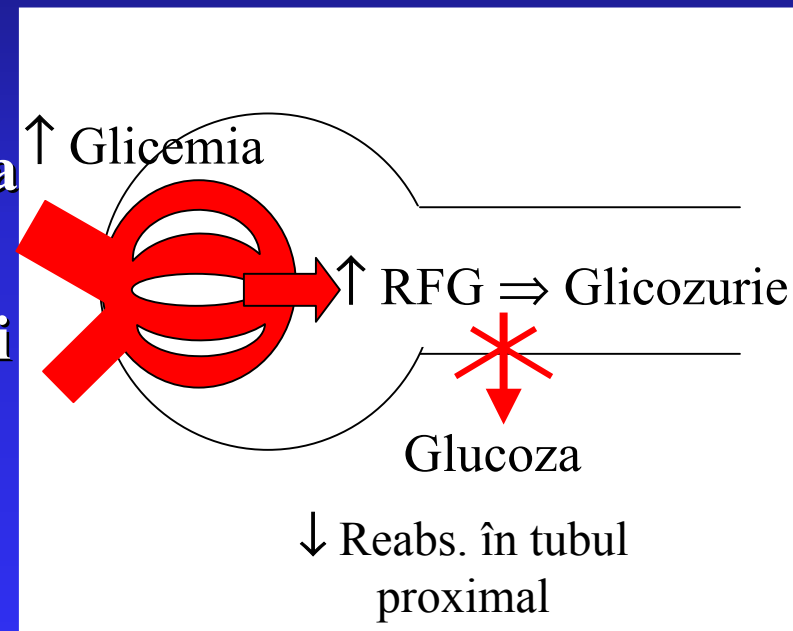
- depășirea $T_{\text{max}} \Rightarrow$ apariția glucozei în urină $\Rightarrow$ **glicozurie**

- **cauzele glicozuriei:**

1. **Glicemia $> 170 - 180 \text{ mg\%}$** (diabet zaharat) $\Rightarrow$ încărcarea cu glucoză a tubului depășește T_{max}

2. **$\uparrow \uparrow \text{RFG}$** , în condițiile unei glicemii normale

3. **$\downarrow$ Reabs. tubulare** $\Rightarrow$ TA tubular este inhibat (ex. intoxicație cu fluorizină) $\Rightarrow$ “diabetul renal”



10) Reabsorbția Pr $\cong 100\%$:

■ Sursa de Pr. urinare:

- ◆ din sânge (prin FG) $\Rightarrow$ trec Albuminele plasmatice
- ◆ din distrugerea nefrocitelor

■ Mecanism: pinocitoza $\Rightarrow$ Pr. ajung intracelular $\Rightarrow$ digestie $\Rightarrow$ AA care fie sunt utilizați, fie sunt reabsorbiți în sânge

■ TA al Pr. este limitat de $T_{\max} = 30 \text{ mg/min}$

■ Patologic: dacă încărcarea Pr. tubulară depășește $T_{\max} \Rightarrow$ **Albuminurie (când eliminarea Pr $> 150 \text{ mg/zi}$), în:**

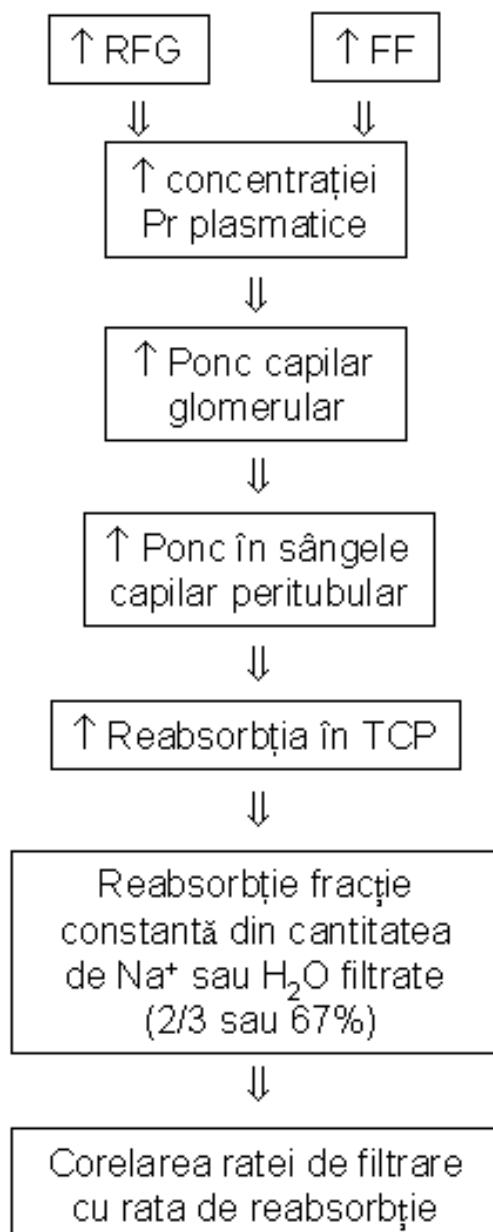
- ◆ **afectarea membranei filtrante**, prin pierderea electronegativității (sindrom nefrotic) $\Rightarrow \uparrow$ filtrarea Pr. plasmatice (albumine) $\Rightarrow$ depășește $T_{\max}$
- ◆ **afecțiunile tubulare** (pielonefrite) - nu toate Pr. din urină sunt din plasmă, o parte sunt din căile urinare

11) Reabsorbția AA $\cong 99\%$, prin TA cuplat cu reabs. Na^+

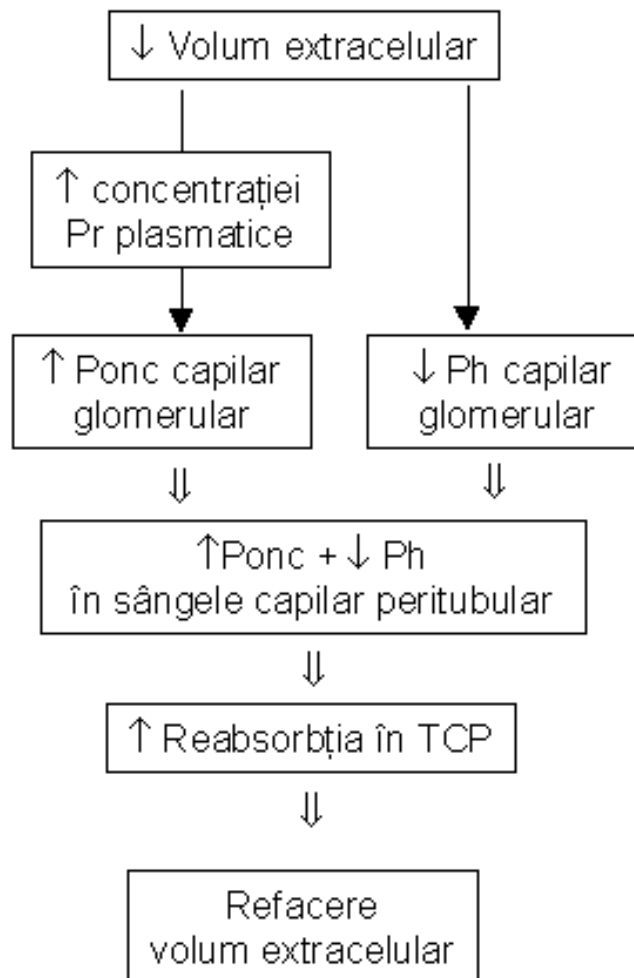
- prezintă $T_{\max} = 1,5 \text{ mM/min}$ $\Rightarrow$ depășirea $\Rightarrow$ apariția AA în urină (în general în boli genetice).

Reglarea funcțiilor TCP

Echilibrul glomerulo-tubular



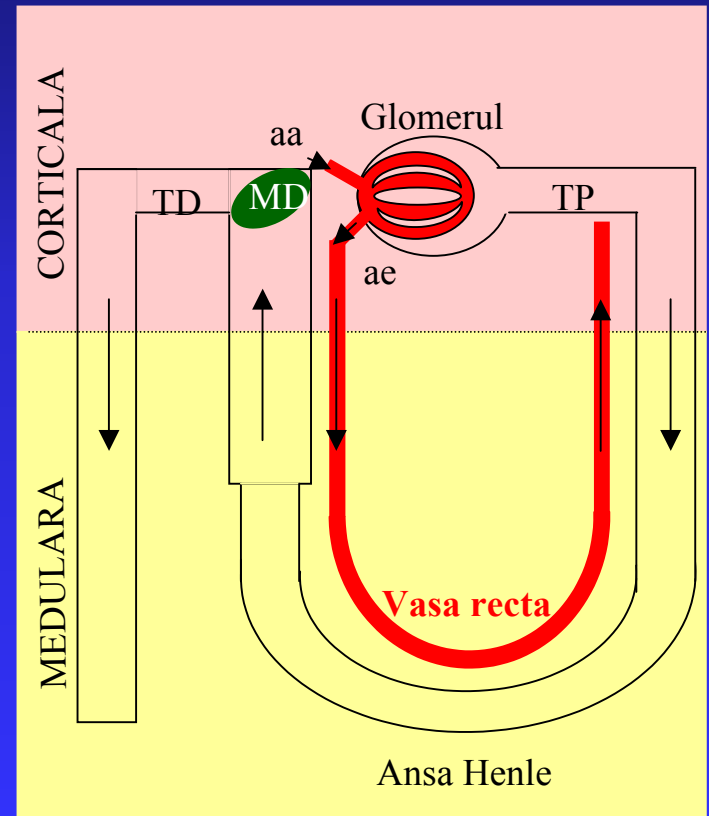
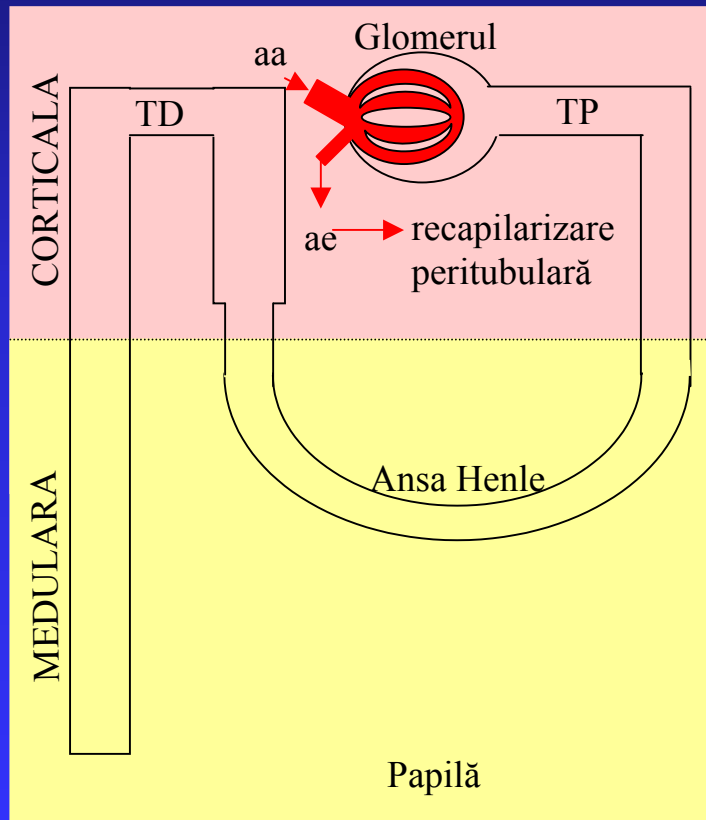
Volumul extracelular



3. Fiziologia ansei Henle

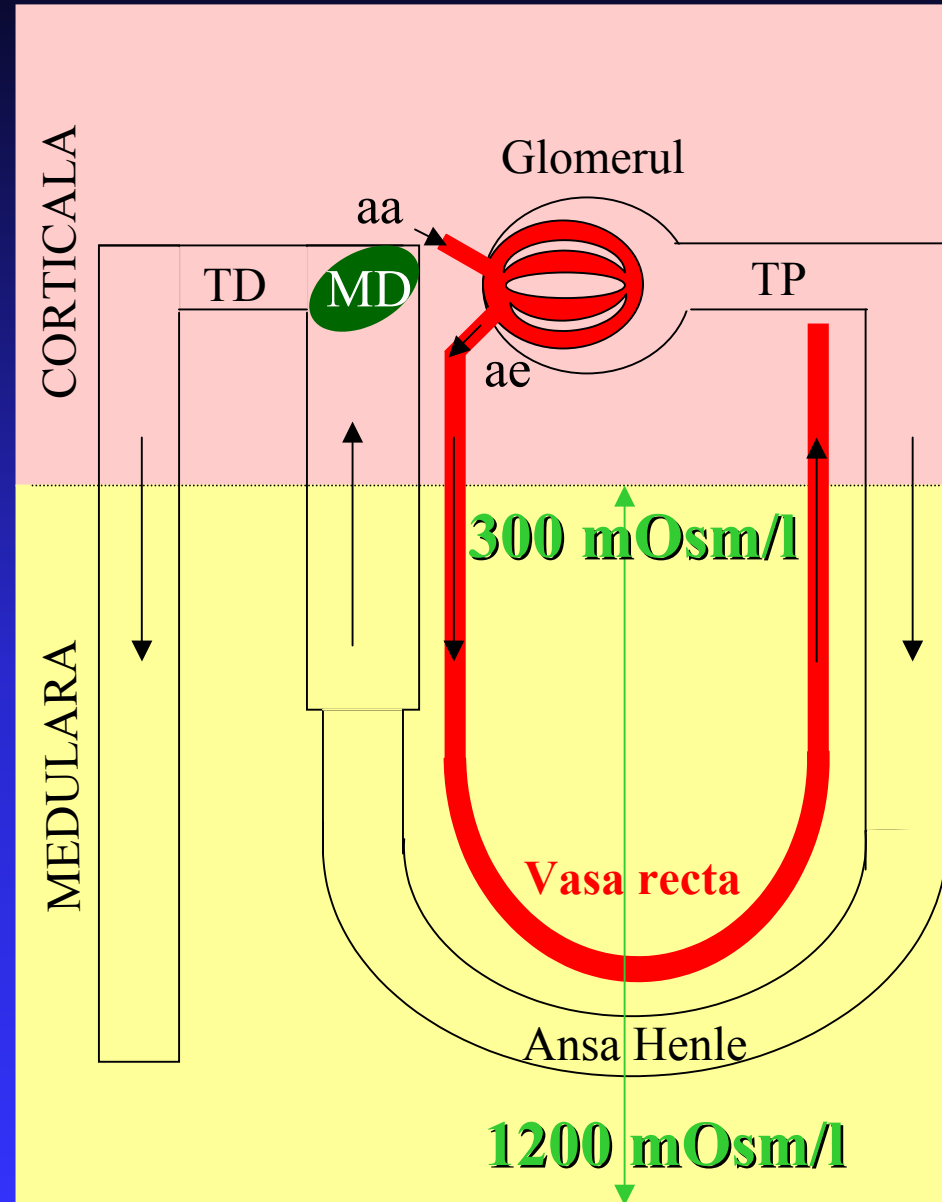
- Există 2 populații de nefroni:

- ◆ cu AH scurtă (80%) → rol: **↑ FG + ↑ reabsorbție**
- ◆ cu AH lungă (20%) → rol: în mecanismul multiplicator contracurent ⇒ **concentrarea și diluția urinei** (vezi curs 1).



■ Mecanismul multiplicator contracurent cuprinde:

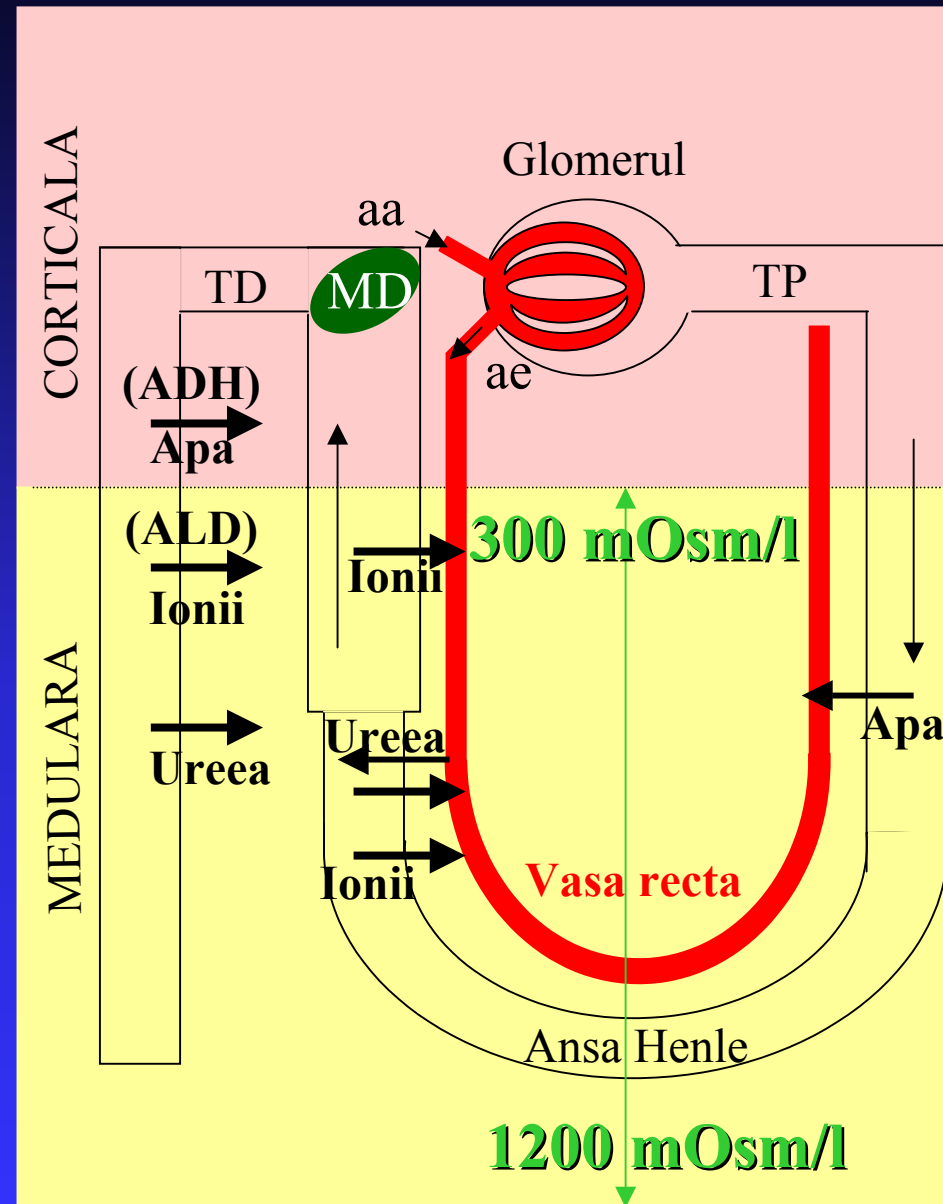
- fluxul în paralel dar în sens contrar al urinei și sângelui, realizat între AH + vasa recta + TC
- în plus există un Δ de concentrație cortico-papilar: juxtacortical: 300 mOsm/l $\rightarrow$ spre papilă: 1200 mOsm/l
- rol: **concentrarea + diluția urinei.**



■ Rolul AH în mecanismul multiplicator contracurent :

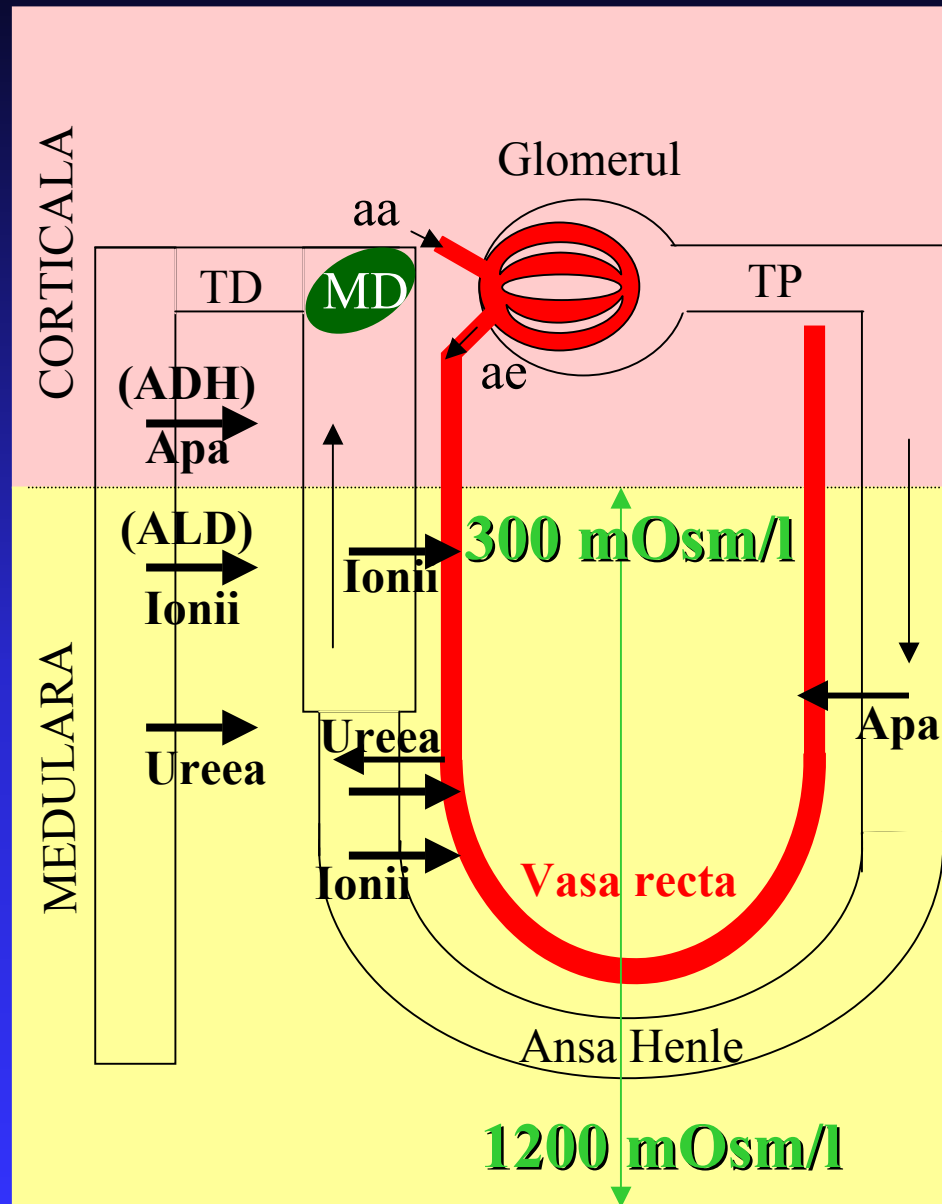
1. Segmentul subțire descendent (SSD):

- ❖ $\uparrow\uparrow$ permeabil pt. apă și $\downarrow\downarrow$ permeabil pt. Na^+ și uree
- ❖ $\Rightarrow$ permite reabs. apei, pe măsură ce urina coboară în profunzimea medularei, pt. a egaliza osmolaritatea urinei cu cea a interstițiului $\Rightarrow$ osmolaritatea urinei $\uparrow\uparrow\uparrow$ progresiv spre genunchiul AH (1200 mOsm/l)
- ❖ Este **SEGMENTUL DE CONCENTRARE A URINEI**
- ❖ Se realizează o reabs. a apei de $\cong 15-20\%$ FG



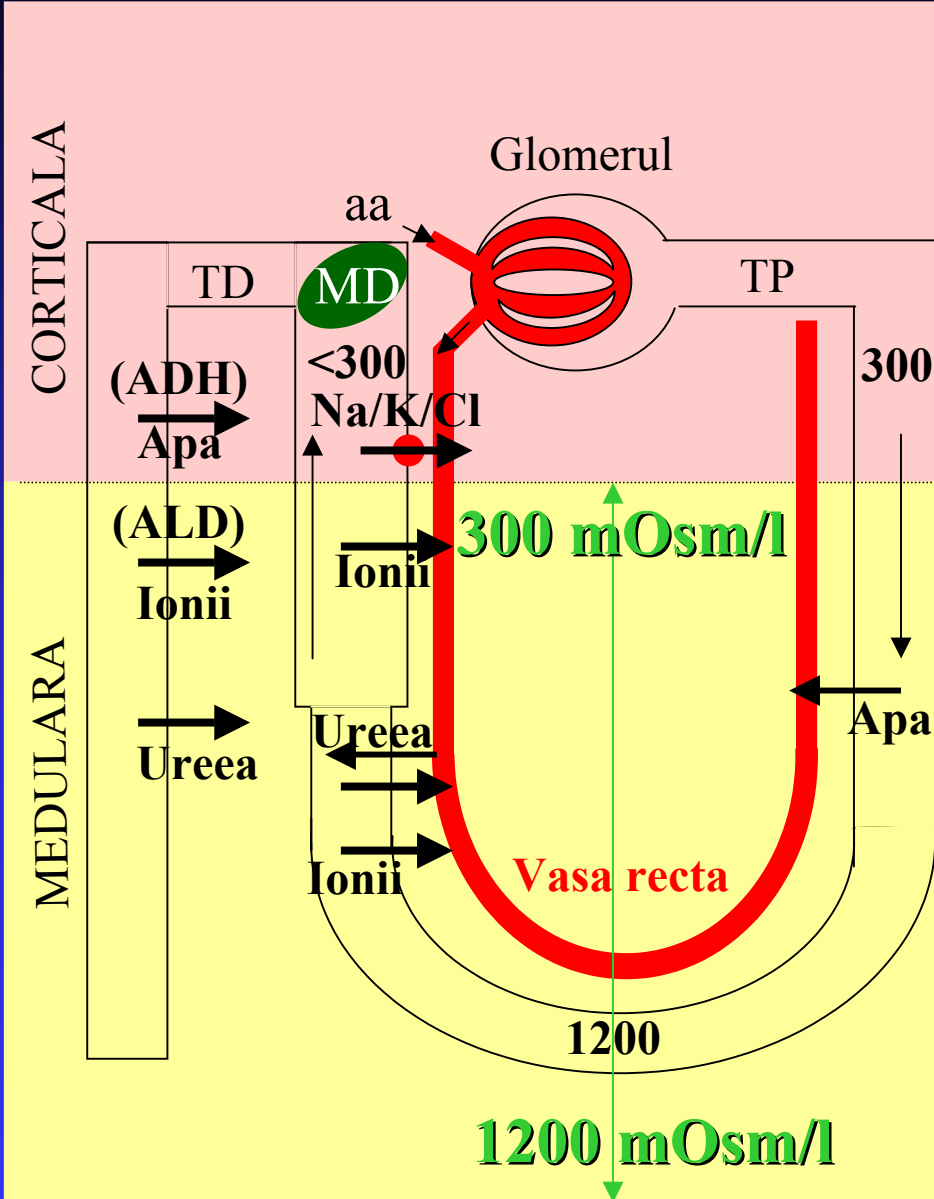
2. Segmentul subțire ascendent (SSA):

- ◆ impermeabil pt. apă și permeabil pt. Na^+ și uree
- ◆ $\Rightarrow$ permite reabs. solviților (ex: Na^+ și uree), pe măsură ce urina urcă din profunzimea medularei, pt. a egaliza osmolaritatea urinei cu cea a interstițiului $\Rightarrow$ osmolaritatea urinei $\downarrow$ progresiv
- ◆ Este parte a **SEGMENTULUI DE DILUARE A URINEI**, mai puțin important ca segmentul gros ascendent.



3. Segmentul gros ascendent (SGA):

- ◆ impermeabil pt. apă și uree și permeabil pt. ioni
- ◆ $\Rightarrow$ permite reabs. ionilor (în special Na^+), pe măsură ce urina urcă din profunzime spre corticală, pt. a egaliza osmolaritatea urinei cu cea a interstițiului $\Rightarrow$ osmolaritatea urinei $\downarrow \downarrow \downarrow$ progresiv
- ◆ Datorită $\uparrow$ mec. active de reabs. $\Rightarrow$ osmolaritatea urinei $\downarrow \downarrow \downarrow$ ($< 300 \text{ mOsm/l}$)
- ◆ Se realizează o **reabs. a ionilor de $\cong 20\text{-}25\%$ FG**
- ◆ Este partea cea mai importantă din **SEGMENTUL DE DILUARE A URINEI**



Mecanismele reabsorbției din segmentul gros ascendent:

1. Transport transcelular:

◆ La polul apical - două procese:

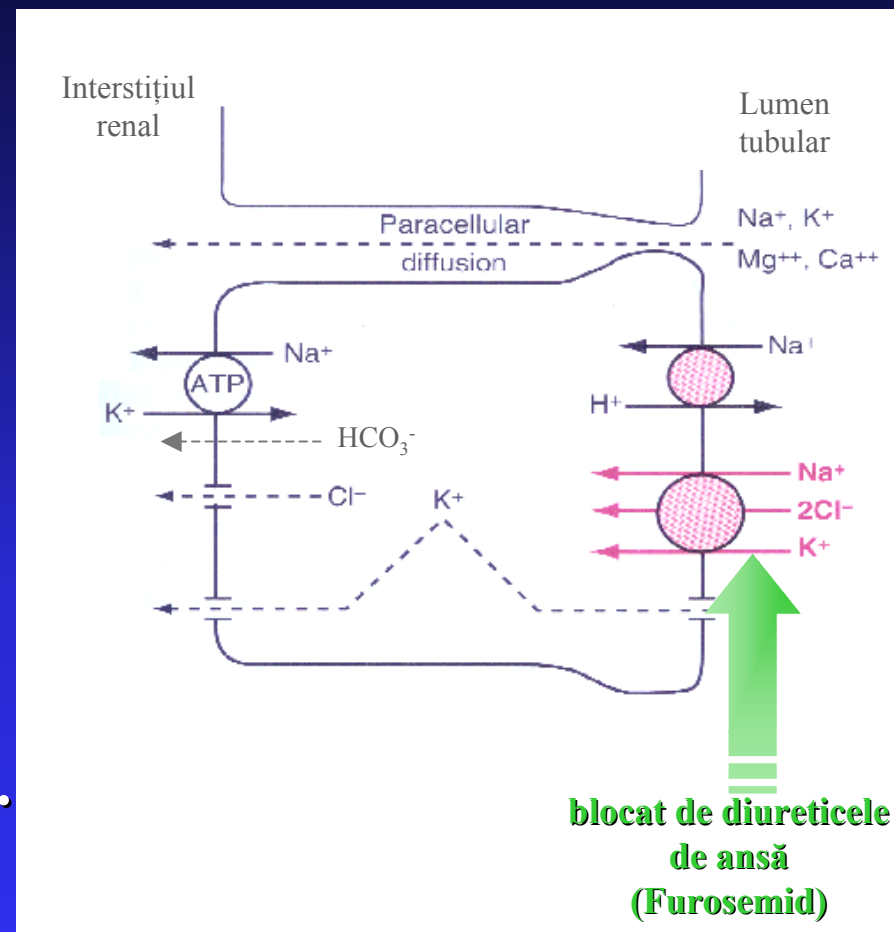
- **cotransportorul $\text{Na}^+/\text{2K}^+/\text{Cl}^-$** $\Rightarrow$ asigură reabs. activă a ionilor pe baza gradientului creat de ATP-aza Na/K; poate fi blocat de diureticele de ansă

- **antiporterul Na^+/H^+** $\Rightarrow$ asigură reabs. activă a Na^+ la schimb cu H^+ , care se secretă în lumenul tubului

◆ La polul bazal:

- **ATP-aza Na/K** $\Rightarrow$ asigură reabs. activă a Na^+ la schimb cu K^+

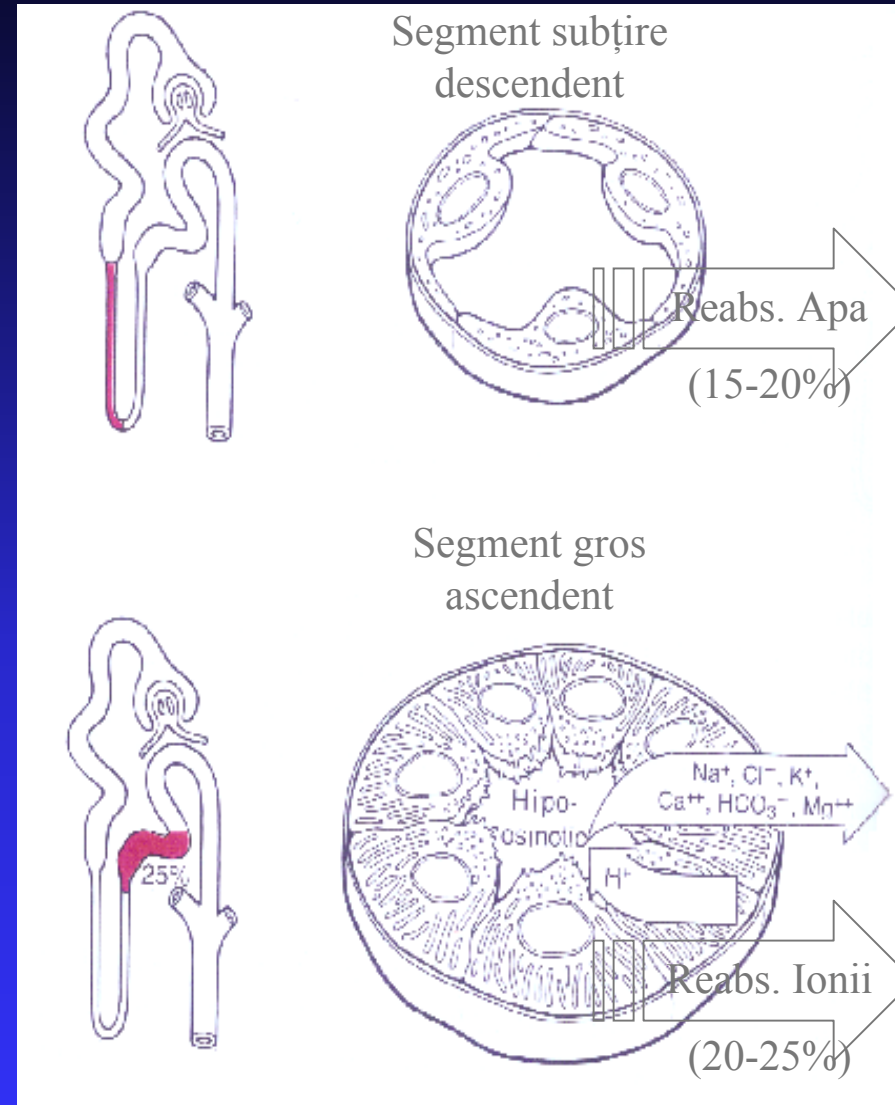
- Cl^- și HCO_3^- se reabs. pasiv



2. Transport paracelular (pasiv) pt.: Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+

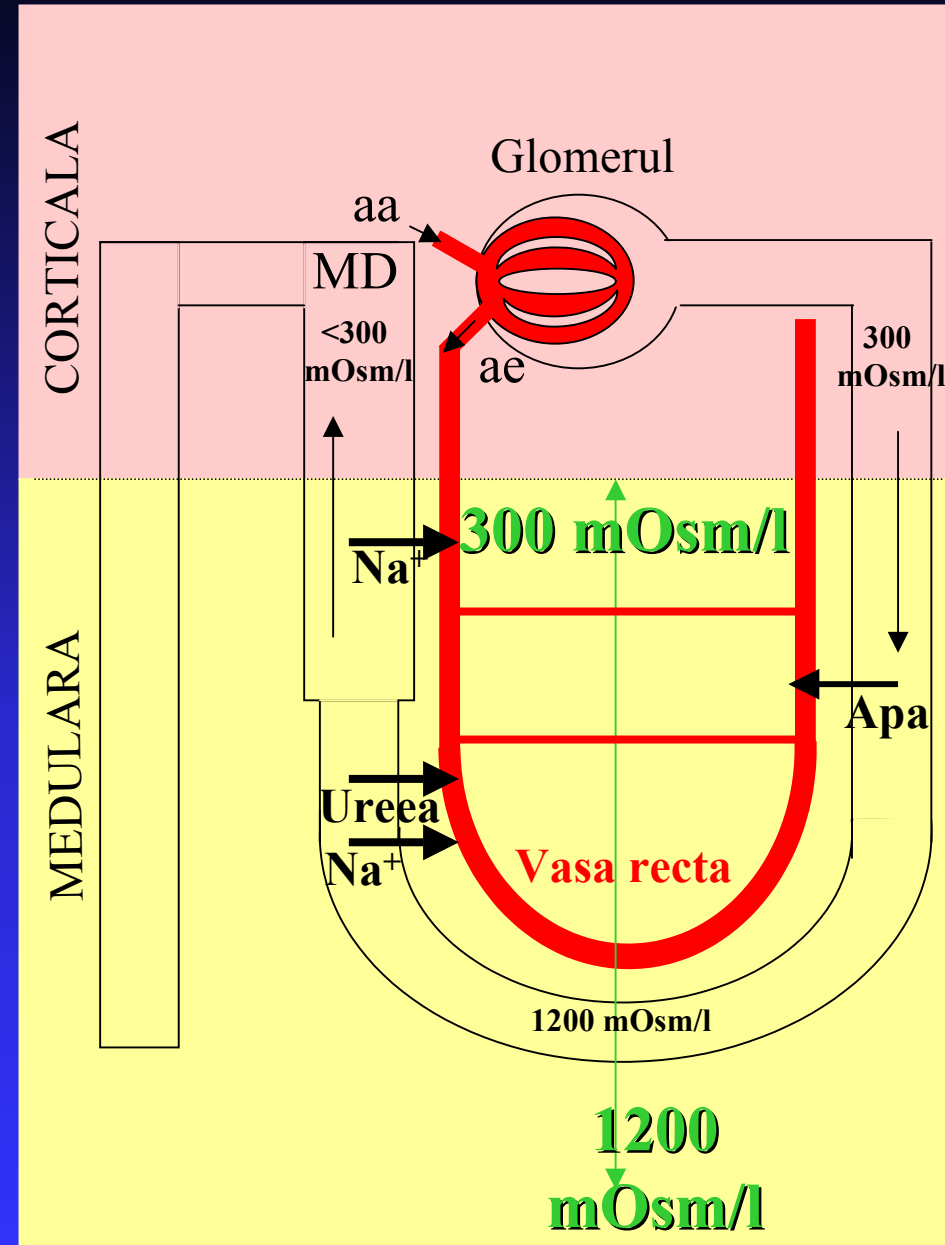
În concluzie, la nivelul ansei Henle:

- 1) Intră **30-35% din FG izoton**
- 2) Are loc **disocierea reabsorbției de apă de cea a electrolitilor**
- 3) Rol în diluția + concentrarea urinei
- 4) Se reabs. $\cong \frac{1}{2}$ **din FG ajuns și 20-25% din ioni**
- 5) Din ansa Henle iese $\cong 15\%$ **FG, urină hipotonă ($< 300\text{mOsm/l}$)** datorită mecanismelor active de reabs. a Na^+
- 6) La segmentul gros ascendent acționează **diureticele de ansă** $\Rightarrow$ blocarea reabs. Na^+
- 7) Prin macula densa $\Rightarrow$ **controlul FG** prin feedback tubulo-glomerular



■ Rolul **Vasa recta** în mecanismul multiplicator contracurent:

- Sângele circulă în paralel dar de sens contrar cu urina din ansa Henle ⇒
 - ◆ În ramul descendent, pe măsură ce coboară mai adânc în medulară ($\text{osm} \uparrow \uparrow$) ⇒ intră ioni (Na^+) + ureea.
 - ◆ În ramul ascendent, pe măsură ce urcă din medulară → corticală ($\text{osm} \downarrow \downarrow$) ⇒ intră apa.
- Se reabs. pasiv în sânge ioni și apa
- Substanțele osmotice active nu se pierd datorită anastomozelor între cele 2 ramuri.



■ Rolul tubului colector în mecanismul multiplicator contracurent:

Determină volumul și compoziția finală a urinei prin:

1. Controlul endocrin al reabs. apei și electrolitilor (ADH + Aldosteron)
2. Au loc schimburi ionice
3. Are loc transportul pasiv al ureei → interstițiu → ansa Henle ⇒ rol în menținerea Δ osmotic medular

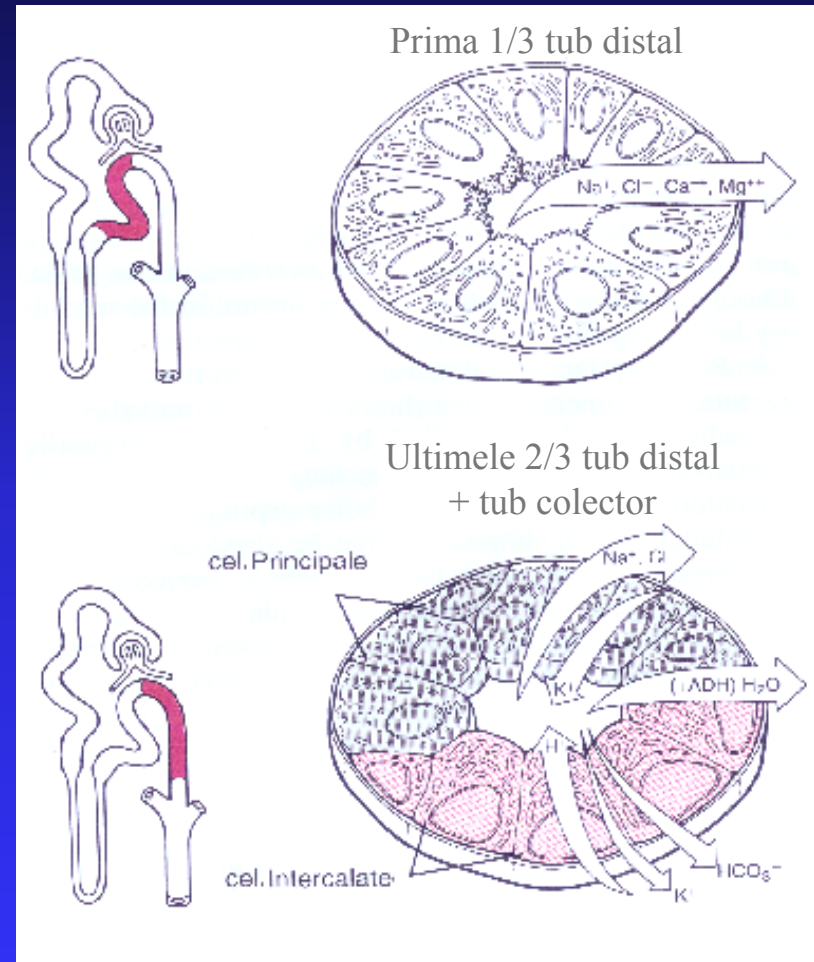
■ Rolul Δ osmotic medular în mecanismul multiplicator contracurent (300 mOsm/l → 1200 mOsm/l):

Asigură condițiile necesare reabsorbției de apă și ioni.

5. Fiziologia tubului contort distal (TCD) și colector (TC)

Primește $\cong 15\%$ FG, hipoton $\Rightarrow$ **finalizarea urinei** ($\cong 1\%$ FG, hipertonic)
Are 2 segmente:

- **Segment de diluție a urinei** - prima 1/3 a tubului distal (funcționează ca și SGA) $\Rightarrow$ reabsorbție ioni
- **Segment de finalizare a urinei** - ultimele 2/3 ale tubului distal + tubul colector $\Rightarrow$ urina finală
 - ◆ Are celule principale
 - ◆ Are celule intercalare
- La limita tub distal-ansă Henle: **macula densa** cu rol în feedback-ul tubulo-glomerular.



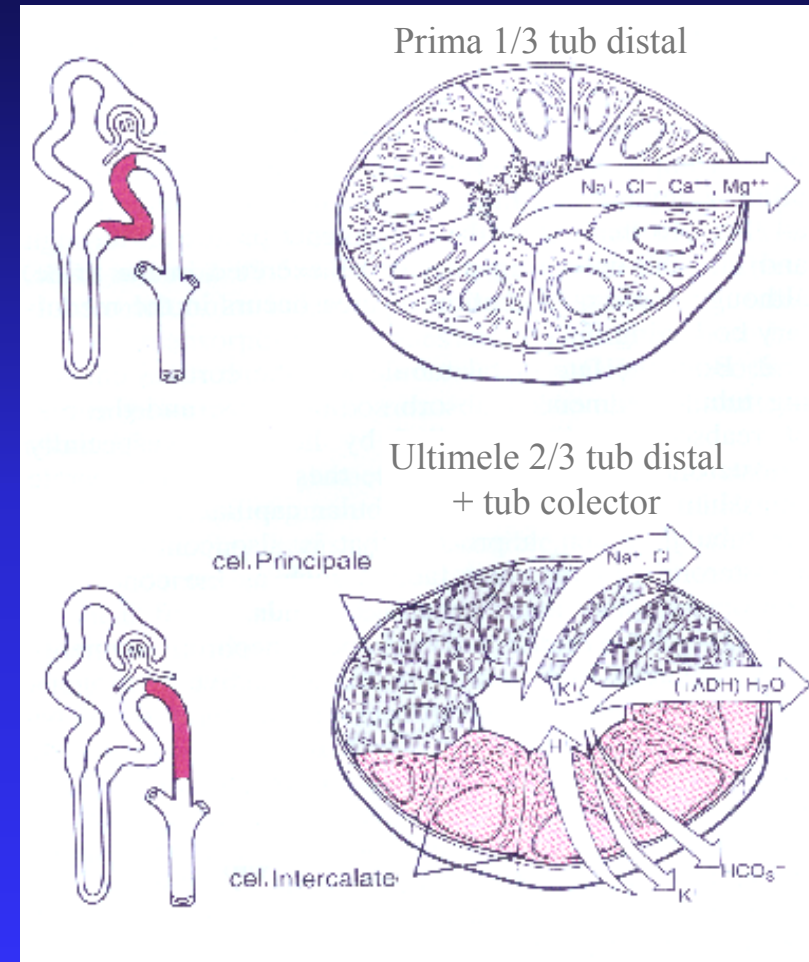
Rolul segmentului de finalizare a urinei (ultimele 2/3 TCD + TC):

■ Rolul celulelor principale:

- ◆ Reabs. Na^+ și secreția K^+ controlată de ATP-aza Na/K de la membrana bazo-lat.

■ Rolul celulelor intercalare:

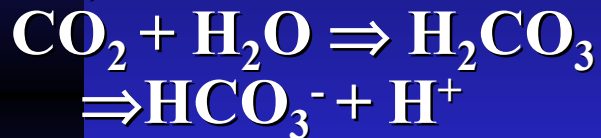
- ◆ Prezintă anhidrază carbonică $\Rightarrow$ catalizează reacția $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow$ sintreza H^+ și HCO_3^-
- ◆ Secreția de H^+ controlată de ATP-aza H^+ (transport activ primar)
- ◆ Reabs. HCO_3^-



1) Rol în echilibrul acido-bazic

a) Reacția caracteristică primei părți a tubului distal (ca și în tubul colector, segm. gros ascendent al ansei Henle) = **reabsorbția ionilor de HCO_3^- și Na^+ la schimb cu secreția de H^+** :

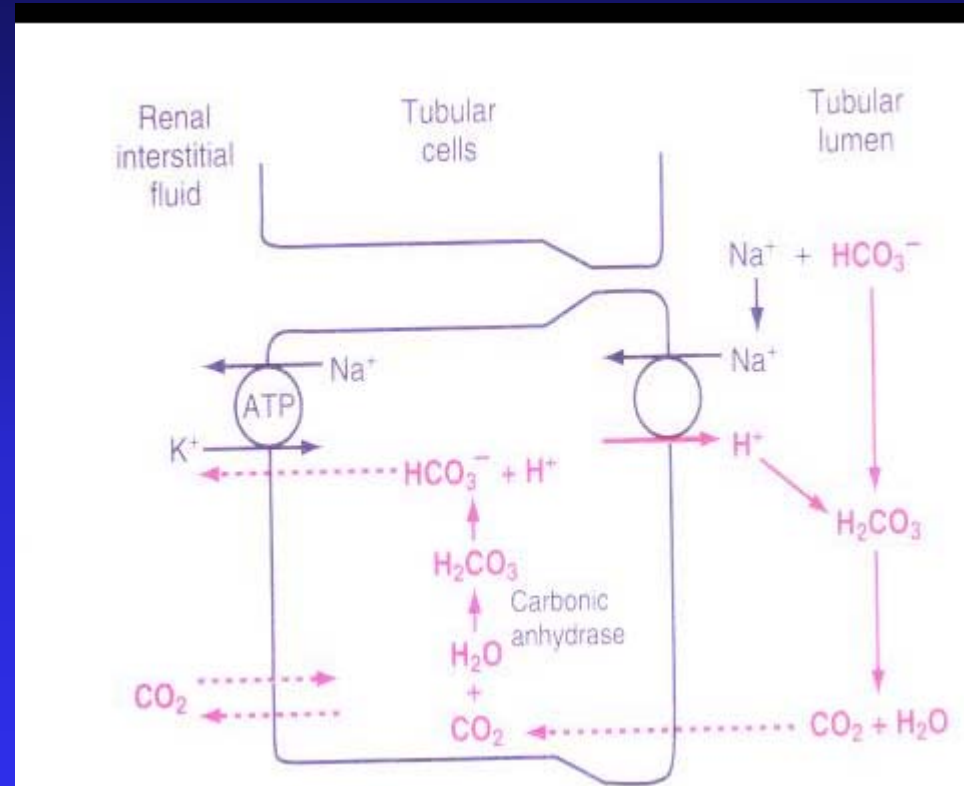
- **antiport Na^+/H^+** : sursa de H^+ = nefrocitul → în prezența anhidrazei carbonice are loc reacția reversibilă:



- HCO_3^- se reabsoarbe iar H^+ se secretă activ la schimb cu Na^+

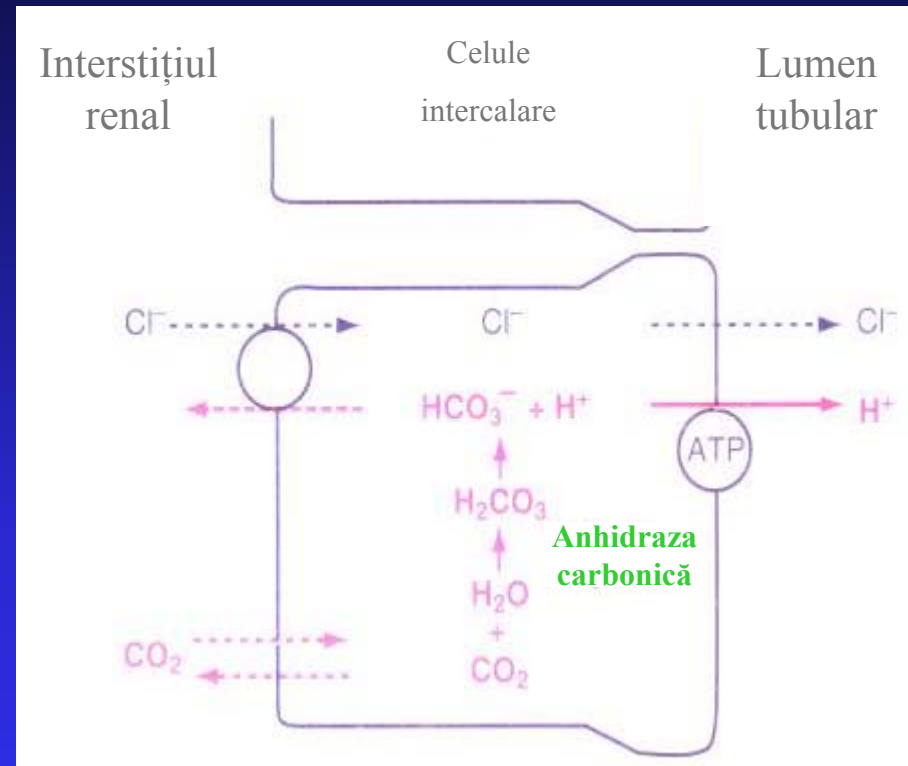
- Sursa de CO_2 : reacția inversă în lumenul tubular
⇓

Nu se reabsoarbe direct HCO_3^- din urină ci echivalentul său din nefrocit



b) Reacția caracteristică pentru ultima parte a tubului distal +colector (în celulele intercalare) = **puternica acidifiere a urinei:**

- **ATP-aza H^+** $\Rightarrow$ Secreție activă directă a H^+ la polul apical $\rightarrow$ în lumenul tubular, prin **transport activ primar**, fără să necesite cuplarea cu Na^+
- Pt fiecare H^+ secretat, se absoarbe un ion HCO_3^-
 $\Rightarrow$ **Rol important în echilibrul acido-bazic**
- Deși determină numai 5% din secreția de H^+ , este cel mai important pt acidifierea urinei
 $\Rightarrow$ $[H]$ poate crește de 900x !!!, pe când în tubul proximal crește numai de 3-4 x
 $\Rightarrow$ pH urinar $\downarrow$ până la 4,5



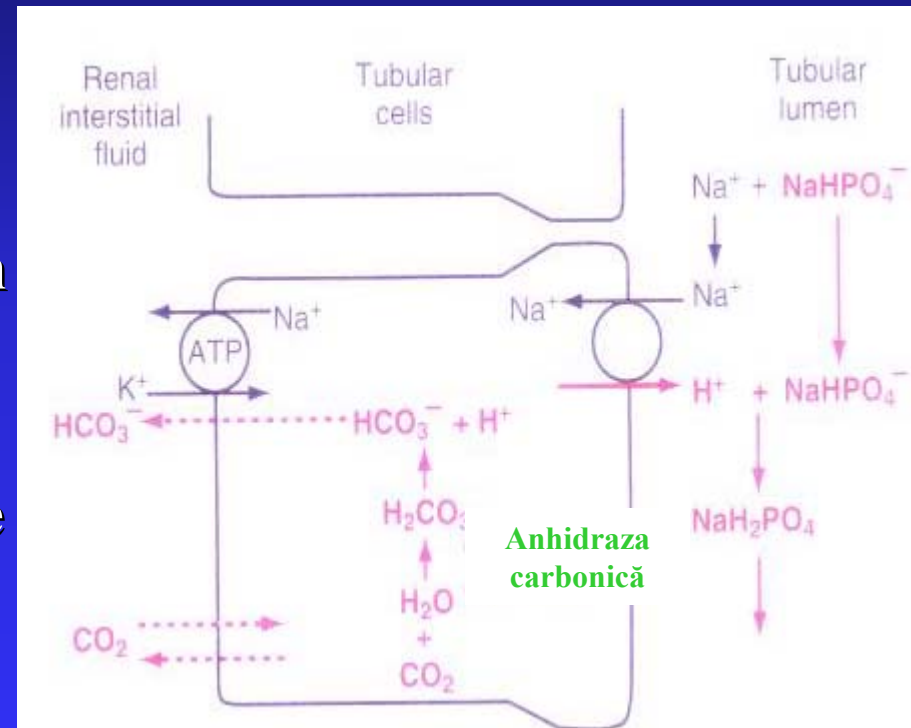
c) **Eliminarea ionilor H^+ se face prin:**

1. Acidifierea sistemelor tampon urinare
2. Prin secreția de amoniac

OBS: De fiecare dată se generează ioni HCO_3^- care trec în sânge.

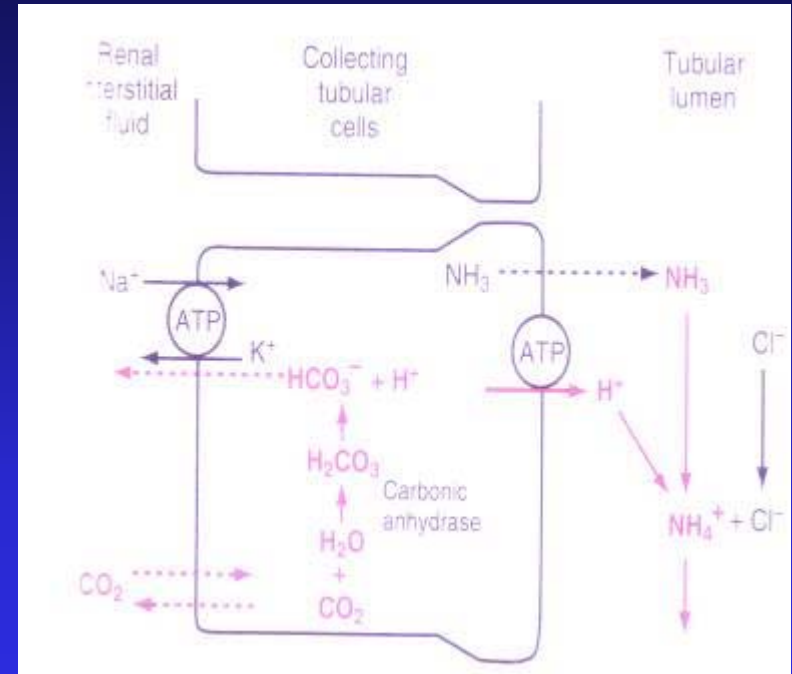
1. Acidifierea sistemelor tampon urinare (c. m. important-sistemul fosfaților)

- Ionii de H^+ secretați în tubul urinar transformă fosfatul alcalin în fosfat acid $\Rightarrow$ eliminat în urină
- Pentru fiecare H^+ secretat, se absoarbe un ion HCO_3^- care trece în sânge
- Sursa H^+ și HCO_3^- = nefrocitele, în prezența anhidrazei carbonice.



2. Prin secreția de amoniac (NH_3) $\Rightarrow$ generare de ioni NH_4^+ care sunt eliminați în urină:

- NH_3 din nefrocit trece în lumenul tubular (prin transport pasiv) $\Rightarrow$ în prezența ionilor H^+ $\Rightarrow$ generare de ioni NH_4^+ , care nu mai pot retrodifuza în celulă (“trapped diffusion”) $\Rightarrow$ sunt eliminați sub formă de $\text{NH}_4^+ \text{Cl}^-$
- Pt fiecare ion NH_4^+ excretat, se formează și se reabsoarbe 1 ion HCO_3^-



2) Reabsorbția de apă ADH-dependentă

- ADH-ul controlează permeabilitatea celulelor ultimei părți a tubului $\Rightarrow$ **controlul procesului de diluție sau concentrare a urinei:**
 - $\uparrow$ ADH $\Rightarrow \uparrow$ Reabs. Apă $\Rightarrow \downarrow$ Diureza + **urina concentrată**
 - $\downarrow$ ADH $\Rightarrow \downarrow$ Reabs. Apă $\Rightarrow \uparrow$ Diureza + **urina diluată**
 - lipsa ADH $\Rightarrow$ Diabet insipid (practic peretele tubului nu este permeabil pt. apă)

3) Reabsorbția de Na^+ – dependentă de Aldosteron

- Aldosteronul $\uparrow$ Reabs. Na^+ și secreția K^+ prin activarea ATP-azei $\text{Na/K} + \uparrow$ permeabilității pt. Na^+ și K^+
- după $\text{Na}^+ \Rightarrow \uparrow$ Reabs. Pasivă de Cl^- și HCO_3^- și secundar de apă.

4) Reabsorbția ureei – dependentă indirect de ADH

- Prin reabs. $\uparrow \uparrow \uparrow$ progresiv a apei $\Rightarrow \uparrow$ [ureei] în ultima parte a tubului $\Rightarrow$ este reabsorbită progresiv în interstițiul tubular $\Rightarrow$ are rol în menținerea Δ cortico-papilar.

Concluzie

■ Tubul distal+ colector au rol în finalizarea urinei prin:

- ◆ Reabsorbția + sinteza de HCO_3^-
- ◆ Eliminarea ionilor H^+ prin:
 - ◆ Acidifierea tamponelor urinare (50% din ionii de H^+)
 - ◆ Amoniogeneză (50% din ionii H^+)
- ◆ Reabsorbția de apă ADH-dependentă $\Rightarrow$ controlul procesului de diluție sau concentrare a urinei
- ◆ Reabsorbția de Na^+ și secreția de K^+ dependentă de Aldosteron

$\Rightarrow$ Rol în echilibrul acido-bazic

$\Rightarrow$ Urina finală: 1-1,5 l/zi (1%FG), $\text{osm} = 800 \text{ mOsm/l}$, $\text{pH} = 6$