

Riassorbimento tubulare

Il rene regola l'escrezione dei diversi soluti indipendentemente l'uno dall'altro, controllandone la velocità di riassorbimento.

Lungo i tubuli renali viene riassorbita la maggior parte dei soluti e il 99% dell'acqua.

VFG = 125 ml/min

Riassorbimento = 124 ml/min

Escrezione = 1 ml/min

In condizioni normali il 65% del carico filtrato di acqua e sodio viene riassorbito dal **tubulo prossimale**.

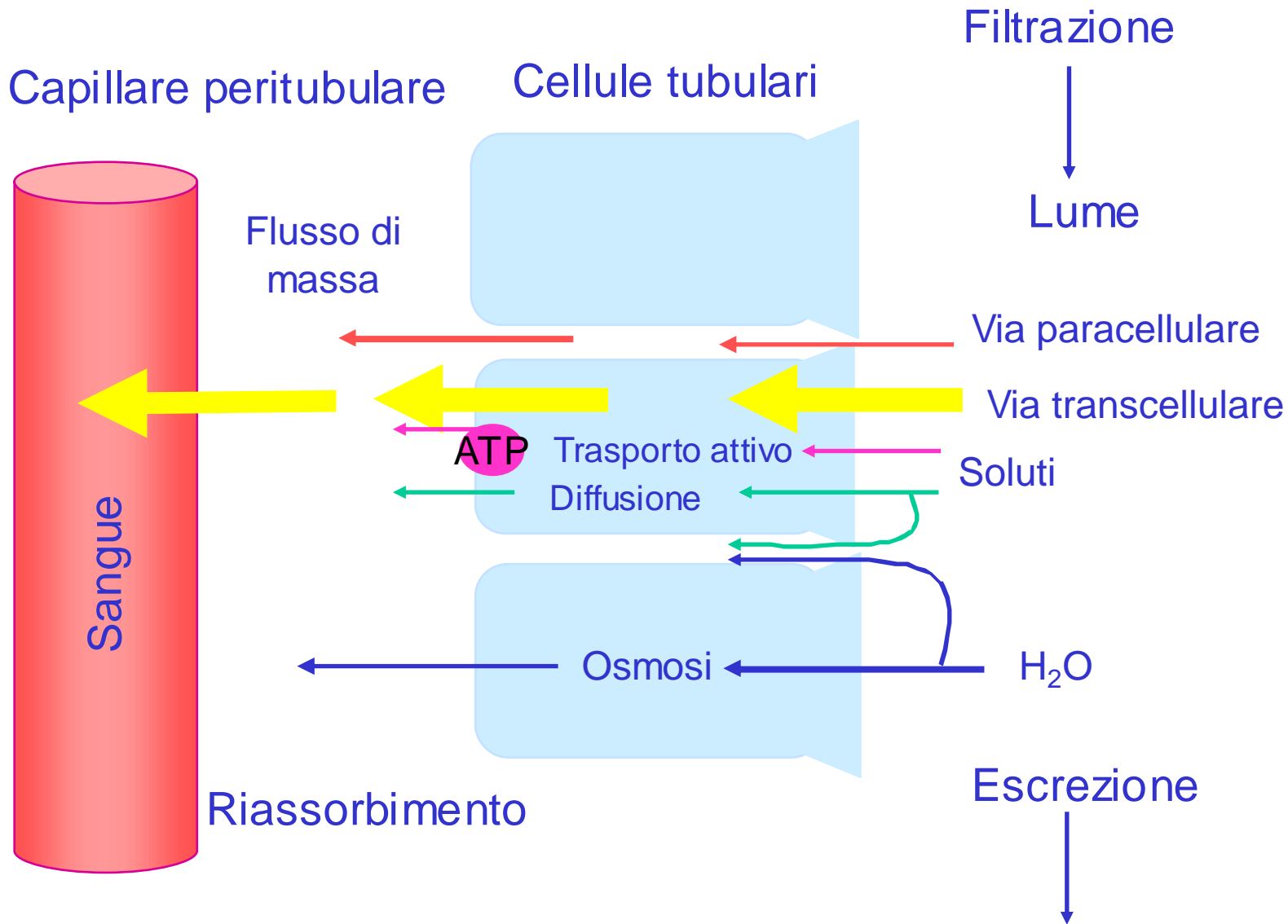
In condizioni fisiologiche le eventuali variazioni di VFG e riassorbimento sono regolate e coordinate per impedire variazioni significative dell'escrezione urinaria.

Il riassorbimento tubulare dei soluti richiede meccanismi attivi e passivi

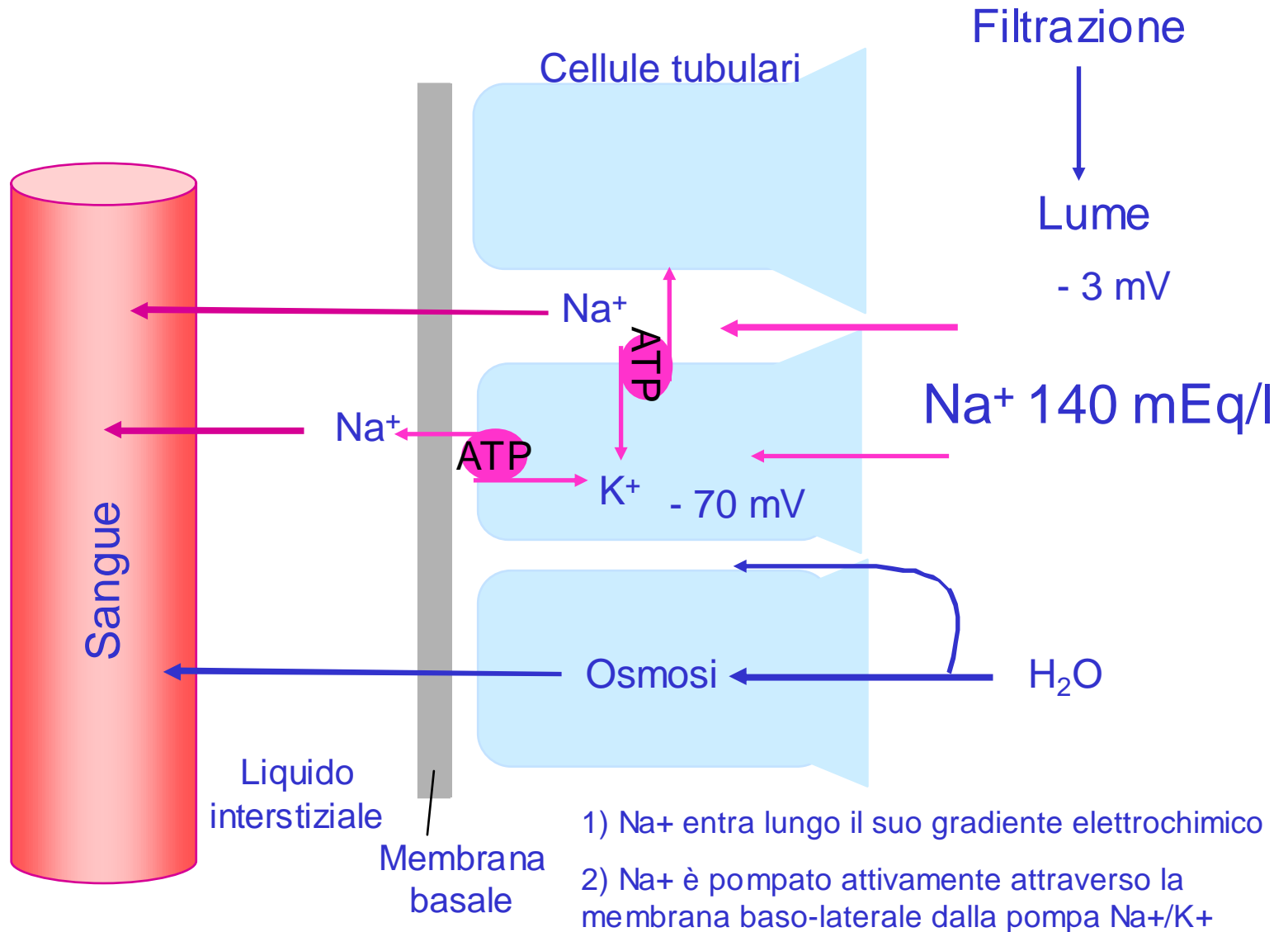
Trasporto attivo

- Primario se accoppiato direttamente ad una fonte di energia (idrolisi di ATP). Pompa ATPasi Na^+/K^+
- Secondario se accoppiato indirettamente ad una fonte di energia

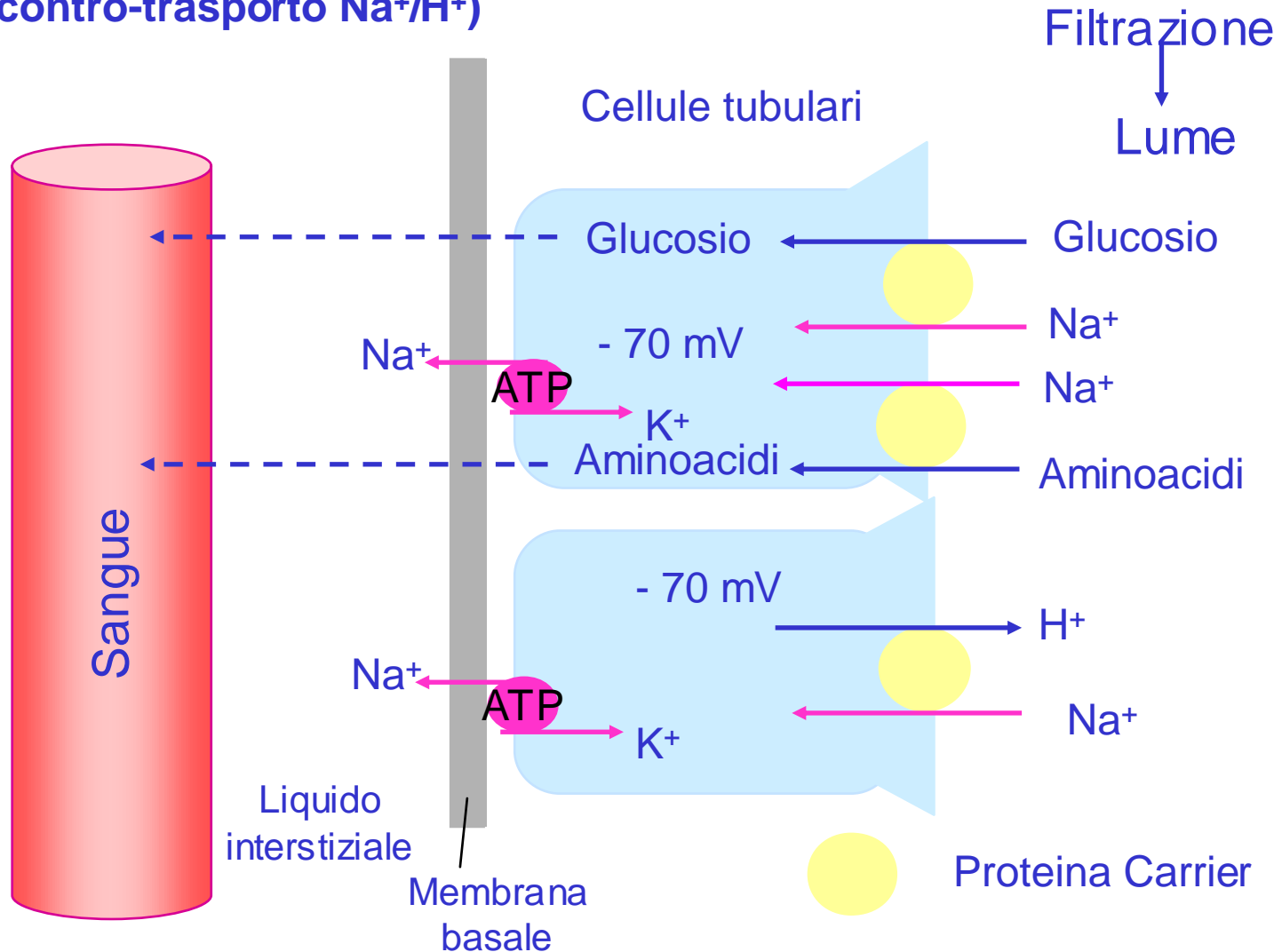
L'acqua è riassorbita per osmosi



Riassorbimento Na^+ (trasporto attivo primario)



Trasporto attivo secondario (co-trasporto Na^+ Glucosio/Aminoacidi e contro-trasporto Na^+/H^+)

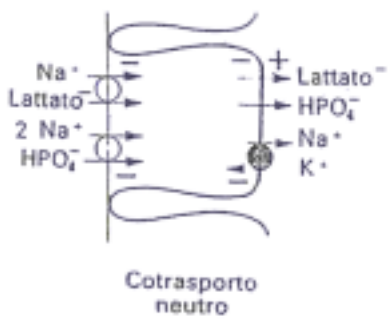


Il riassorbimento attivo del Na^+ , è assicurato dalla pompa Na^+/K^+ , lungo la maggior parte del nefrone.

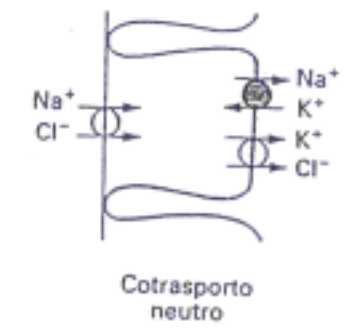
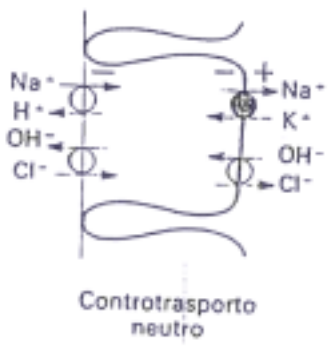
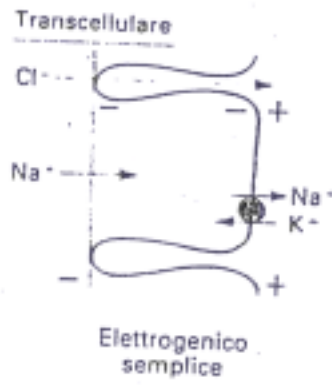
Nel tubulo prossimale il trasporto di grandi quantità di Na^+ , dipende anche:

- dall'estesa superficie della membrana luminale, assicurata dalla presenza di orletto a spazzola
- dalla presenza di carrier per il Na^+ che assicurano la diffusione facilitata

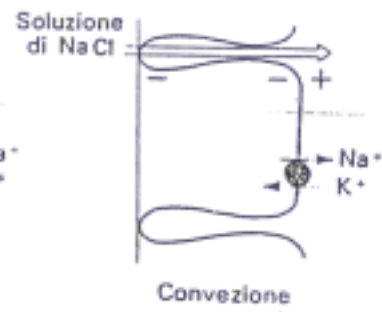
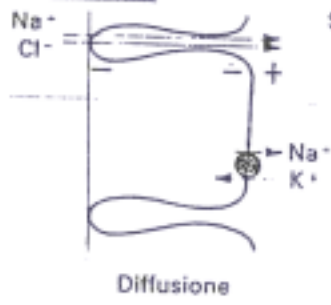
TRATTO INIZIALE



TRATTO FINALE

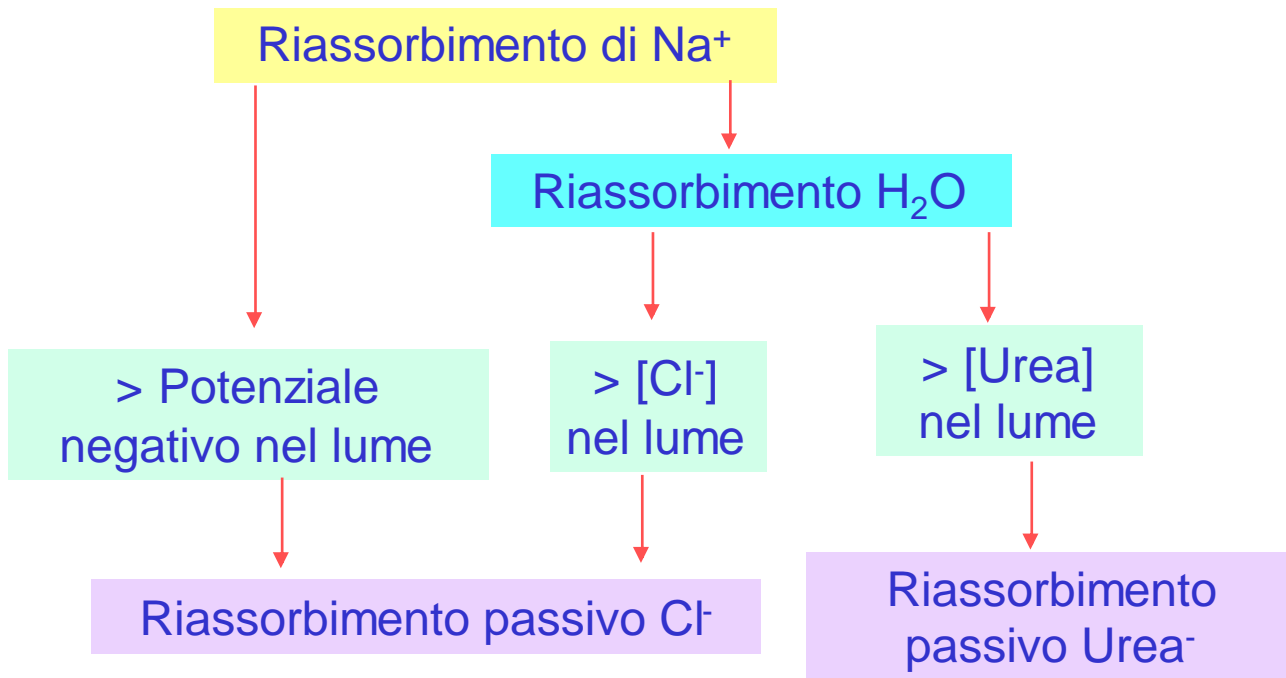


Paracellulare

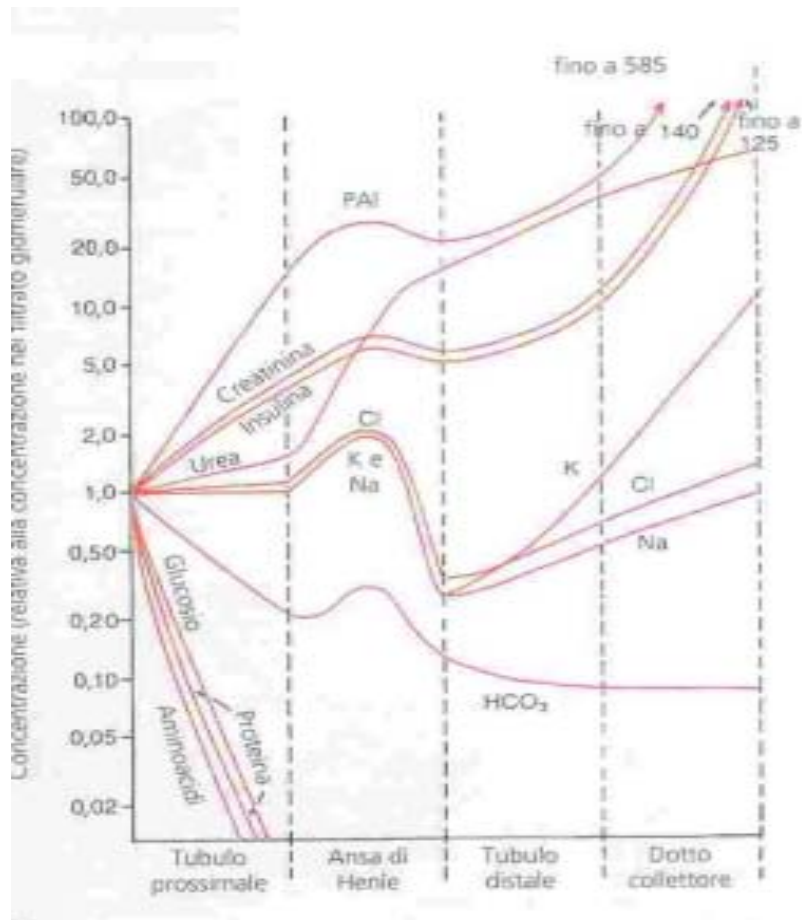


Il riassorbimento del Na^+ , modificando il potenziale elettrico del lume tubulare, favorisce il riassorbimento di ioni carichi negativamente (Cl^-).

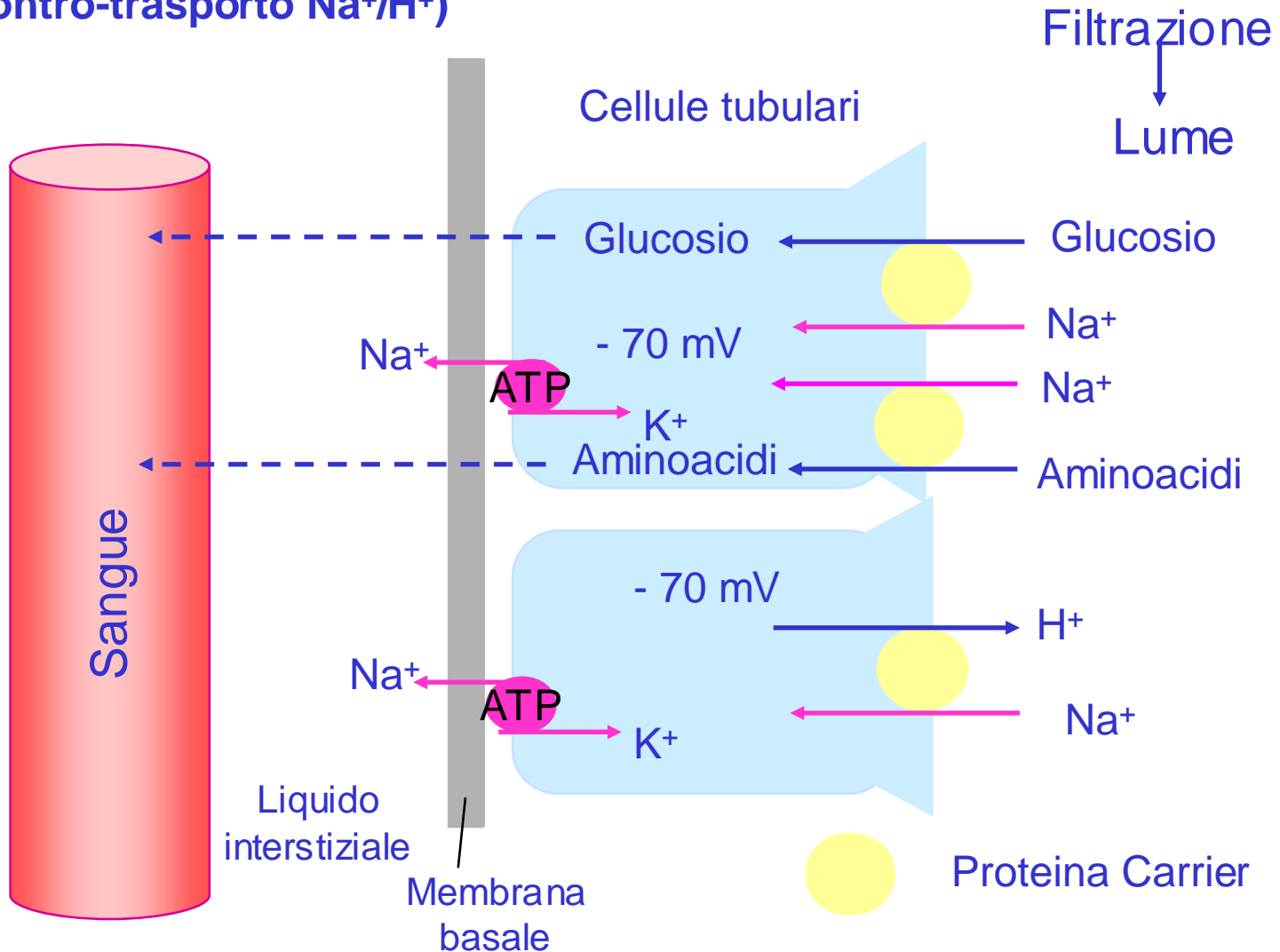
Il riassorbimento del Na^+ produce un gradiente osmotico che determina il riassorbimento di acqua a cui segue il riassorbimento di soluti, per gradiente di concentrazione.



Andamento dei riassorbimenti e concentrazioni nel lume del nefrone



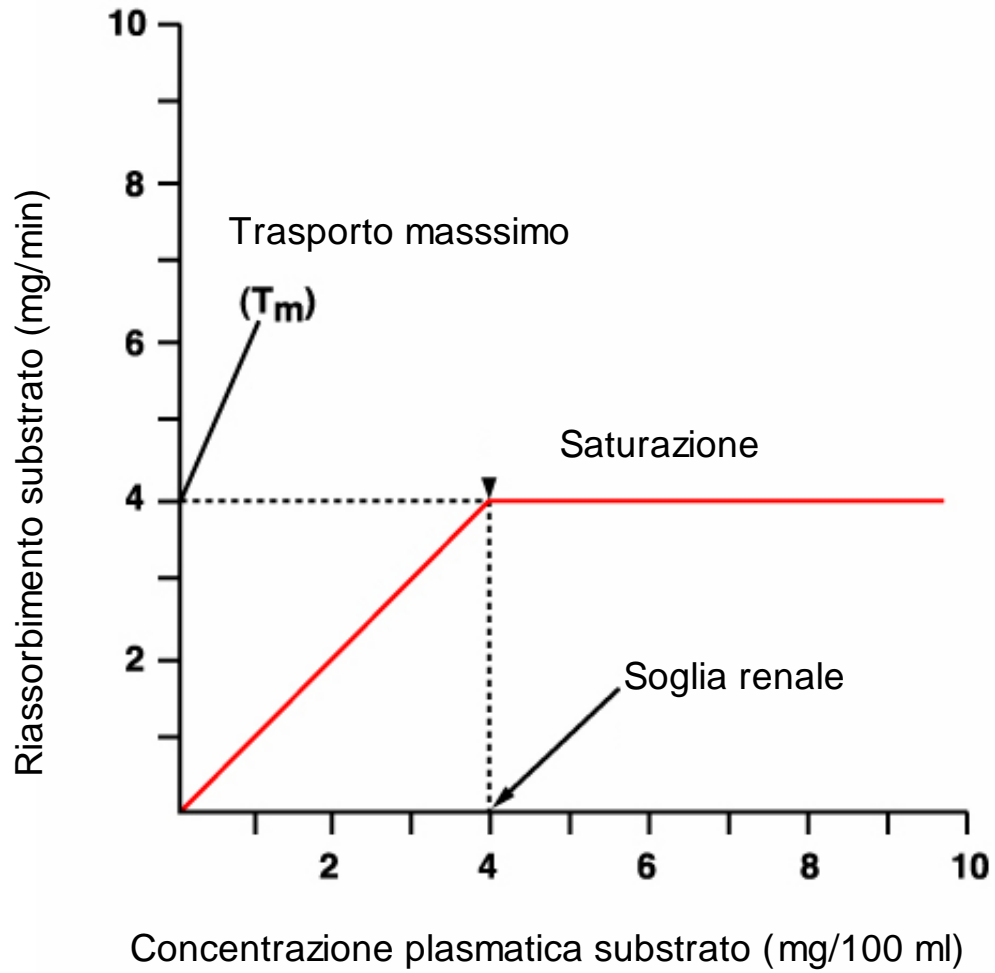
Trasporto attivo secondario (co-trasporto Na^+ Glucosio/Aminoacidi e contro-trasporto Na^+/H^+)

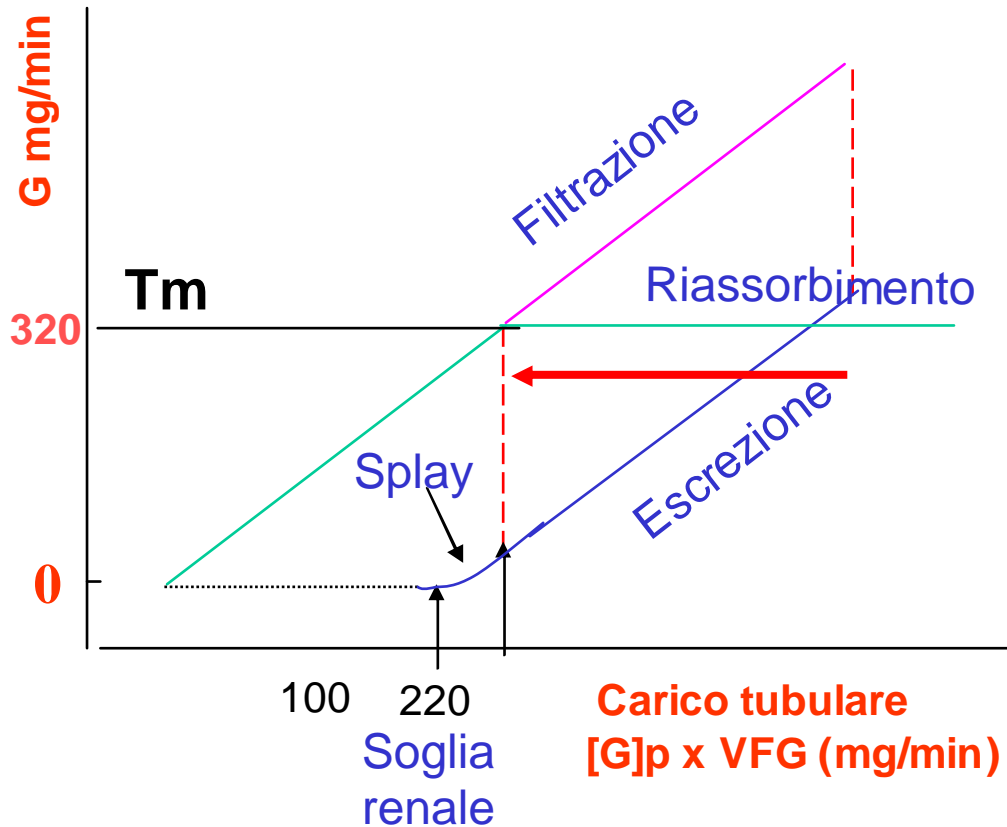


Trasporto massimo

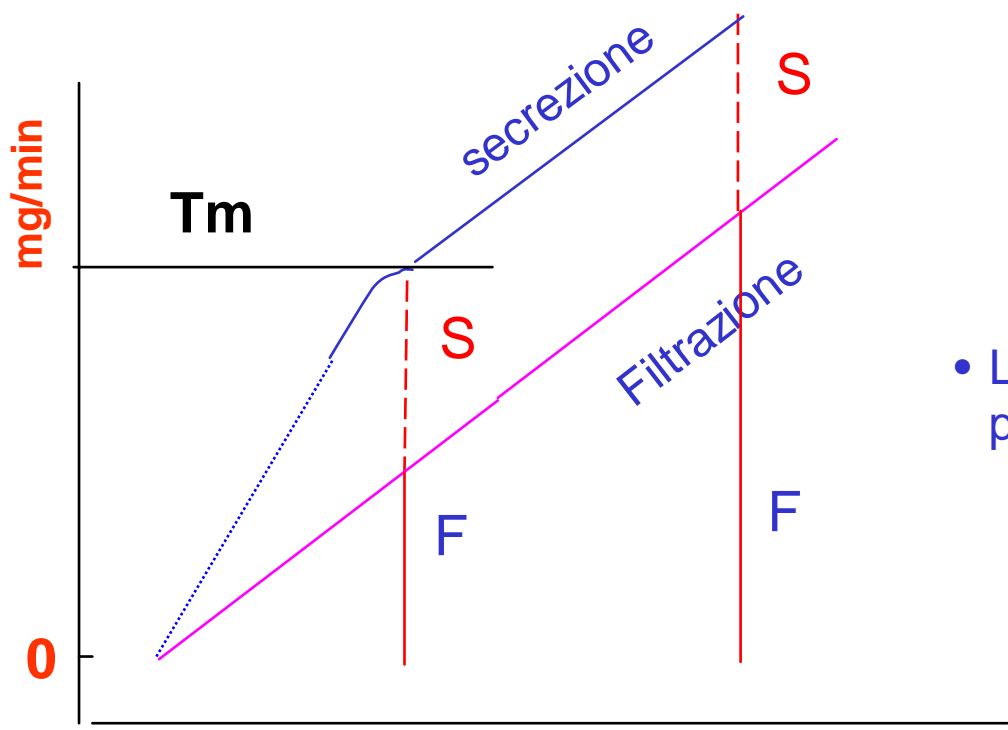
Per le sostanze riassorbite o secrete con meccanismo attivo esiste un limite alla velocità di trasporto detto **trasporto massimo**, dovuto alla saturazione dei sistemi di trasporto.

Si ha saturazione quando il **carico tubulare** è in eccesso rispetto alla disponibilità del trasportatore.





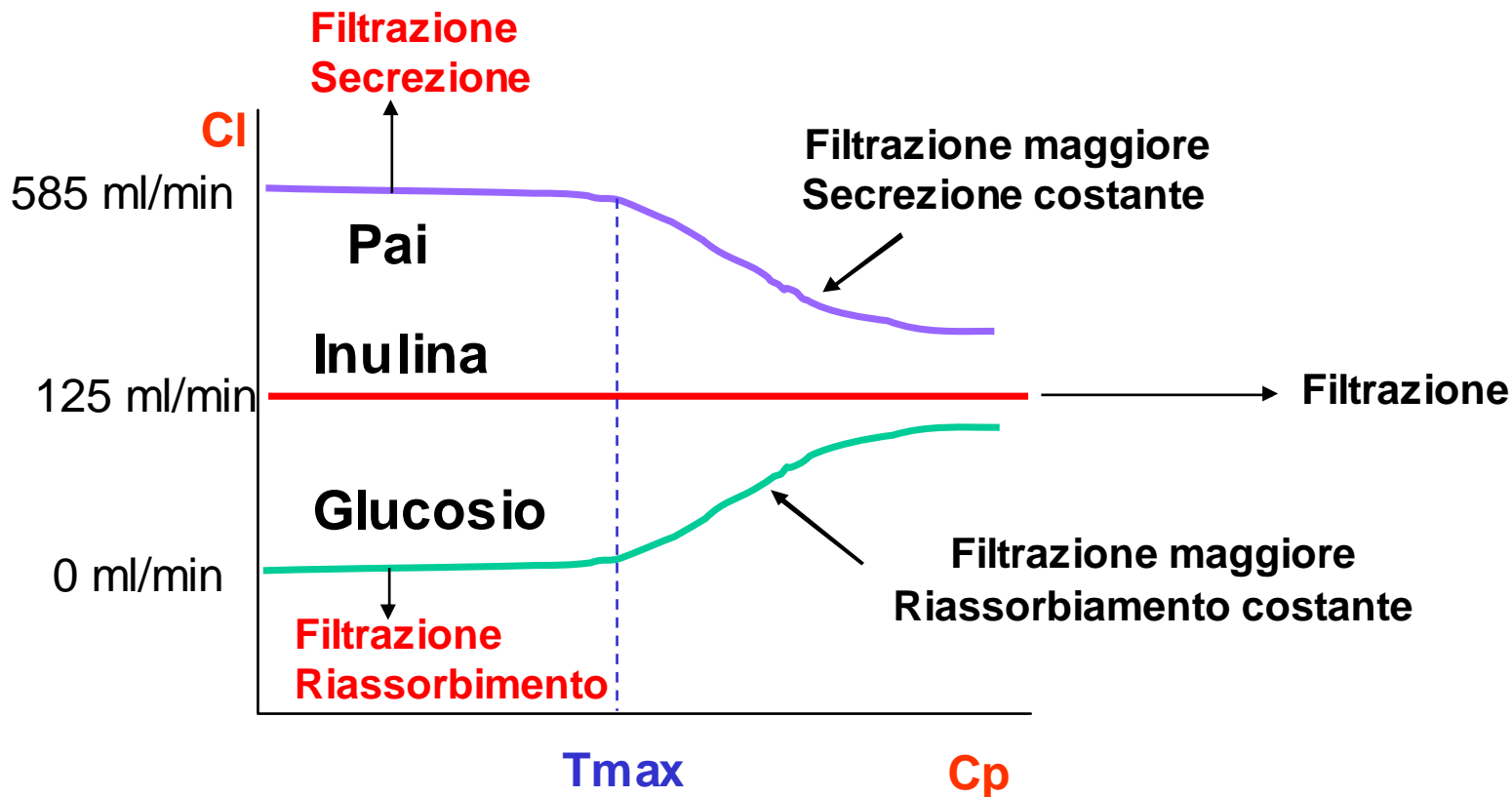
- La filtrazione di Glucosio è proporzionale alla sua concentrazione plasmatica (Glicemia)
- Il riassorbimento di Glucosio è proporzionale alla sua concentrazione plasmatica fino ad un massimo (Trasporto massimo) oltre il quale rimane costante
- L'escrezione del Glucosio è 0 fino al raggiungimento della soglia renale



**Carico tubulare
[G]p x VFG (mg/min)**

- Limite massimo di trasporto per la secrezione

Clearance e limite Tm



Trasporto tempo-gradiente dipendente

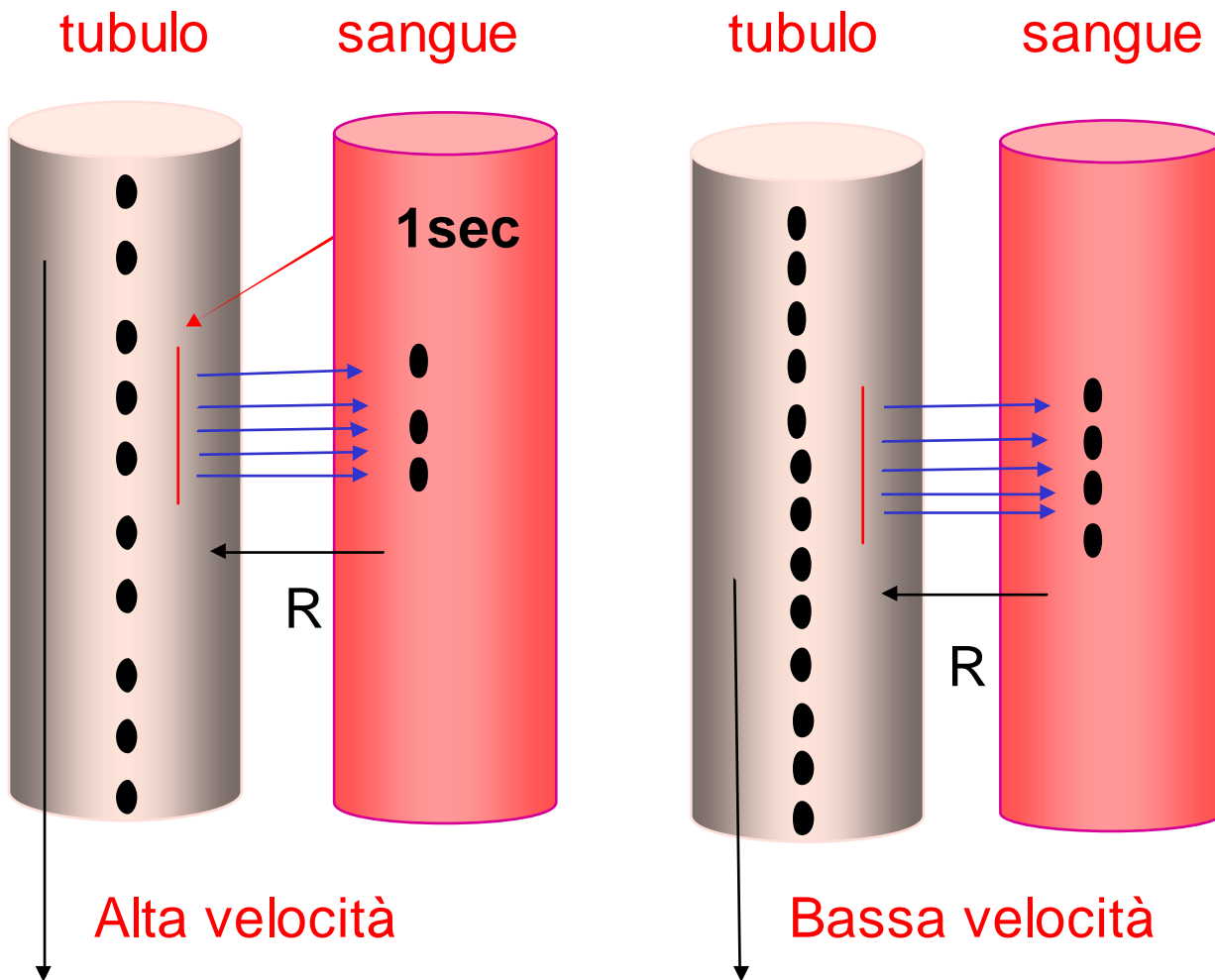
Le sostanze riassorbite con meccanismo passivo non presentano valori limite di trasporto massimo. La velocità di trasporto per queste sostanze dipende da:

- Gradiente elettrochimico attraverso la membrana cellulare
- Permeabilità selettiva della membrana
- Durata della permanenza nel tubulo del liquido contenente il soluto (dipendente dalla velocità del flusso tubulare)

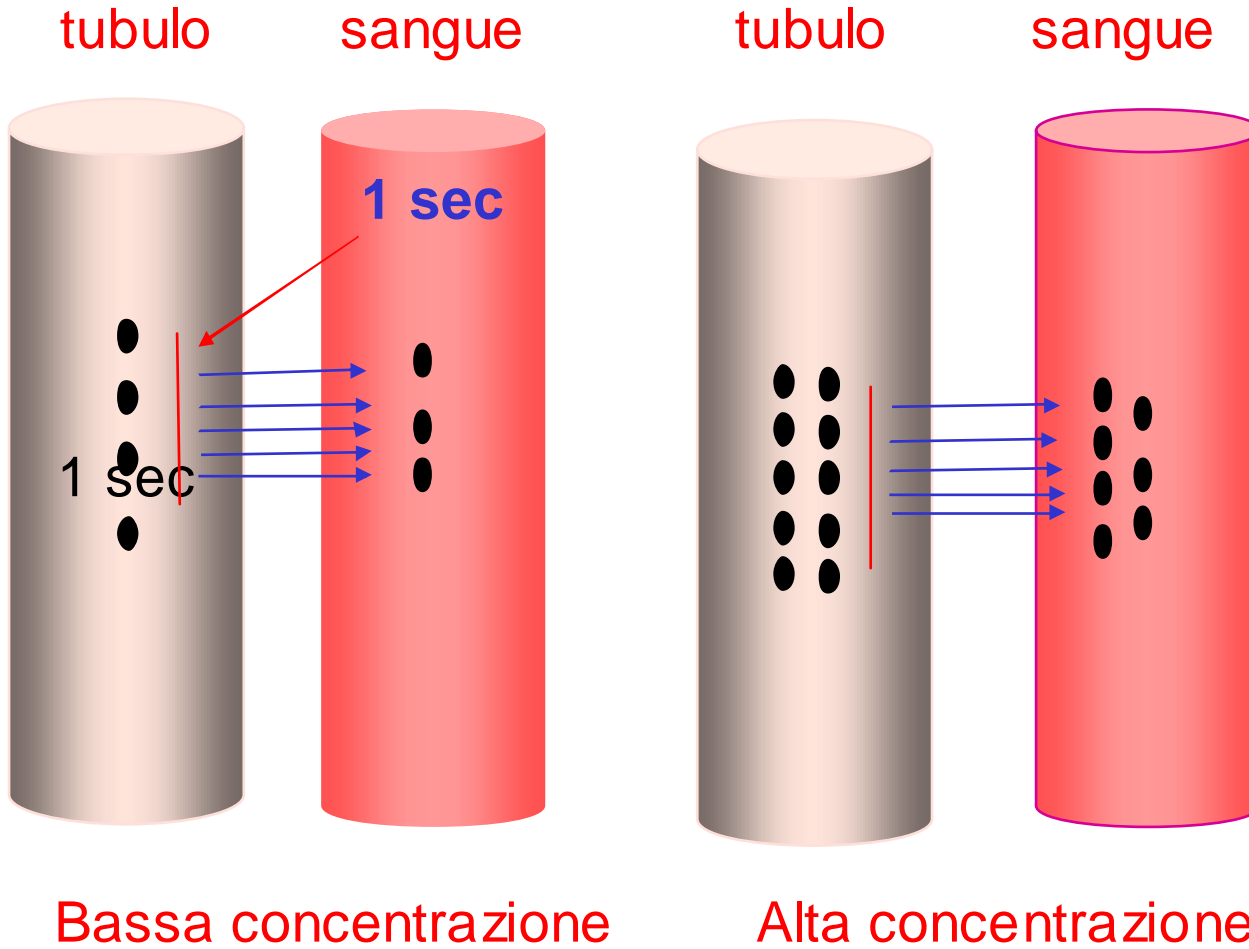
Anche il riassorbimento del Na^+ è tempo-gradiente dipendente (massima capacità di trasporto della pompa Na^+/K^+ ATP-dipendente supera la velocità di rientro del Na^+).

La velocità di riassorbimento del Na^+ aumenta con l'aumentare della concentrazione del Na^+ nel tubulo prossimale e con la diminuzione della velocità di flusso del liquido tubulare.

Effetto dell'aumento della VFG



Effetto della concentrazione



Velocità di riassorbimento nei capillari peritubulari (124 ml/min)

Dipende dalla pressione netta di riassorbimento e dal coefficiente di filtrazione (Kf)

$$\text{Pressione netta di riassorbimento} = (\pi_c + P_i) - (P_c + \pi_i) = 10 \text{ mmHg}$$

- Pressione idrostatica liquido interstiziale ($P_i = 6 \text{ mmHg}$)
- Pressione colloido-osmotica capillare ($\pi_c = 32 \text{ mmHg}$)
- Pressione colloido-osmotica interstizio ($\pi_i = 15 \text{ mmHg}$)

Coefficiente di filtrazione Kf (conduttanza idraulica ed estensione superficie capillare, normalmente elevato)

< Riassorbimento se > P_c

- < R_a
- < R_e
- > P_a

> Riassorbimento se > π_c

- > π_p
- > FF (VFG/FER)

> Riassorbimento se > Kf

Bilancio-tubulo glomerulare

Capacità intrinseca al tubulo prossimale di aumentare la **velocità di riassorbimento** in risposta all'aumento del **carico tubulare** (aumento del flusso). Questo consente di mantenere costante la percentuale di riassorbimento sulla VFG e di evitare il sovraccarico dei segmenti tubulari distali quando aumenta la VFG.

Il mantenimento dell'equilibrio tra riassorbimento tubulare e filtrazione è fondamentale

Effetti della pressione sulla formazione delle urine

- La pressione aumenta la formazione di urine notevolmente
- Ma vi è il bilancio Tubulo-Glomerulare che riduce notevolmente (Angiotensina, renina, pressione oncologica)

Fattori che modificano l'efficienza del bilancio tubulo-glomerulare e il feed back

Simpatico: vasocostrizione : - VFG, + riassorbimento, + renina
angiotensina aldosterone = riassorbimento (emorragia)

Angiotensina II (aldosterone, vasocostrizione arteriola efferente, stimola il riassorbimento di Na agendo sulle pompe Na/K e Na /H)

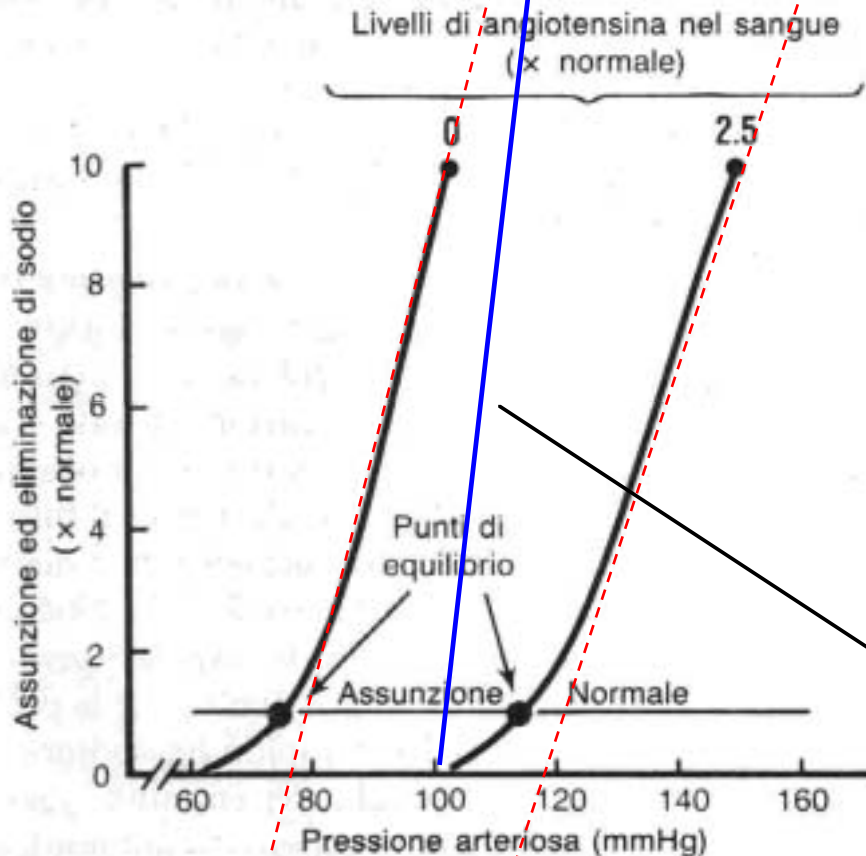
(vedi curve presorie)

Aldosterone Na/K e permeabilità, in caso di ipersecrezione cronica con il 15% di aumento di Na e acqua, sale la pressione. Allora il rene elimina di più.

ADH: controlla l'eliminazione di urina per effetti osmolari. Il volume del liquido trattenuto però non cresce molto per gli effetti sulla pressione. La diuresi che ne consegue determina deplezione di sodio

Peptide natriuretico atriale inibisce il riassorbimento di Na a livello dei tubuli collettori

Effetti dell'angiotensina nel rapporto natriuresi e pressione



Aumento PA ↓

- Renina ↓

- Angiotensina I ↓

- Angiotensina II ↓

**Vasodilatazione e
eliminazione di acqua
e sali**

normale