

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**

Il 65% del carico filtrato di acqua e sodio viene riassorbito nel tubulo prossimale.

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

Il riassorbimento tubulare dei soluti richiede meccanismi passivi (diffusione) ed attivi.

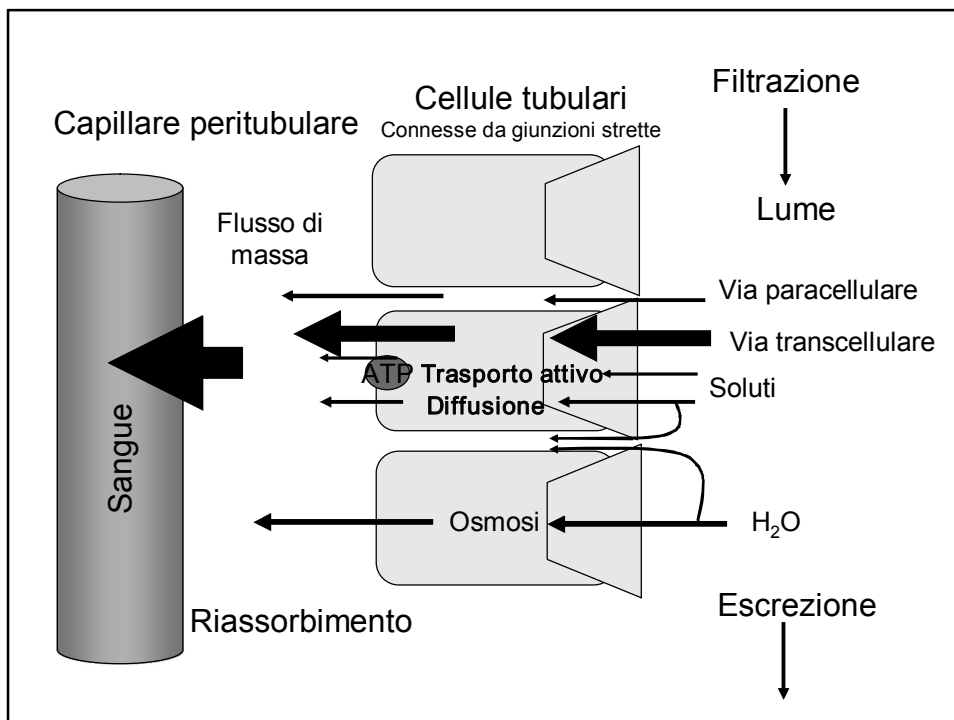
### Trasporto attivo

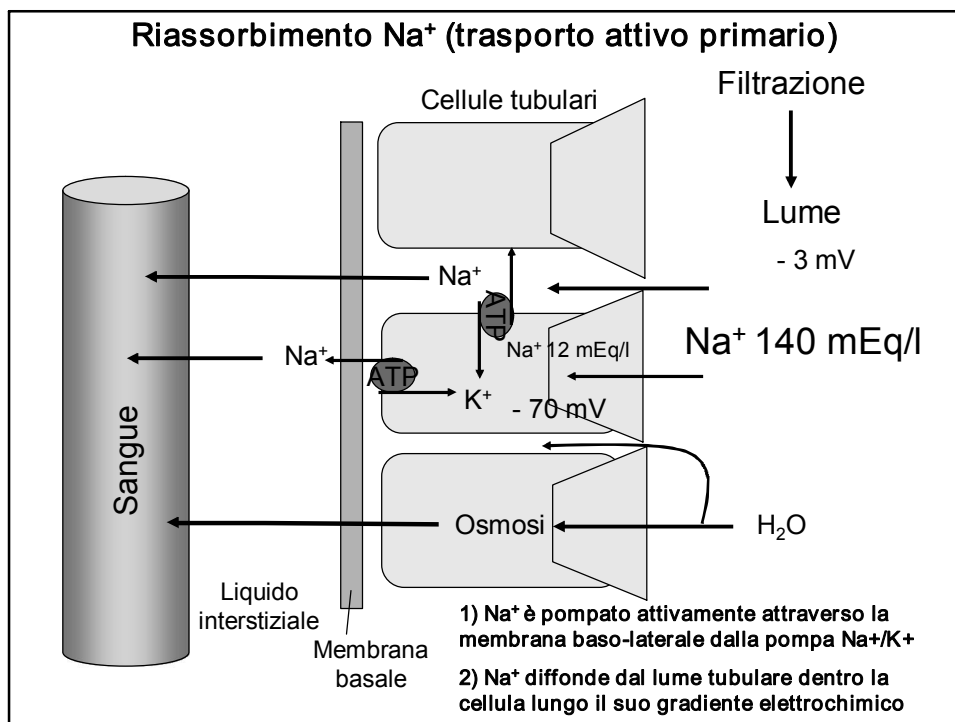
➤ **Primario** se accoppiato direttamente ad una fonte di energia (idrolisi di ATP). Pompa ATPasi  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  attiva in quasi tutto il tubulo renale.

➤ **Secondario** se accoppiato indirettamente ad una fonte di energia.

Un meccanismo di trasporto attivo per il riassorbimento di proteine e macromolecole è la pinocitosi.

L'acqua è riassorbita per osmosi.



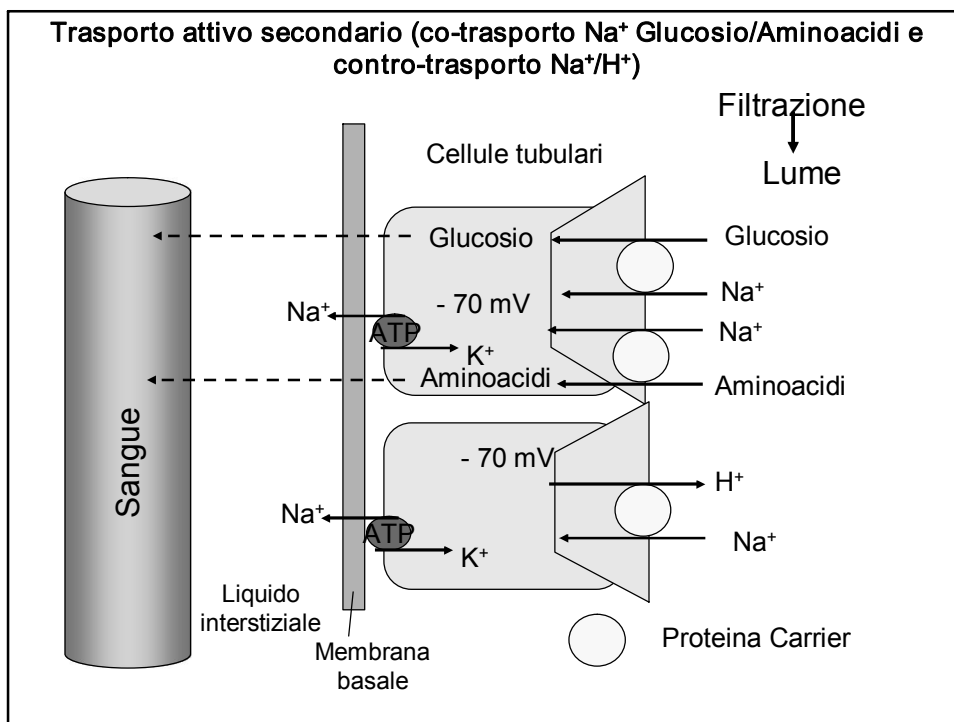


Il riassorbimento attivo del Na<sup>+</sup>, è assicurato dalla pompa Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, lungo la maggior parte del nefrone.

Nel tubulo prossimale il trasporto di grandi quantità di Na<sup>+</sup>, dipende anche:

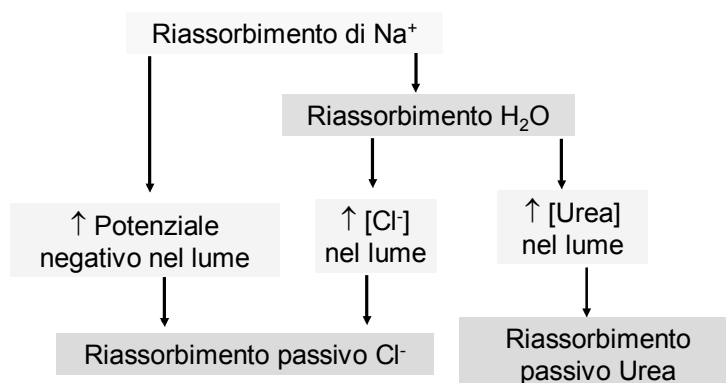
➤ dall'estensione della superficie della membrana luminale, aumentata dalla presenza di orletto a spazzola.

➤ dalla presenza di carrier per il Na<sup>+</sup> che assicurano la diffusione facilitata. Infatti, il potenziale elettrochimico generato dalla pompa Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> viene utilizzato per guidare diversi sistemi di **co-trasporto** e **contro-trasporto**, che accoppiano l'ingresso di Na<sup>+</sup> nella cellula all'ingresso di Glucosio, Aminoacidi, Fosfato e Lattati o all'uscita di H<sup>+</sup>.



➤ Il riassorbimento di  $\text{Na}^+$ , modificando il potenziale elettrico del lume tubulare, favorisce il riassorbimento di ioni carichi negativamente ( $\text{Cl}^-$ ).

➤ Il riassorbimento di  $\text{Na}^+$  produce un gradiente osmotico che determina il riassorbimento di acqua, a cui segue il riassorbimento di altri soluti, per gradiente di concentrazione.



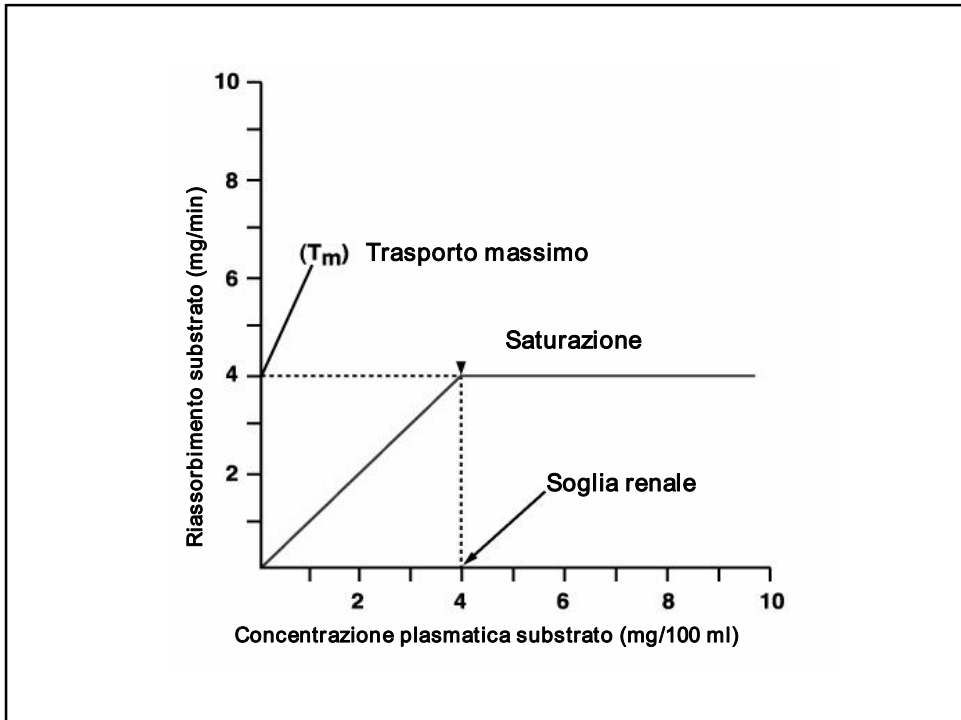
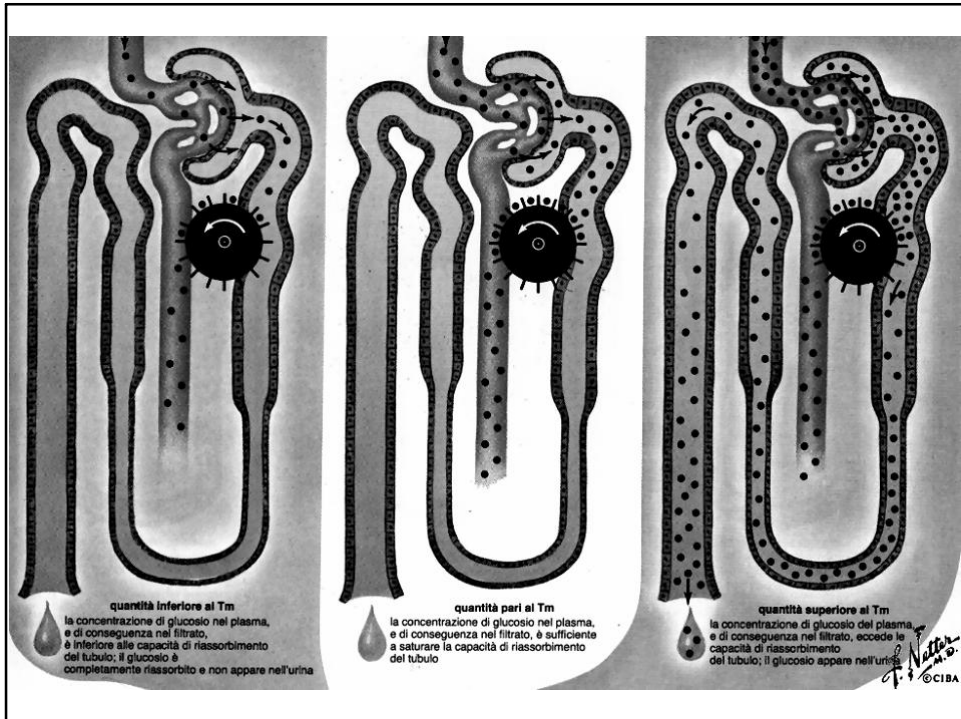
Nella prima metà del tubulo prossimale, il riassorbimento di  $\text{Na}^+$  avviene per co-trasporto con il Glucosio, Aminoacidi ed altri soluti.

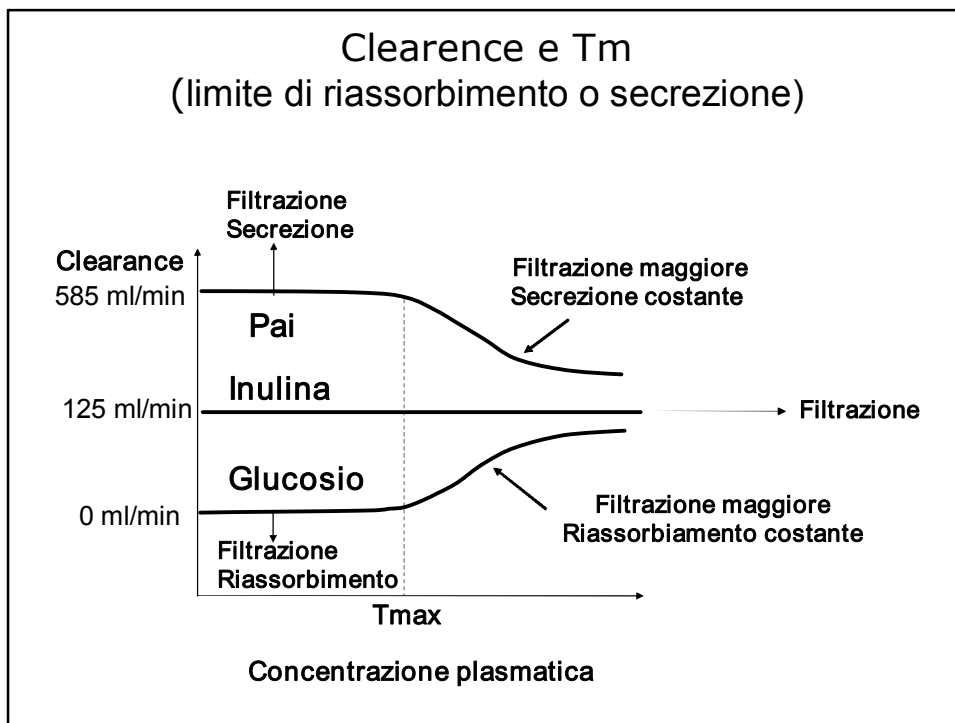
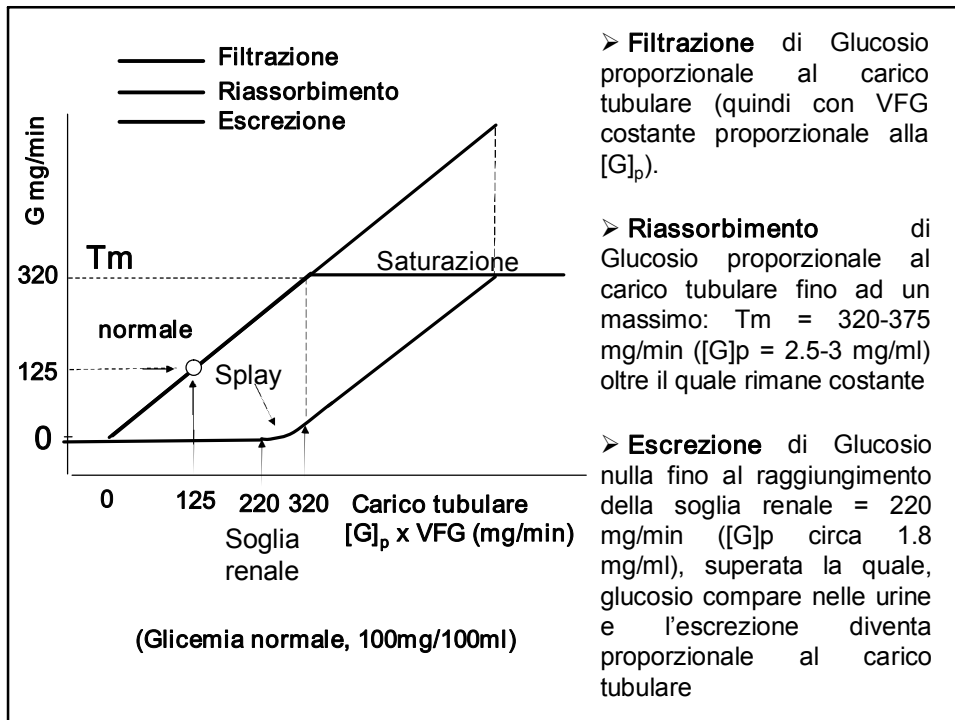
Nella seconda metà del tubulo, il  $\text{Na}^+$ , viene riassorbito prevalentemente insieme al  $\text{Cl}^-$ .

### **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.





### **Trasporto tempo-gradiente dipendente**

Per le sostanze riassorbite con meccanismo passivo, non esiste un 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)

Il riassorbimento del  $\text{Na}^+$  è tempo-gradiente dipendente.

In pratica non ha  $T_m$ , perché la massima capacità di trasporto della pompa  $\text{Na}^+\text{-K}^+$  ATPasi è molto superiore alla velocità di riassorbimento del  $\text{Na}^+$  e quindi non va incontro a saturazione.

La velocità di riassorbimento del  $\text{Na}^+$  aumenta con:

- aumento della concentrazione del  $\text{Na}^+$  nel tubulo prossimale
- diminuzione della velocità di flusso del liquido tubulare.



### **Bilancio tubulo-glomerulare**

- Capacità intrinseca al tubulo prossimale di aumentare la **velocità di riassorbimento** in risposta all'aumento del **carico tubulare** (aumento del flusso).
- Consente di mantenere costante la percentuale di riassorbimento sulla VFG e di evitare il sovraccarico dei segmenti tubulari distali quando aumenta la VFG.
- E' determinato da variazioni delle forze fisiche esistenti nel tubulo e nell'interstizio renale

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

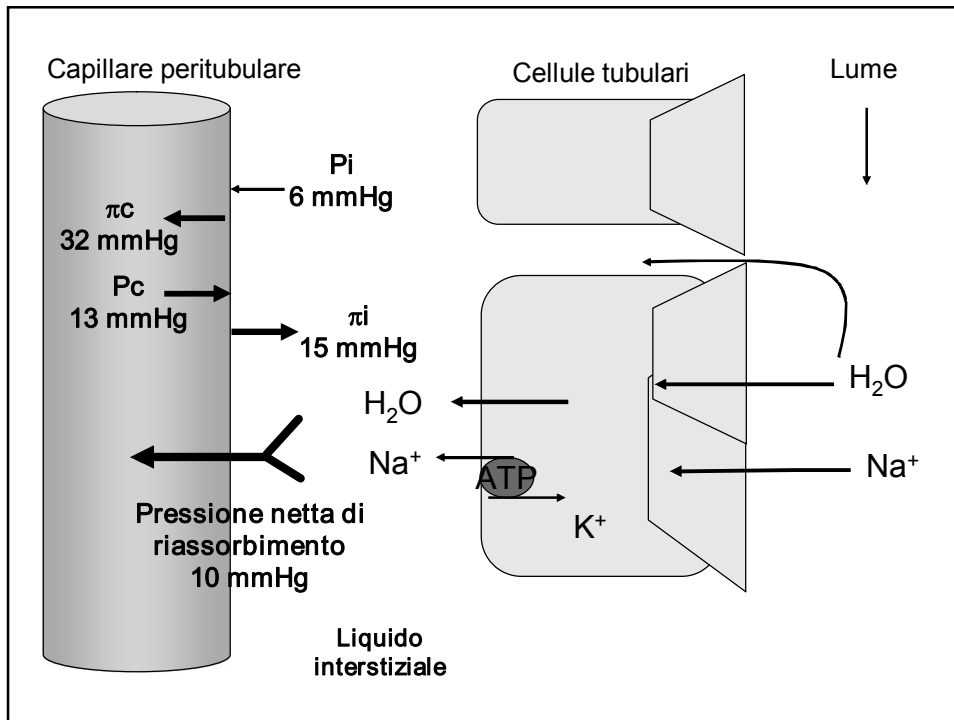
Dipende dalla pressione netta di riassorbimento e dal coefficiente di filtrazione (Kf)

#### **Pressione netta di riassorbimento:**

$$(\pi_C + P_i) - (P_C + \pi_i) = 10 \text{ mmHg}$$

- $P_C$ , pressione del capillare peritubulari (media 13 mmHg)
- $P_i$ , pressione idrostatica liquido interstiziale (6 mmHg)
- $\pi_C$ , pressione colloid-osmotica capillare (32 mmHg)
- $\pi_i$ , pressione colloid-osmotica interstizio (15 mmHg)

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



### Regolazione delle forze fisiche dei capillari peritubulari

↑  $P_c$  significa ↓ Riassorbimento

- ↓  $R_a$
- ↓  $R_e$
- ↑  $P_a$  (in parte compensato dall'autoregolazione renale)

↑  $\pi_c$  significa ↑ Riassorbimento

- ↑ concentrazione proteine
- ↑ FF (VFG/FER)

↑  $K_f$  significa ↑ Riassorbimento

La riduzione del riassorbimento nei capillari peritubulari, causata sia da variazioni della  $P_c$ , che della  $\pi_c$ , modifica le forze fisiche dell'interstizio, con conseguente diminuzione del riassorbimento netto di liquido dal tubulo. Aumenta la retrodiffusione di acqua e soluti nel lume tubulare.