

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.

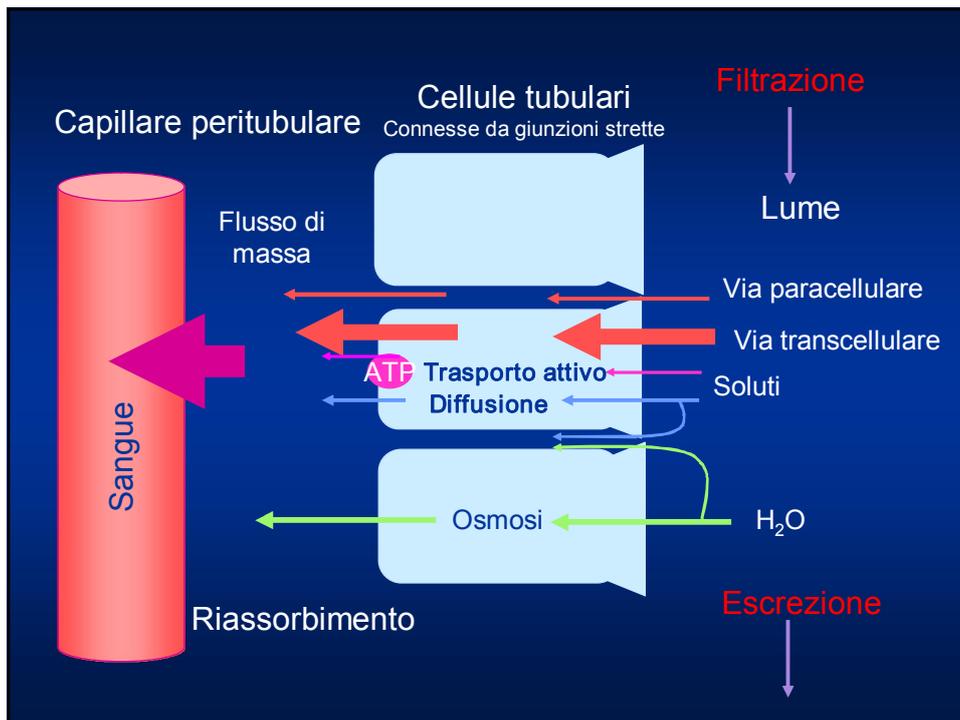
Trasporto attivo

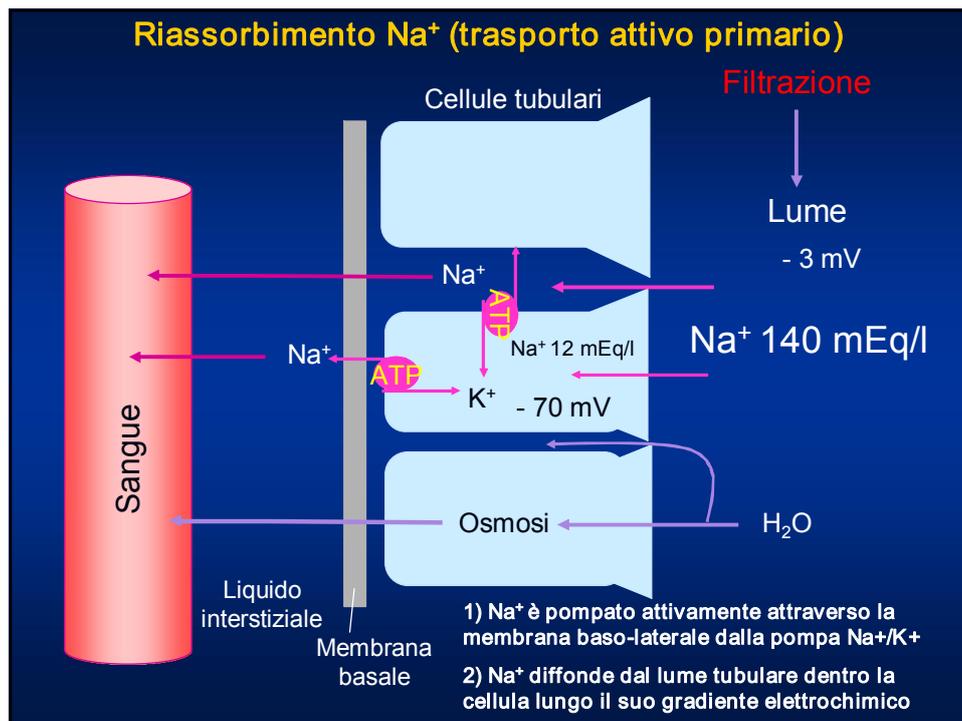
➤ **Primario** se accoppiato direttamente ad una fonte di energia (idrolisi di ATP). Pompa ATPasi Na^+/K^+ attiva in quasi tutto il tubulo renale.

➤ **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.

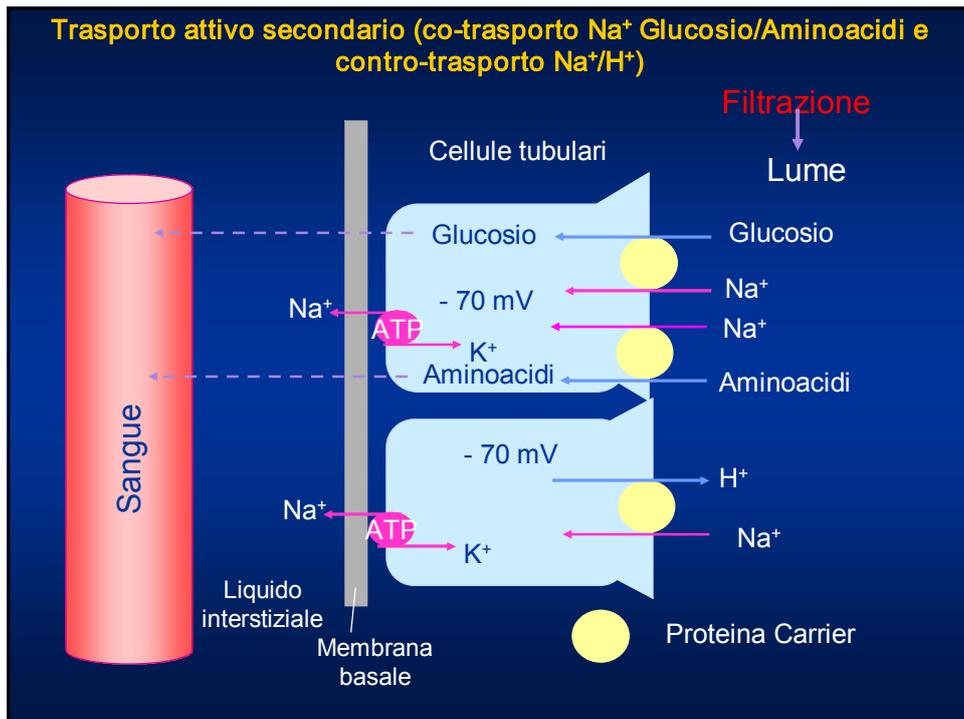




Il riassorbimento attivo del Na^+ , è assicurato dalla pompa Na^+/K^+ , lungo la maggior parte del nefrone.

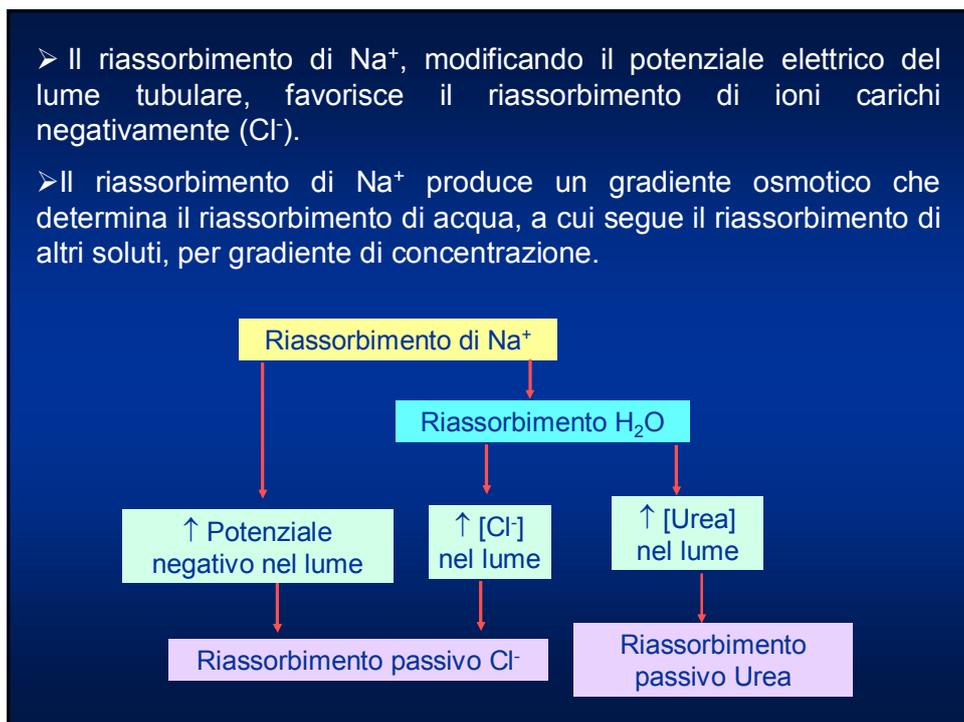
Nel tubulo prossimale il trasporto di grandi quantità di Na^+ , dipende anche:

- dall'estensione della superficie della membrana luminale, aumentata dalla presenza di orletto a spazzola.
- dalla presenza di carrier per il Na^+ che assicurano la diffusione facilitata. Infatti, il potenziale elettrochimico generato dalla pompa Na^+/K^+ viene utilizzato per guidare diversi sistemi di **co-trasporto** e **contro-trasporto**, che accoppiano l'ingresso di Na^+ nella cellula all'ingresso di Glucosio, Aminoacidi, Fosfato e Lattati o all'uscita di H^+ .



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

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



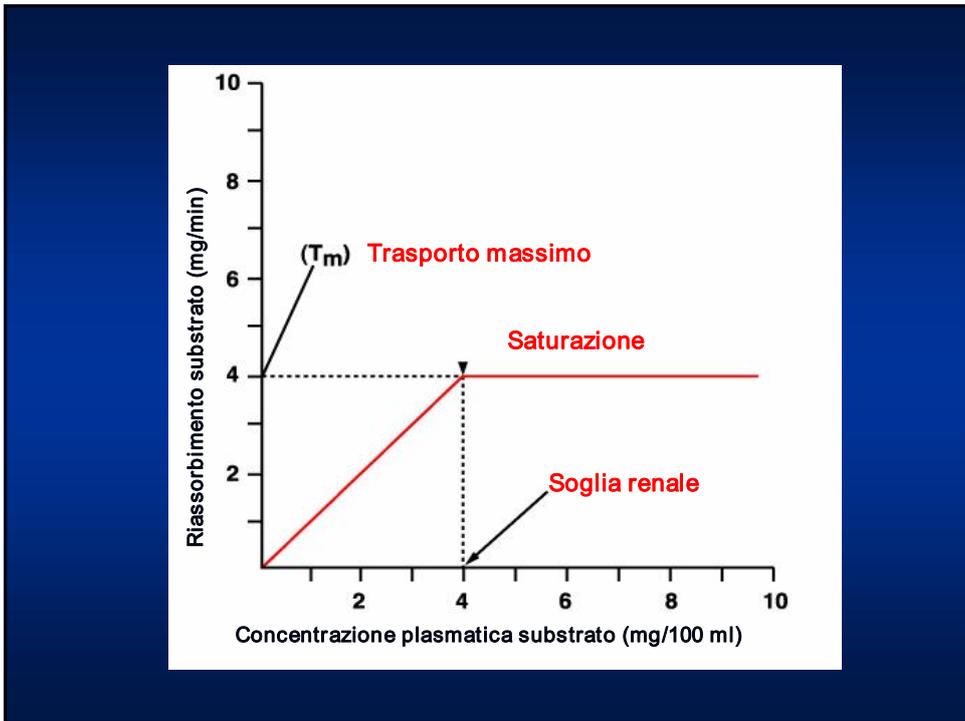
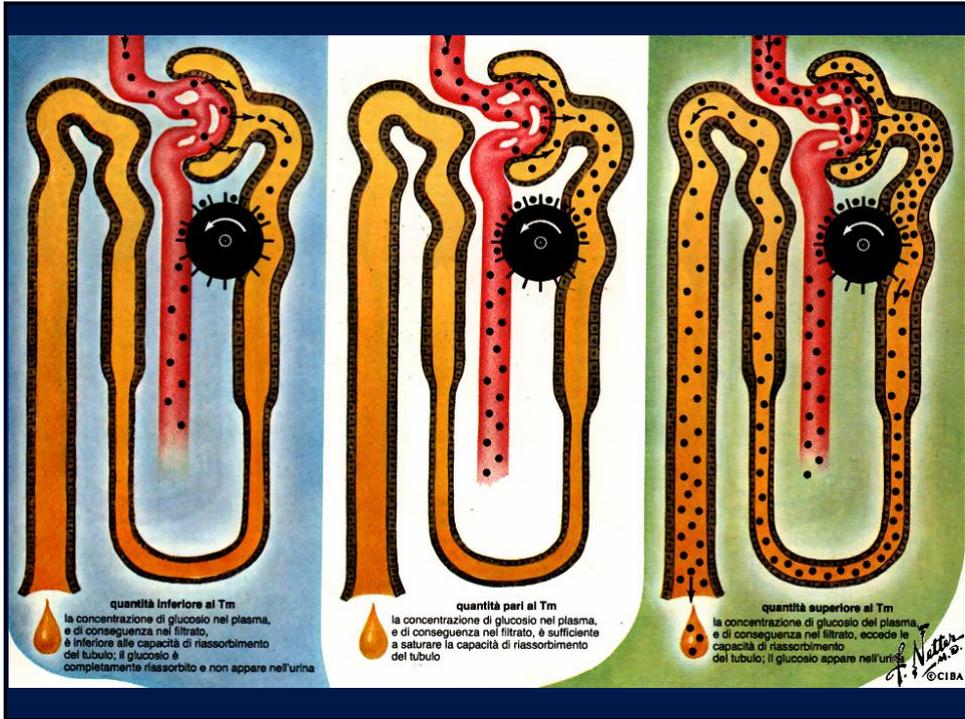
Nella prima metà del tubulo prossimale, il riassorbimento di Na^+ avviene per co-trasporto con il Glucosio, Aminoacidi ed altri soluti.

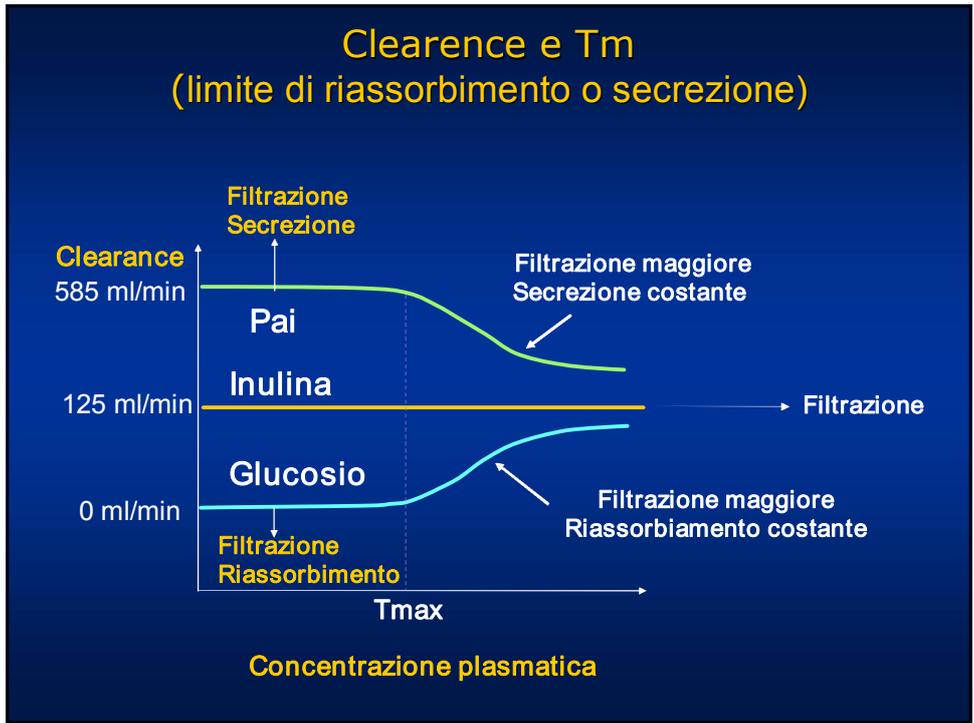
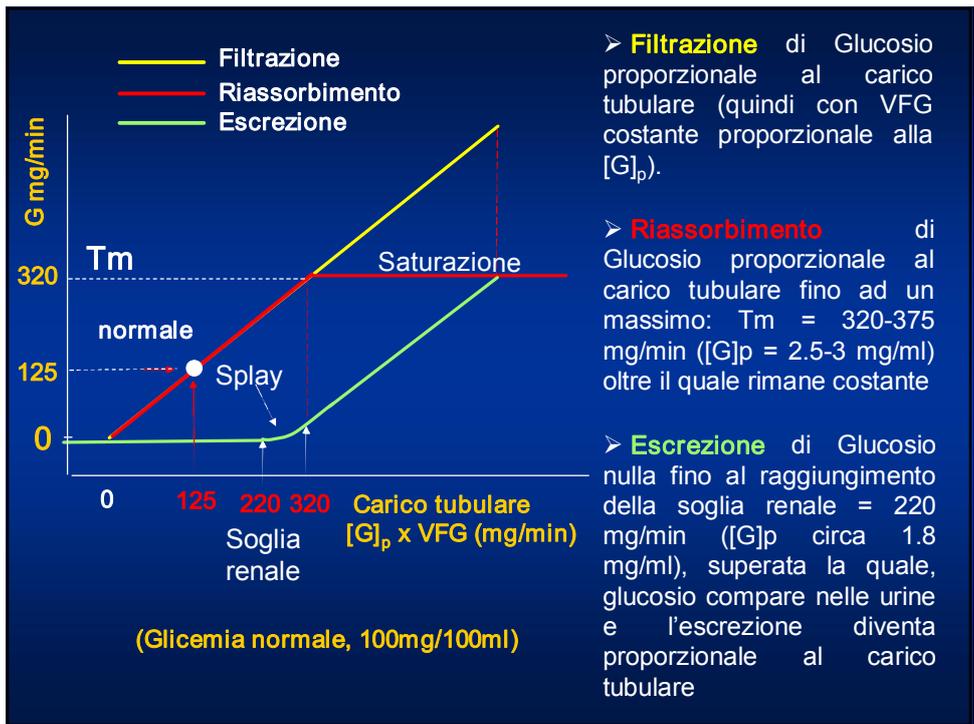
Nella seconda metà del tubulo, il Na^+ , viene riassorbito prevalentemente insieme al Cl^- .

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 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 Na^+ e quindi non va incontro a saturazione.

La velocità di riassorbimento del Na^+ aumenta con:

- aumento della concentrazione del 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)

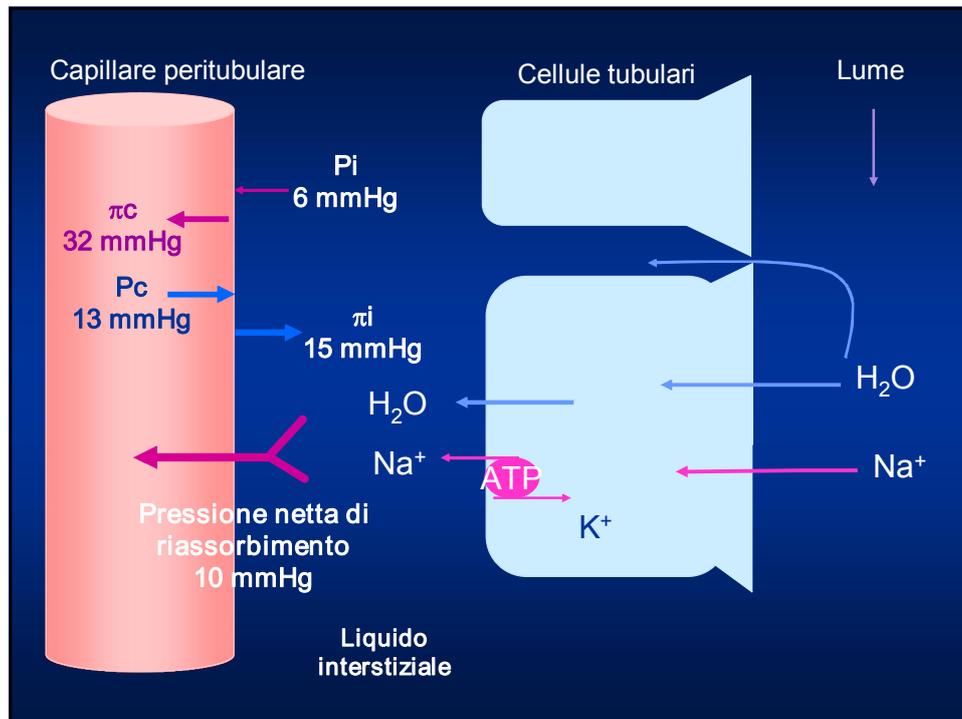
Dipende dalla pressione netta di riassorbimento e dal coefficiente di filtrazione (Kf)

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)
- π_c , pressione colloidale-osmotica capillare (32 mmHg)
- π_i , pressione colloidale-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)

↑ π_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 π_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.