

## • **FUNZIONE RENALE E NEFRONE**

- **Distribuzione dei liquidi corporei**
- **La funzione renale**
- **I vasi del nefrone**
- **L'apparato juxtaglomerulare**
- **I processi di scambio del rene**
- **Forze di Starling (filtrazione)**
- **Velocità di filtrazione glomerulare e sua regolazione**
- **Valutazione della funzione renale (clearance)**

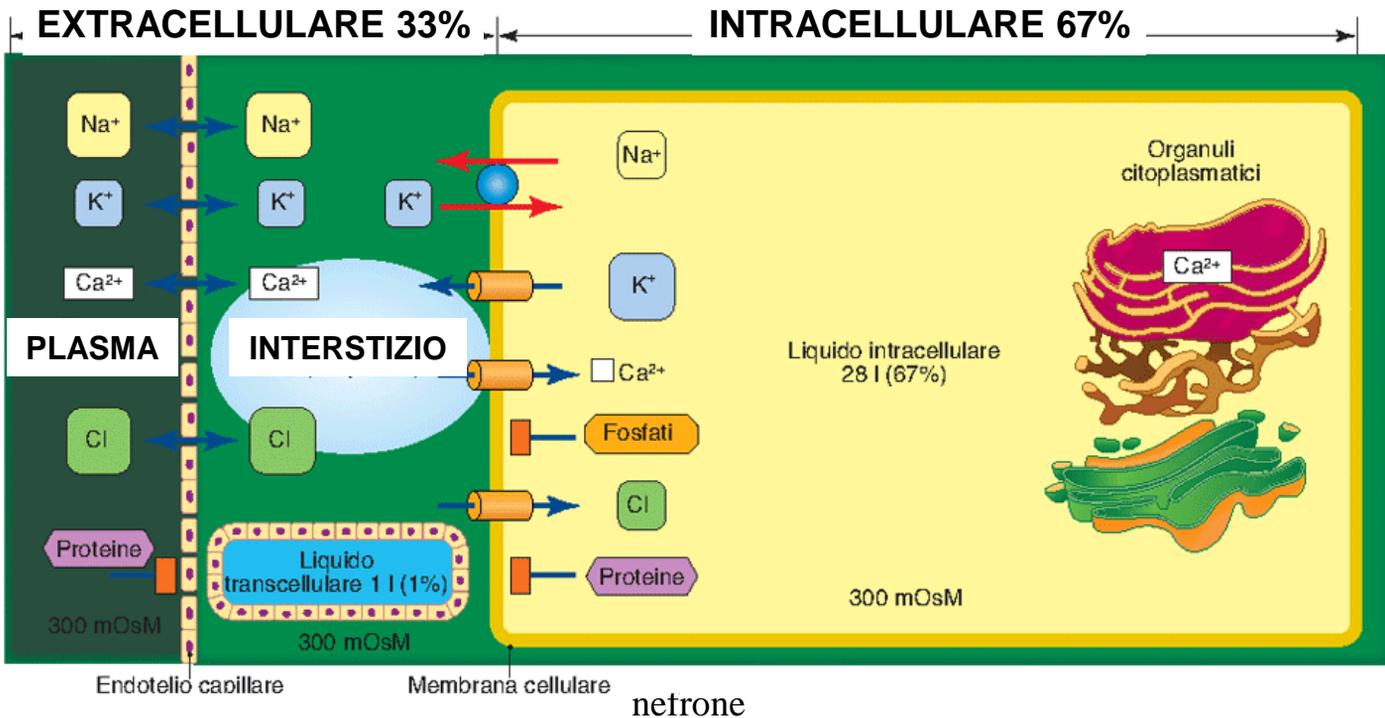
# Distribuzione dei liquidi corporei

L'H<sub>2</sub>O contenuta nel corpo è circa il 60% del peso totale ed è così ripartita:

67% Compartimento liquido intracellulare (LIC)

33% Compartimento liquido extracellulare (LEC):

- 24% liquido interstiziale
- 8% liquido plasmatico
- 1% Compartimenti liquidi transcellulari:



## Equilibri idrici giornalieri

L' $H_2O$  totale è mantenuta costante attraverso continui scambi tra i vari compartimenti (intracel ed extracel) e all'azione di organi che scambiano  $H_2O$  con l'esterno (pelle, app. respir, **rene**, app. g.i.)

### Assunzione

bevande	1.5 (litri)
alimenti	1.0
ossidazione (metabolica)	0.3
<b>totale</b>	<b>2.8 l/giorno</b>

### Eliminazione

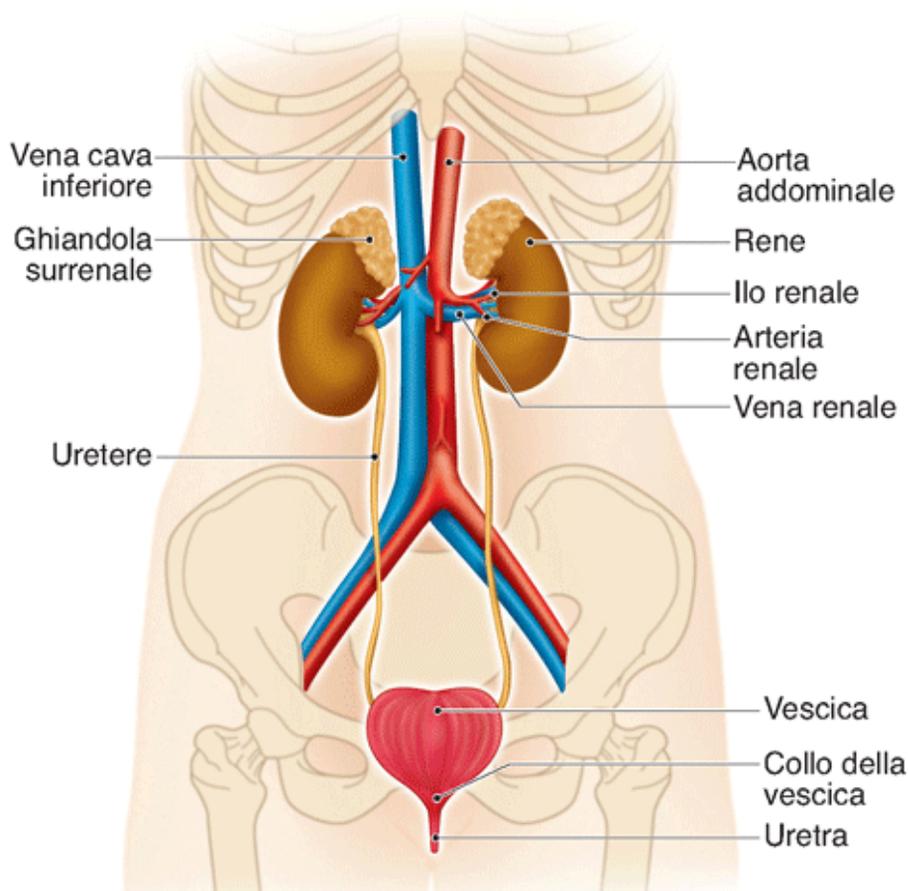
urine	1.5 (litri)
pelle	0.8
respiraz.	0.4
feci	0.1
<b>totale</b>	<b>2.8 l/giorno</b>

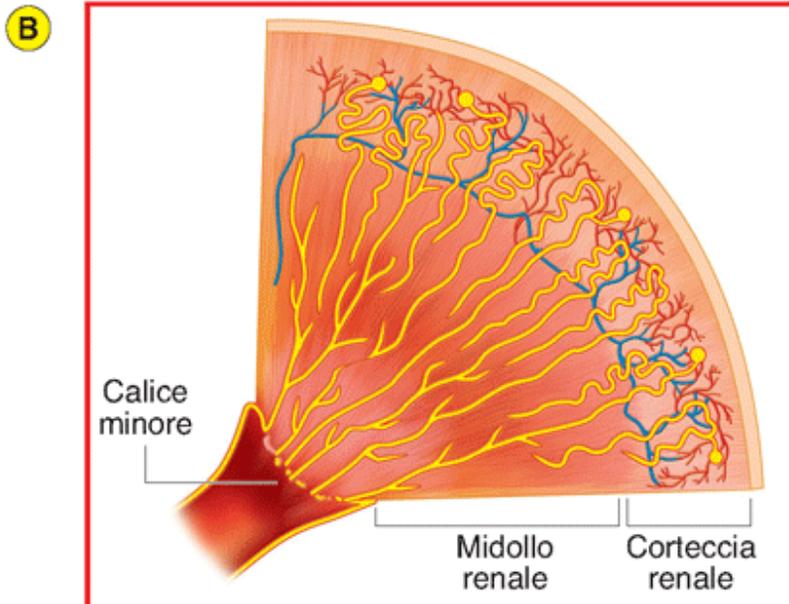
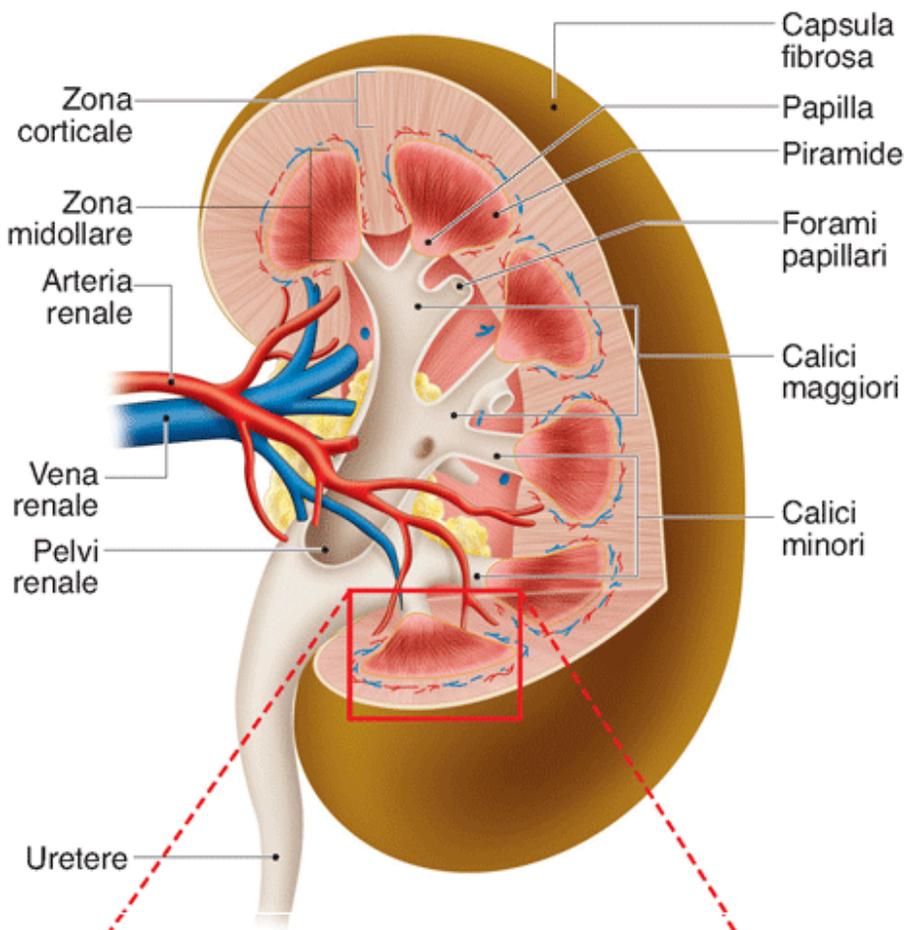
Il rene è responsabile del ricambio idrico ed è la principale via per eliminare acqua dall'organismo.

Il rene mantiene costante la **composizione** ed il **volume** dei liquidi corporei

## • La funzione renale

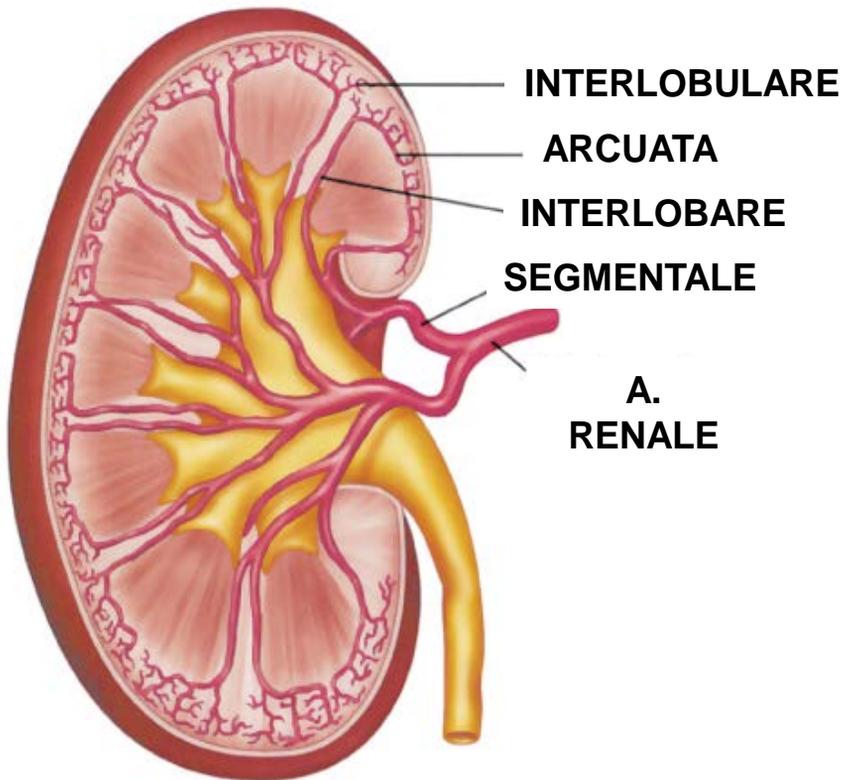
- composizione ionica, osmolarità e volume plasmatico
- volume di urina
- Composizione di urina (regola la quantità di soluti eliminati)
- pH dell'urina (equilibrio acido-base)
- escrezione dei prodotti metabolici (urea, acido urico, creatinina, prodotti della degradazione di emoglobina)
- funzione endocrina (eritropoietina, vitamina D, renina)
- Sintesi glucosio (gluconeogenesi)



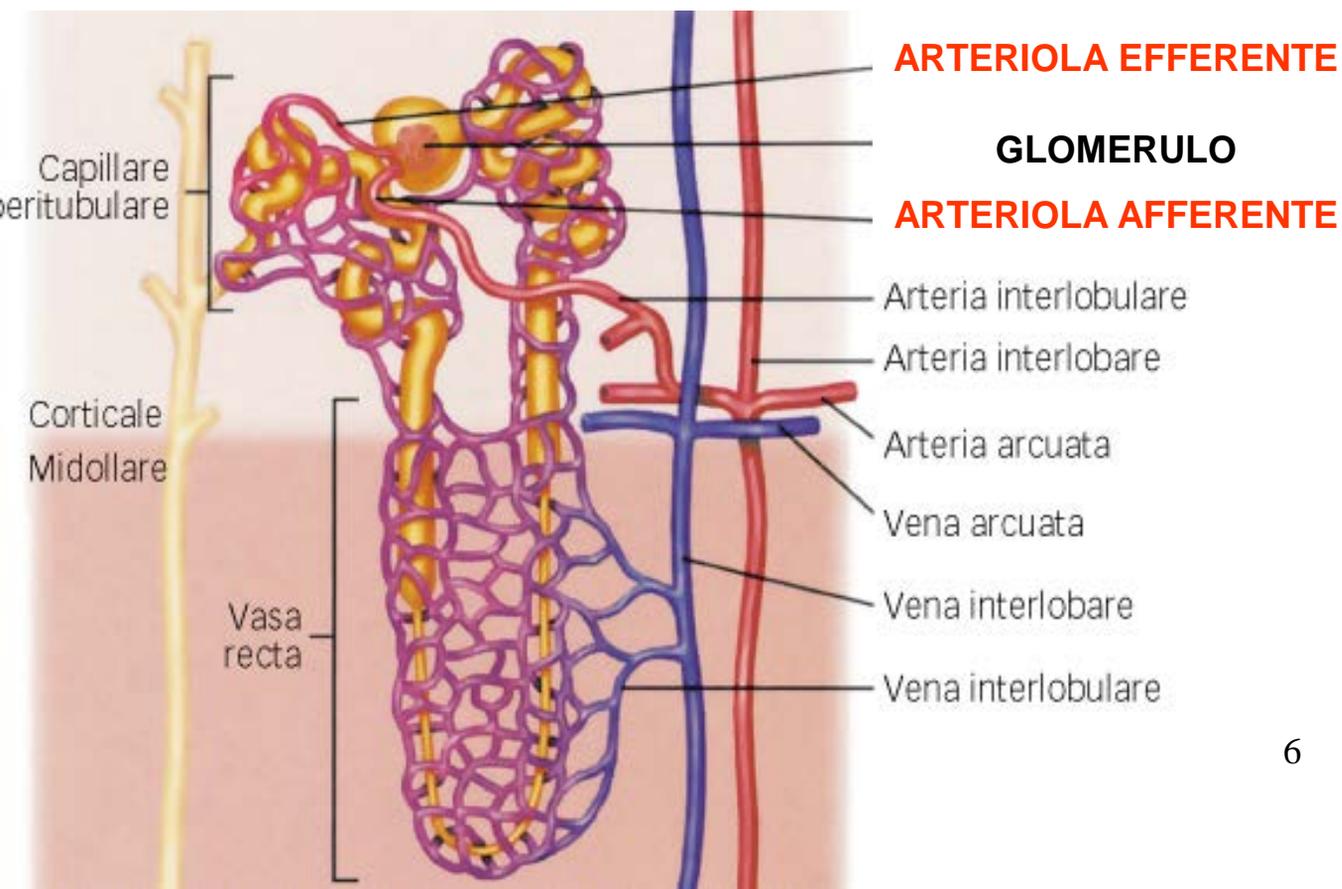


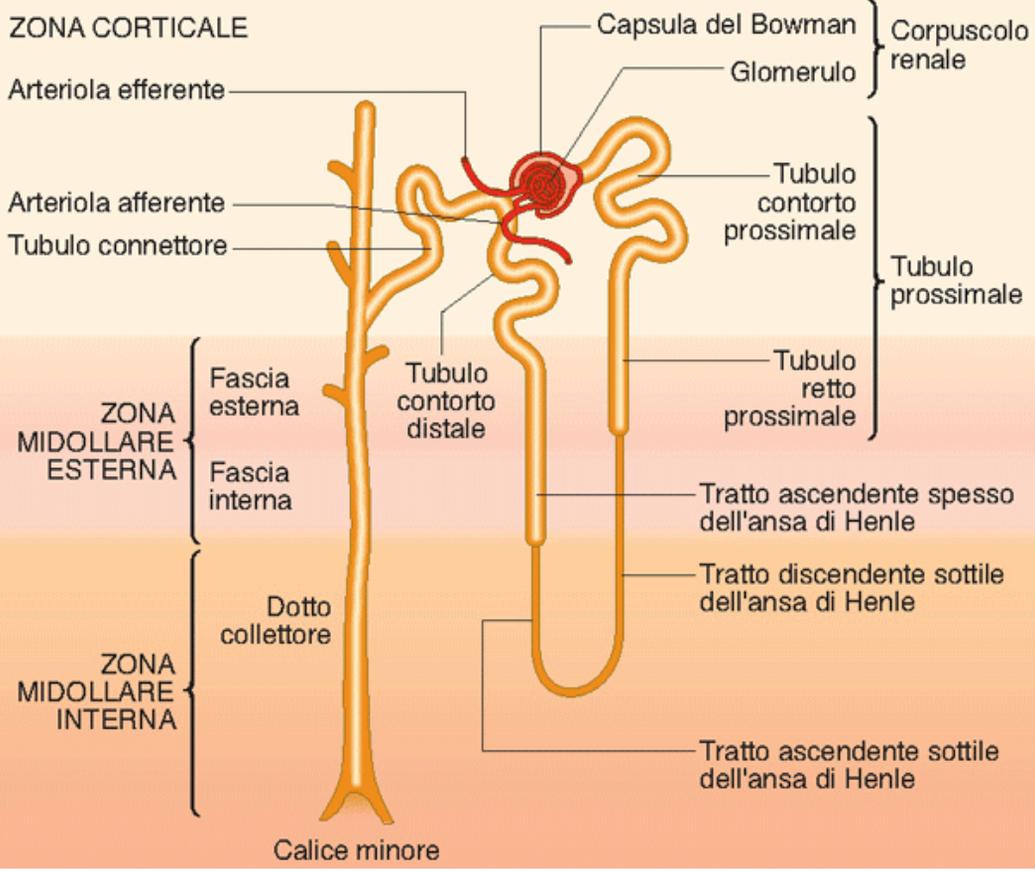
Ogni piramide renale contiene nefroni, UNITA' FUNZIONALE DEL RENE (1 milione/rene)

# Arterie e vene renali



## I vasi del nefrone

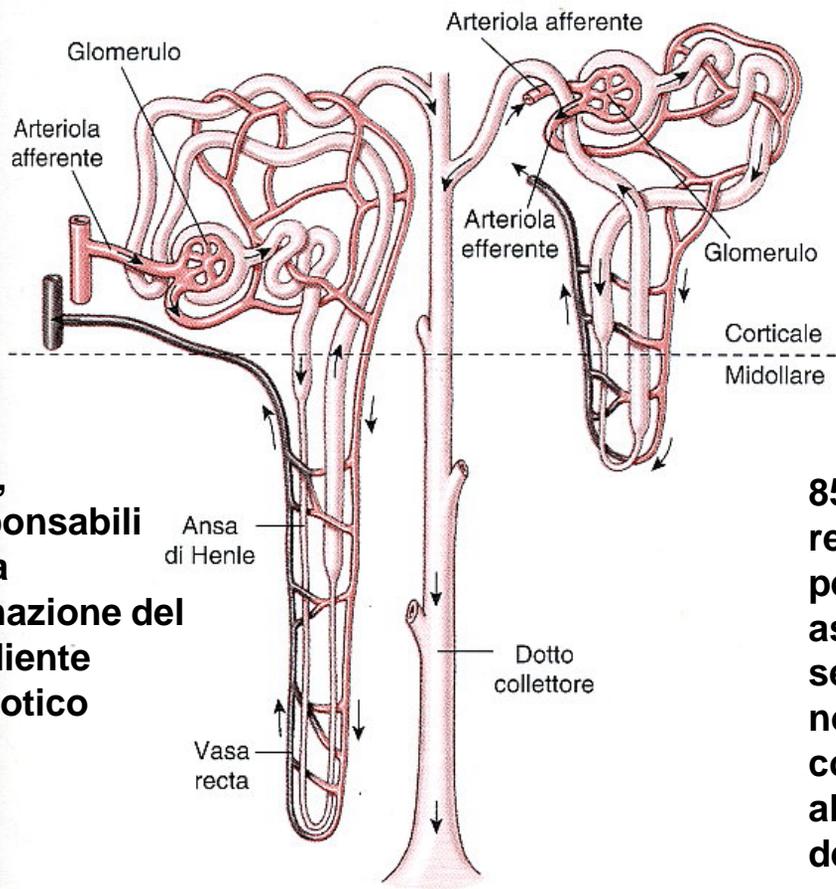




**Il nefrone:  
l'unità  
funzionale  
renale**

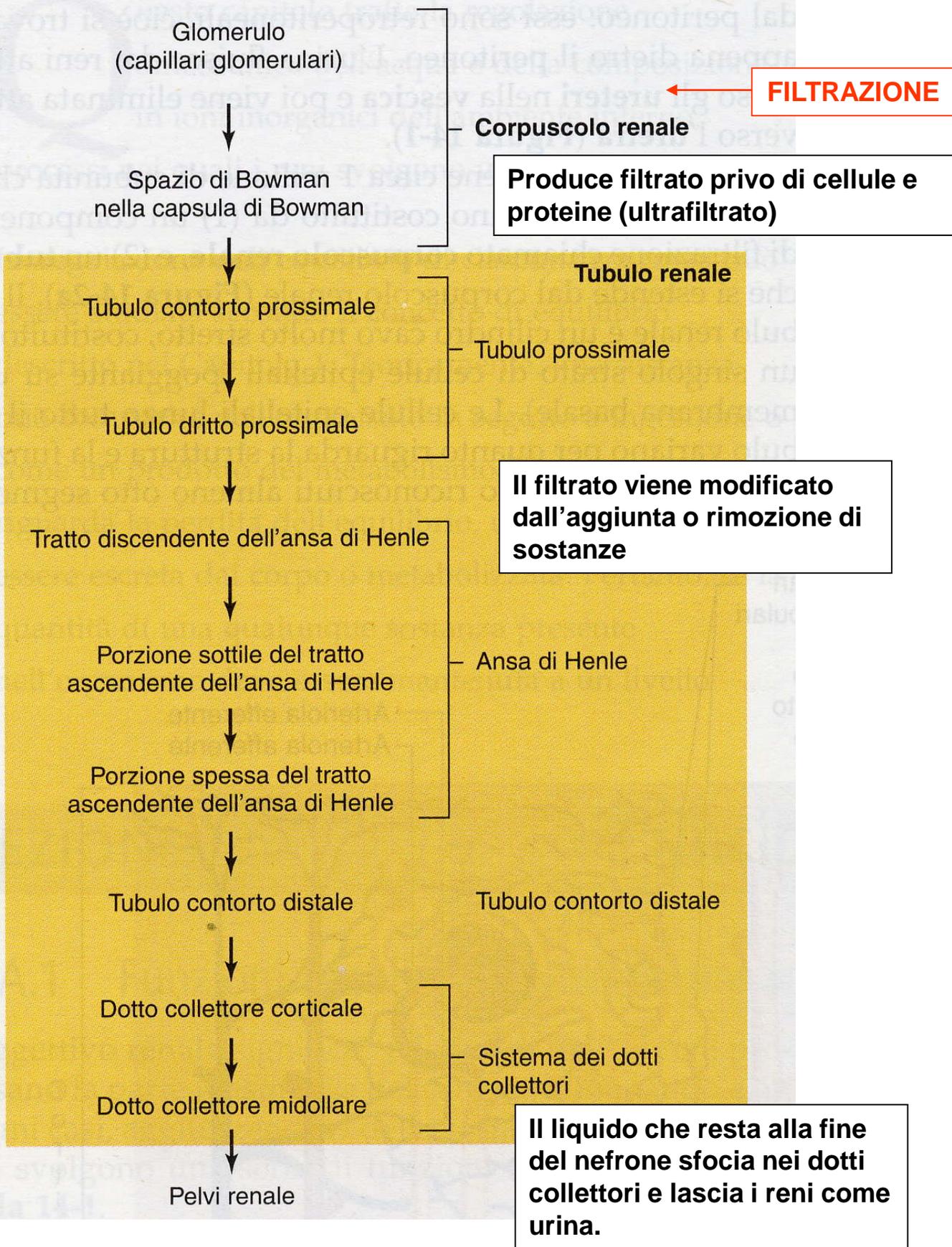
**A Nefrone juxtamidollare**

**B Nefrone corticale**

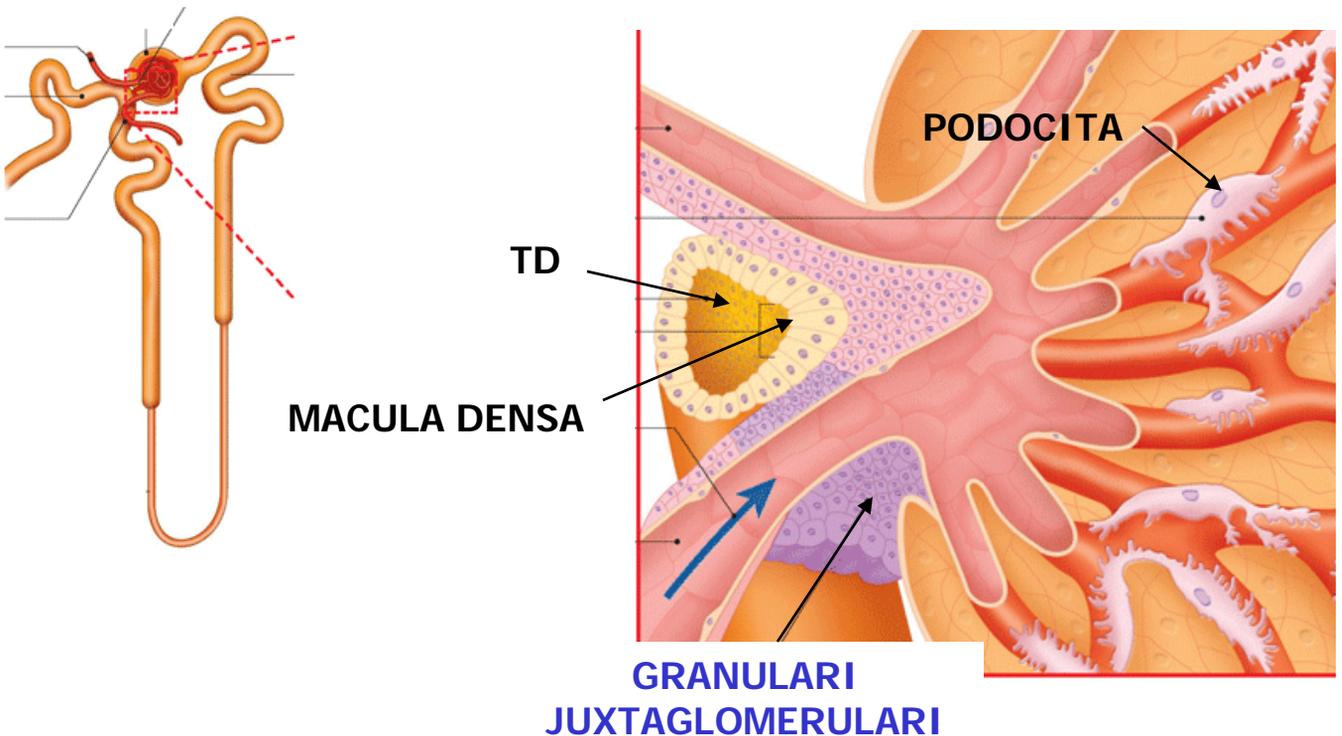


**15%,  
responsabili  
della  
formazione del  
gradiente  
osmotico**

**85%,  
responsabili  
per  
assorbimento e  
secrezione,  
non  
contribuiscono  
all'ipertonicità  
della midollare.**



- **L'apparato juxtaglomerulare**



- Localizzato dove il tubulo distale (TD) entra in contatto con le arteriole afferente ed efferente

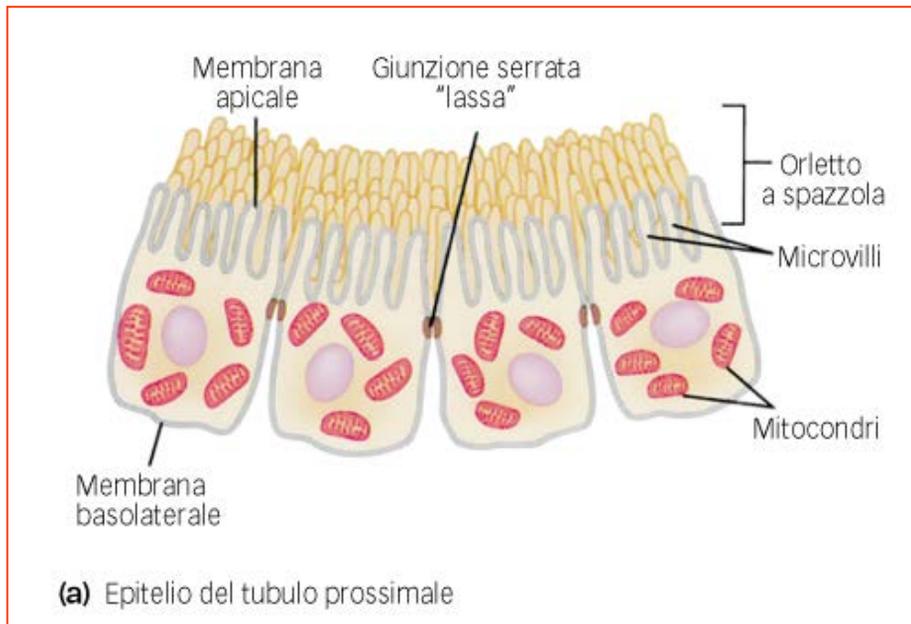
Costituito da:

**macula densa** (cellule epiteliali tubulari specializzate)

**cellule granulari** (juxtaglomerulari) sulla parete delle arteriole (producono renina).

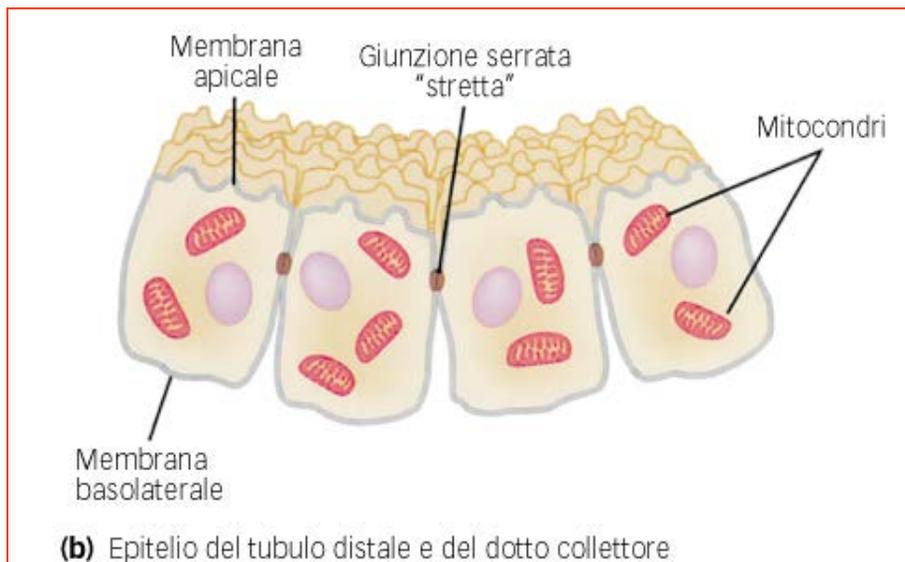
**L'apparato juxtaglomerulare ha un'azione importante nella regolazione di pressione e volume sanguigni**

# EPITELIO DEL TUBULO PROSSIMALE

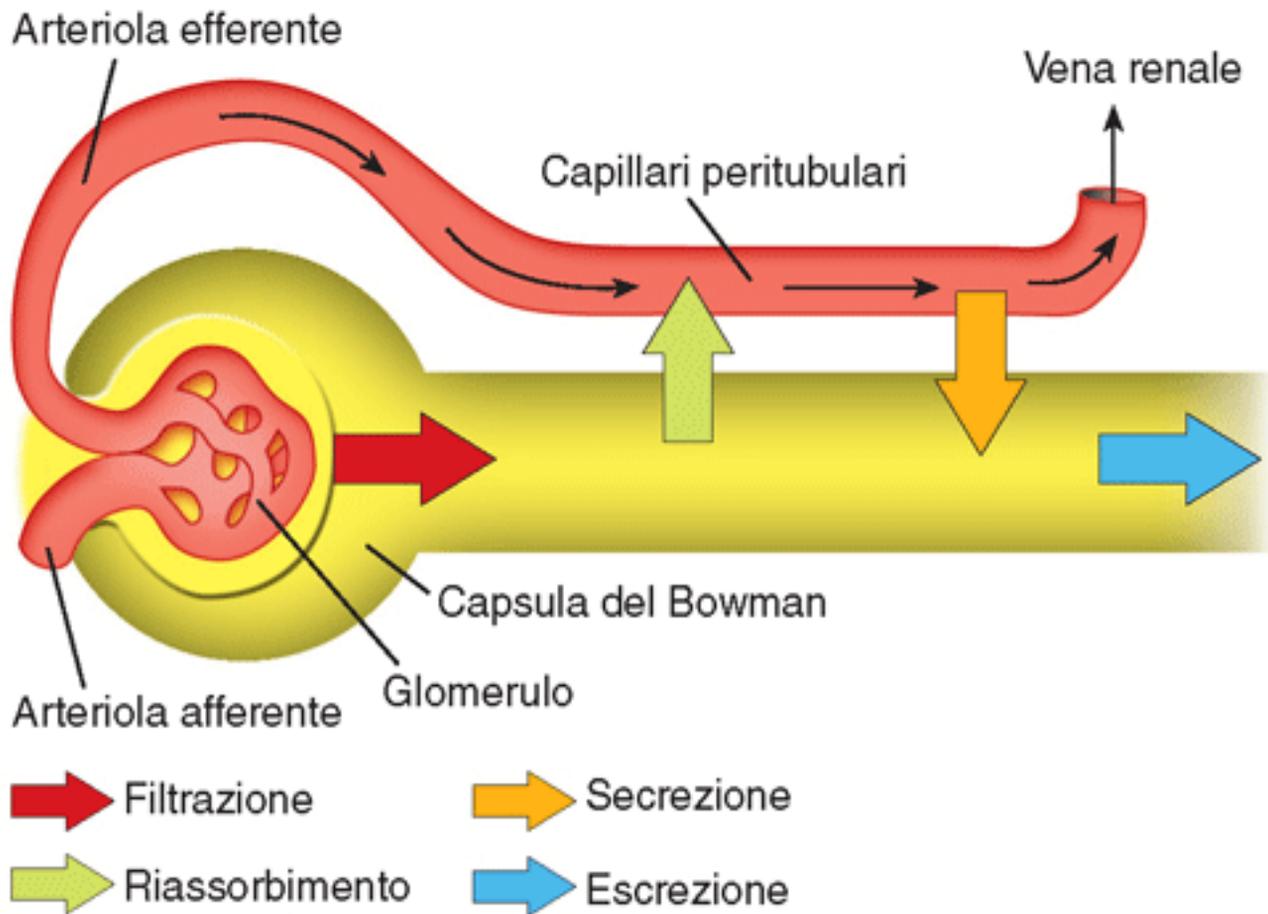


**SINGOLO STRATO DI CELLULE EPITELIALI, DIFFERENTI PER STRUTTURA E FUNZIONE.**

# EPITELIO DEL TUBULO DISTALE E DEL DOTTO COLLETTORE



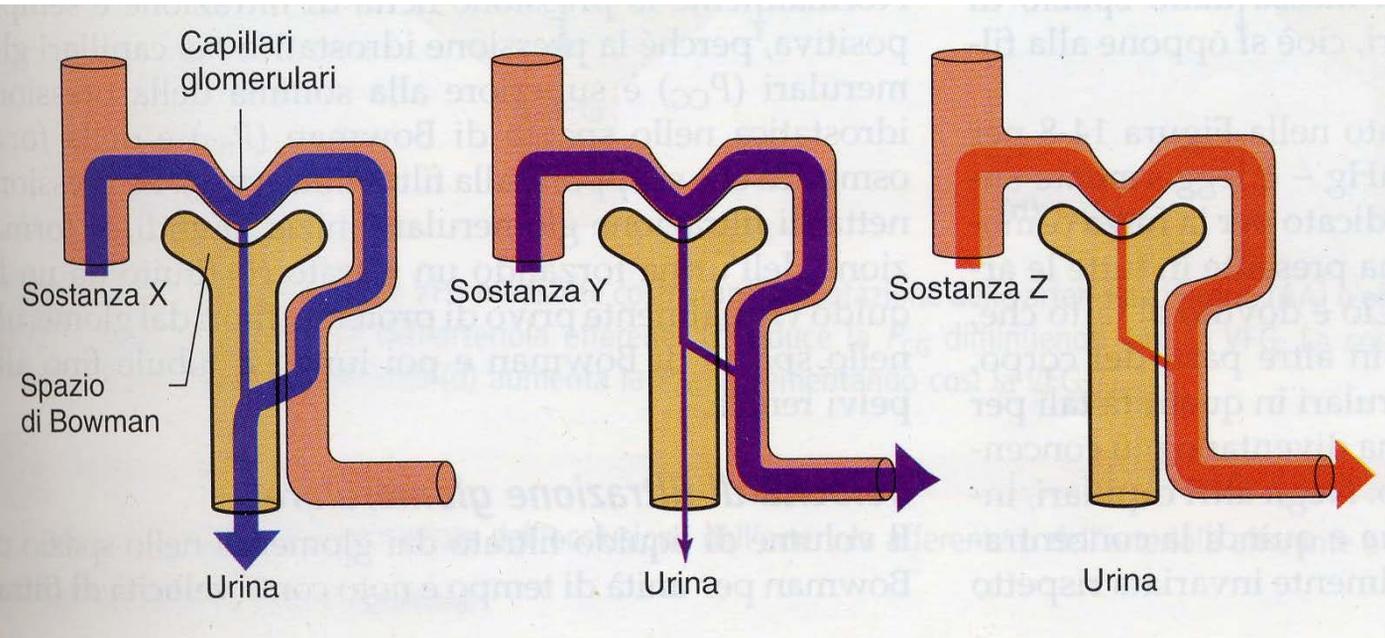
# FILTRAZIONE, RIASSORBIMENTO, SECREZIONE



**Filtrazione:** movimento di acqua e soluti dal sangue al lume del nefrone. Avviene solo nel corpuscolo renale, tra la parete dei capillari glomerulari e della capsula di Bowman. Il filtrato, se non è riassorbito, viene escreto con le urine.

**Riassorbimento:** movimento di acqua e soluti dal lume dei tubuli renali al liquido interstiziale (ai capillari per diffusione)

**Secrezione:** passaggio di sostanze dal sangue al liquido del lume. E' un processo più selettivo della filtrazione, richiede generalmente proteine di membrana per il trasporto.



**FILTRATA, NON  
RIASSORBITA**

**FILTRATA E N  
PARTE  
RIASSORBITA**

**FILTRATA E  
COMPLETAMENTE  
RIASSORBITA**



**Plasma ripulito da X**

**Y riassorbito solo in  
parte; quanto non  
riassorbito lascia  
l'organismo (escreto)**

**Z riassorbito  
totalmente;  
filtrazione ed  
assorbimento si  
annullano a vicenda**

## Variazioni di volume ed osmolarità del filtrato lungo il nefrone

REGIONE DEL NEFRONE	VOLUME DEL LIQUIDO	OSMOLARITÀ
CAPSULA BOWMAN	180 L/die	300 mOsM
FINE DEL TUBULO PROSSIMALE	54 L/die	300 mOsM
FINE ANSA HENLE	18 L/die	100 mOsM
FINE DEL DOTTO COLLETTORE (urina)	1,5 L/die (media)	50-1200 mOsM

**Dei 180 L nei tubuli renali, solo 1.5 L di urina sono escreti: > 99% del filtrato dal plasma viene riassorbito.**

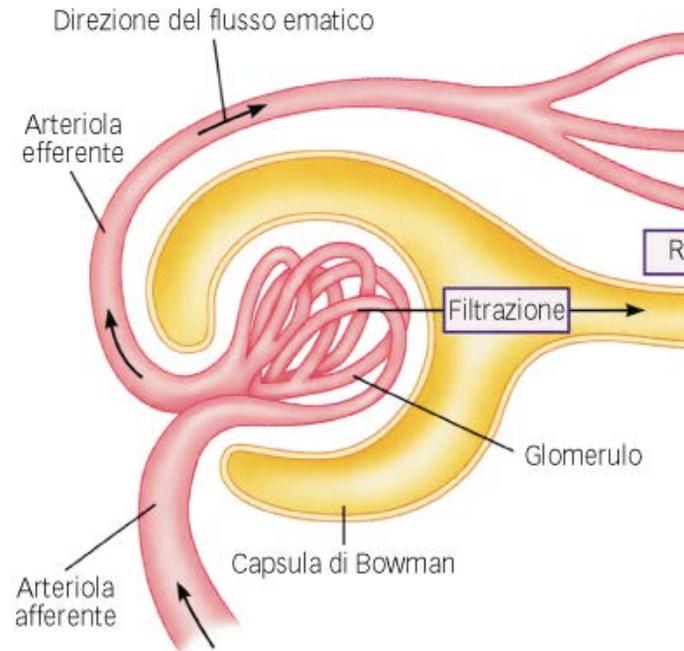
## Composizione dell'urina

Sostanza	Concentrazione
H <sub>2</sub> O	~5.55 (mol/l)
Urea	200-400 mmol/l
Na <sup>+</sup>	30-150 mmol/l
Cl <sup>-</sup>	30-150 mmol/l
K <sup>+</sup>	30-300 mmol/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	30-50 mmol/l
Creatinina	6-20 mmol/l
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3-20 mmol/l
Ca <sup>2+</sup>	3-12 mmol/l
Mg <sup>2+</sup>	2-18 mmol/l
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1 mmol/l
D-Glucosio	0,1 mmol/l
H <sup>+</sup>	0,01 mmol/l
pH	5,0-7,0
Osmolalità	500-800 mOsm

# IL CORPUSCOLO RENALE: FILTRAZIONE

La prima fase della formazione dell'urina è la **filtrazione** del sangue, da cui sono estratti soluti ed  $H_2O$ .

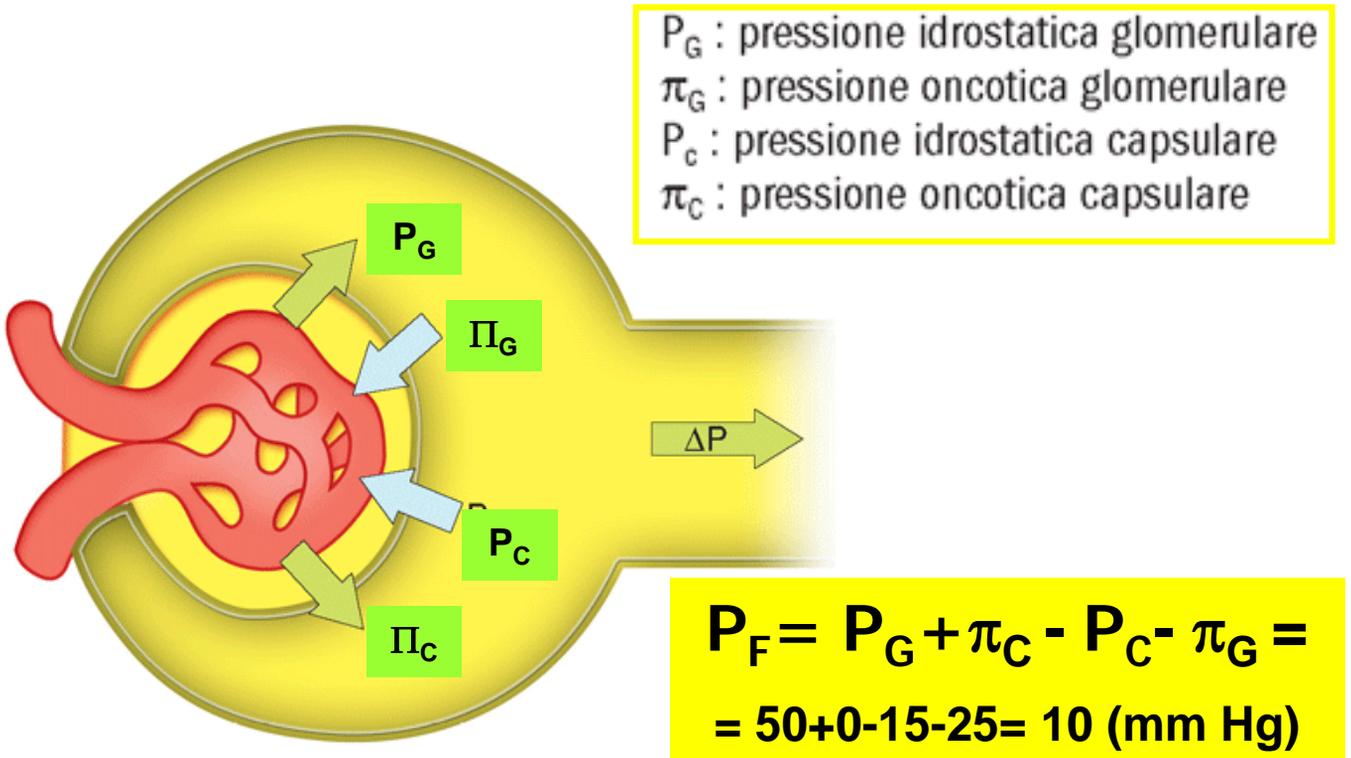
Ha sede nel corpuscolo renale.



La filtrazione nel glomerulo è analoga alla filtrazione tra capillari e cellule, con la differenza che il fluido attraversa 3 barriere:

- endotelio capillare
- lamina basale (strato proteico acellulare, membrana basale)
- epitelio che riveste la capsula di Bowman

# FORZE COINVOLTE NELLA FILTRAZIONE



La pressione netta di filtrazione glomerulare  $P_F$  è il risultato di 4 forze (Starling):

$P_G$ : pressione idrostatica dei capillari glomerulari = 50 mm Hg  
(favorisce filtrazione)

$P_C$ : pressione idrostatica nella capsula di Bowman = 15 mm Hg (contrastata la filtrazione)

$\pi_C$ : pressione oncotica nella capsula di Bowman = 0 (favorisce filtrazione)

$\pi_G$ : pressione oncotica glomerulare = 25 mm Hg (contrastata la filtrazione)

# Velocità di filtrazione glomerulare (VFG)

VFG, velocità di filtrazione glomerulare, è il volume di liquido filtrato dai glomeruli nell'unità di tempo:

$$\text{VFG} = 125 \text{ ml/min}$$

Frazione di filtrazione renale: volume di plasma filtrato nell'unità di tempo

$$\text{frazione di filtrazione} = \text{VFG/FPR}$$

Poiché FER = 1100 ml/min (20% gettata cardiaca) e la % di ematocrito è pari al 45%, il flusso plasmatico renale (FPR) vale:

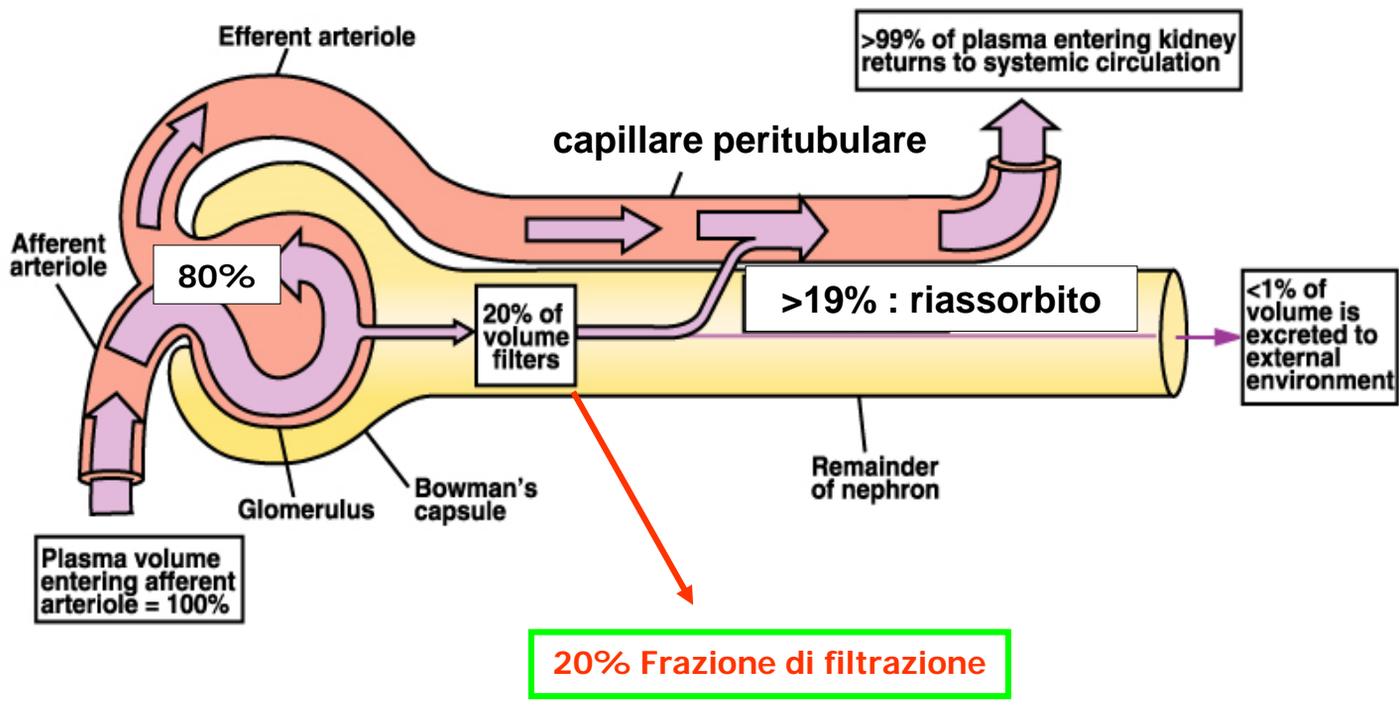
$$\text{FPR} = \text{FER} * 0.55 = 1100 \text{ ml/min} * 0.55 = 605 \text{ ml/min}$$

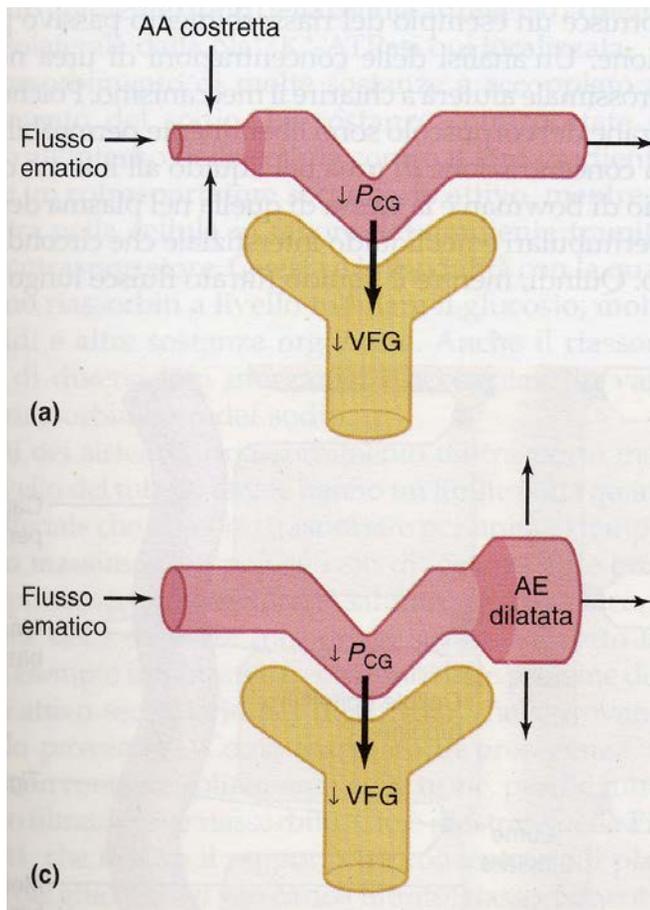
Da cui:

$$\text{frazione di filtrazione} = \text{VFG/FPR} = 125/605 = 0.2 = 20\%$$

**NEI GLOMERULI VIENE FILTRATO IL 20% DEL PLASMA CHE ATTRAVERSA I RENI.**

La VFG, regolata dalla pressione netta di filtrazione, può variare in seguito a stimoli nervosi ed ormonali diretti alle arteriole afferenti ed efferenti, che causano variazioni della pressione netta di filtrazione glomerulare.

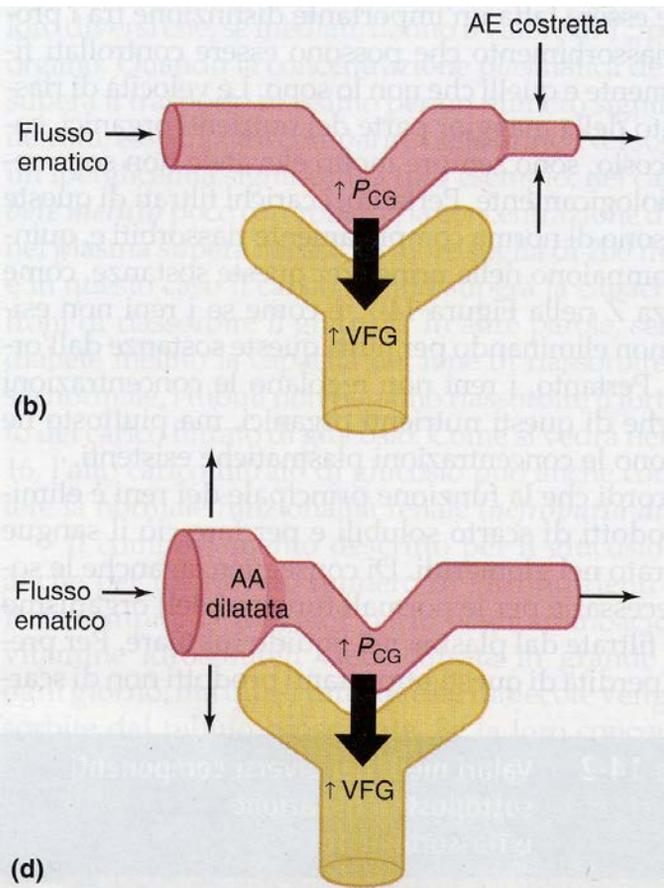




**VFG DIMINUISCE se:**

Costrizione arteriola AFFERENTE:  
**riduce PCG e quindi VFG**

dilatazione arteriola EFFERENTE:  
**riduce PCG e quindi VFG**

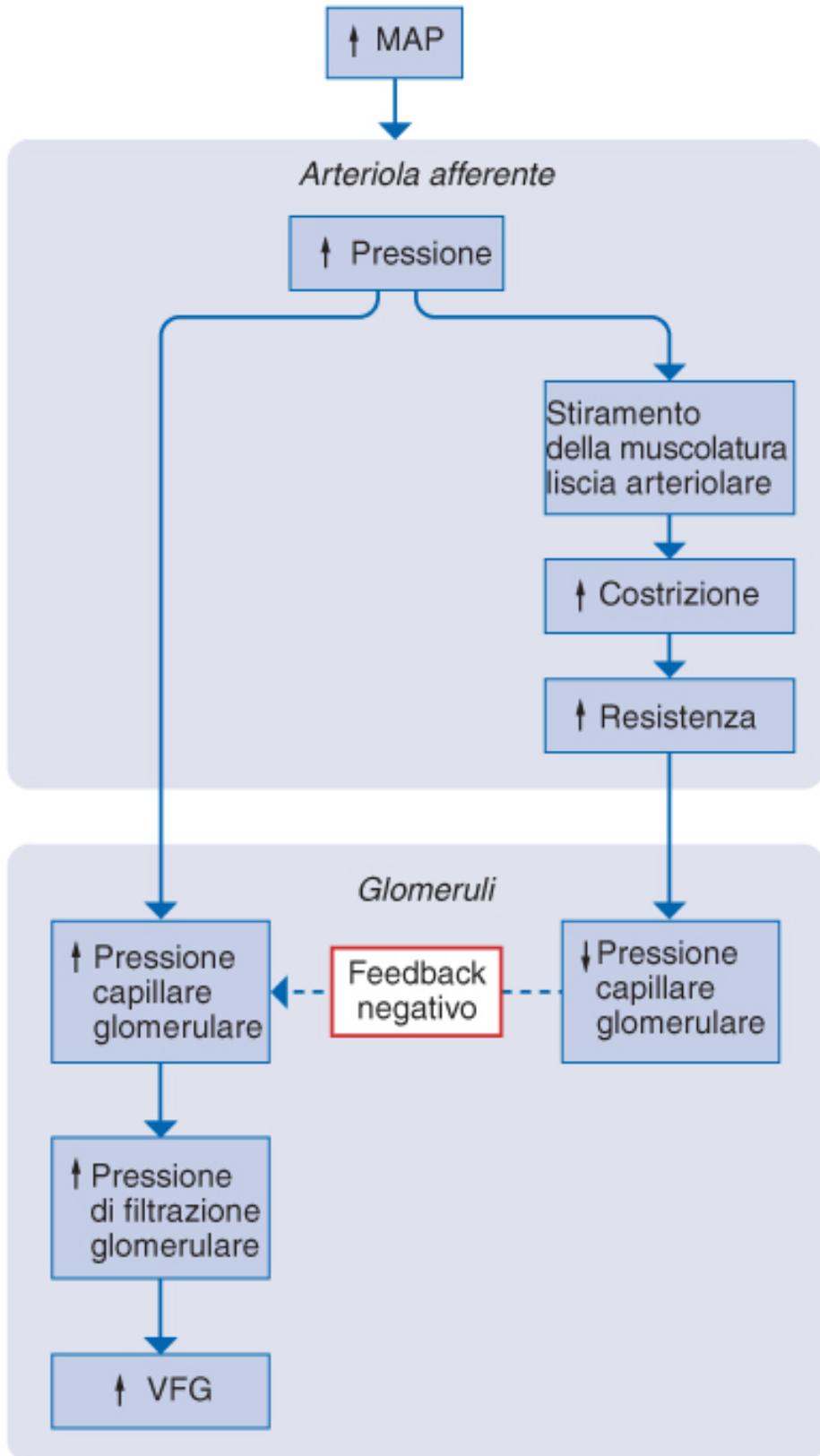


**VFG AUMENTA se:**

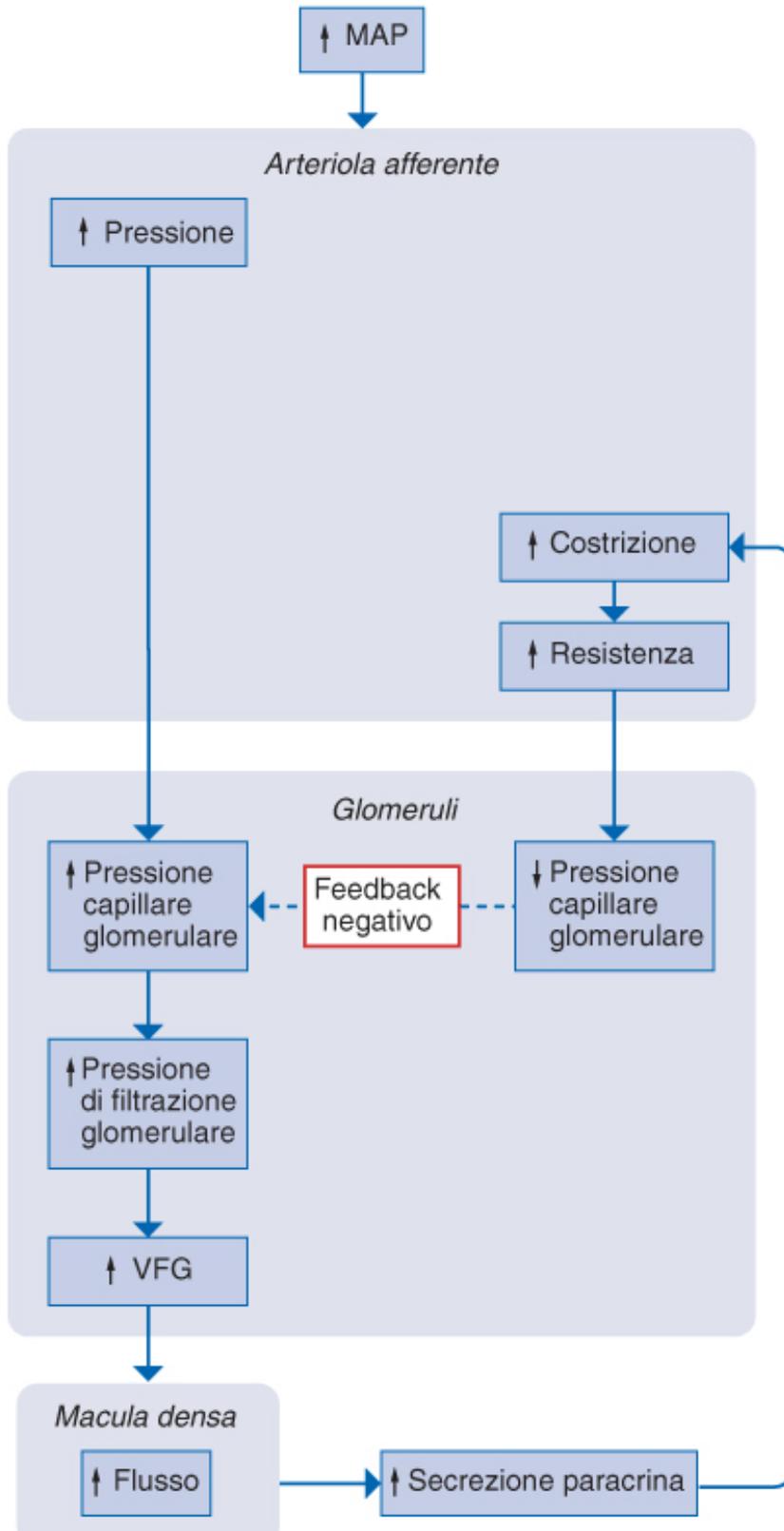
costrizione arteriola EFFERENTE:  
**aumenta PCG e quindi VFG**

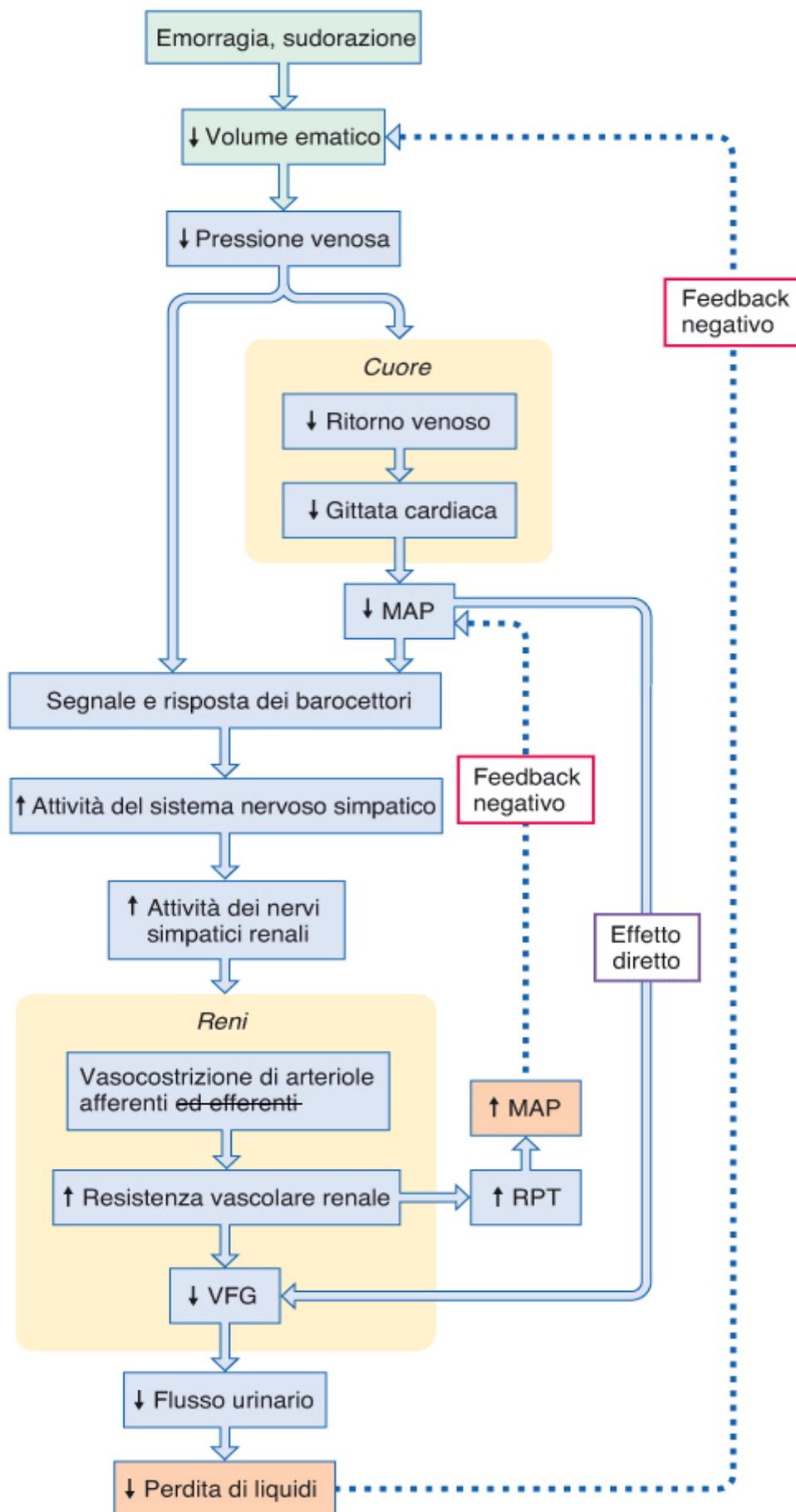
dilatazione arteriola AFFERENTE:  
**aumenta PCG e quindi VFG**

# CONTROLLO INTRINSECO DELLA VFG: REGOLAZIONE MIOGENA



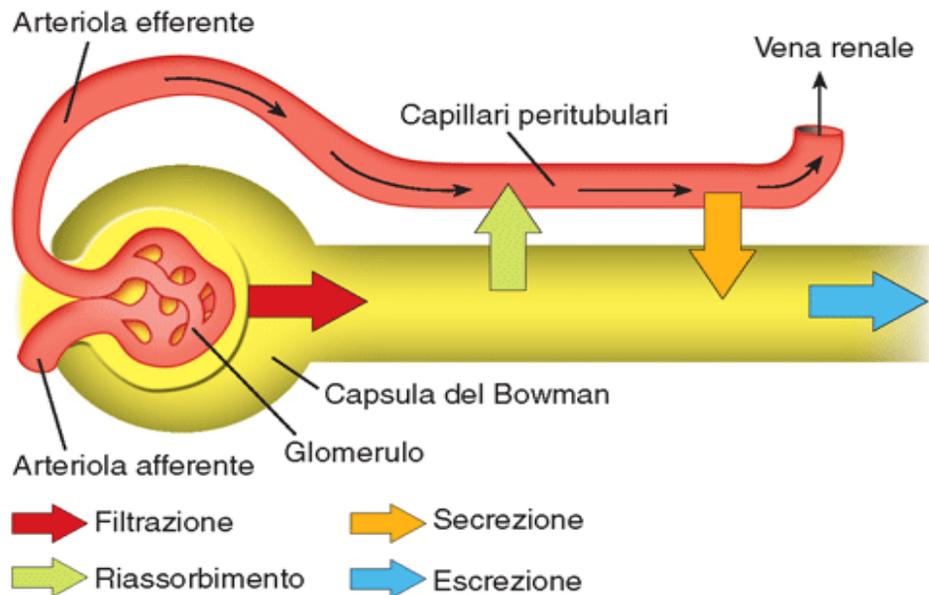
# CONTROLLO INTRINSECO DELLA VFG: FEEDBACK TUBULO GLOMERULARE





# VALUTAZIONE DELLA FUNZIONE RENALE

$$Q.\text{escreta} = q.\text{filtrata} - q.\text{riassorbita} + q.\text{secreta}$$



## Clearance renale

La clearance di 1 soluto ( $C_s$ ) =

volume plasma depurato dalla sostanza nell'unità di tempo.

Si calcola come: velocità escrezione/conc.plasmatica

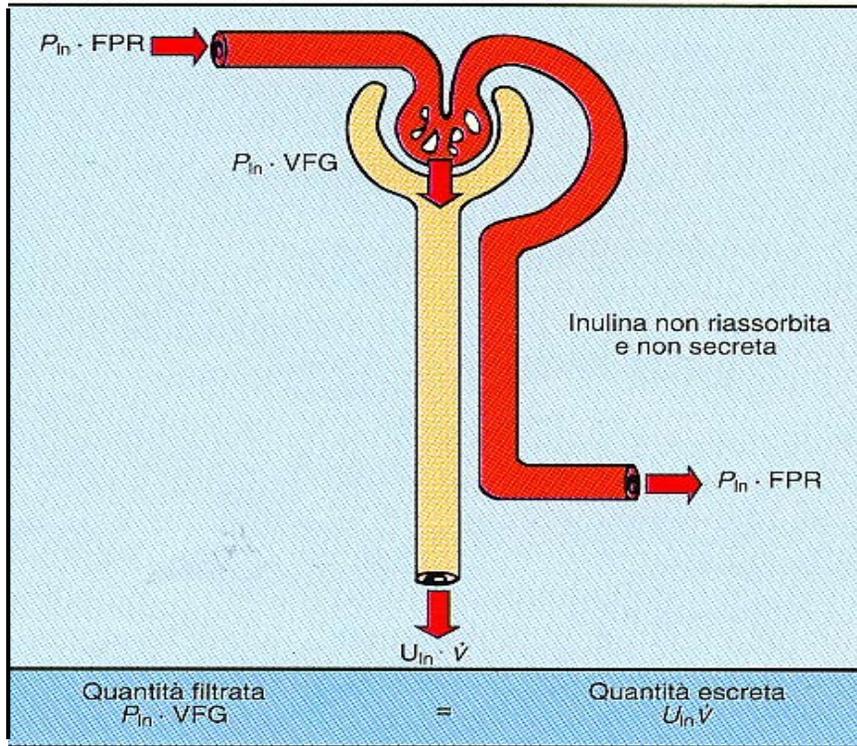
$$C_s = F_u * U_s / P_s \text{ (ml/min)}$$

$P_s$  = concentrazione del soluto s nel plasma

$F_u$  = flusso urinario

$U_s$  = concentrazione del soluto s nell'urina

# Clearance dell'inulina



L'inulina è un polisaccaride non riassorbito né secreto (somministrato per via endovenosa), quindi:

Quantità filtrata (minuto) = quantità escreta (minuto)

$$P_{in} * VFG = U_{in} * F_u$$

$$VFG = F_u * U_{in} / P_{in} = C_{in}$$

$P_{in}$  = [inulina] plasmatica

$U_{in}$  = [inulina] urina

$F_u$  = velocità flusso urinario

se una sostanza  $x$  ha  $C_x < C_{in}$  significa che è riassorbita ( $Na^+$ ,  $Cl^-$ , glucosio)

se  $C_x > C_{in}$  la sostanza è secreta ( $K^+$ ,  $NH_3$ )

test clinico per la funzionalità renale: VFG

# Clearance della creatinina

deriva dal metabolismo della creatina (proporzionale alla massa muscolare)

sostanza endogena non riassorbita

Quantità filtrata (minuto)=quantità escreta (minuto)

a differenza dell'inulina, il 10% è secreto dal tubulo (piccolo errore compensato da una sottostima della sua concentrazione nell'urina)

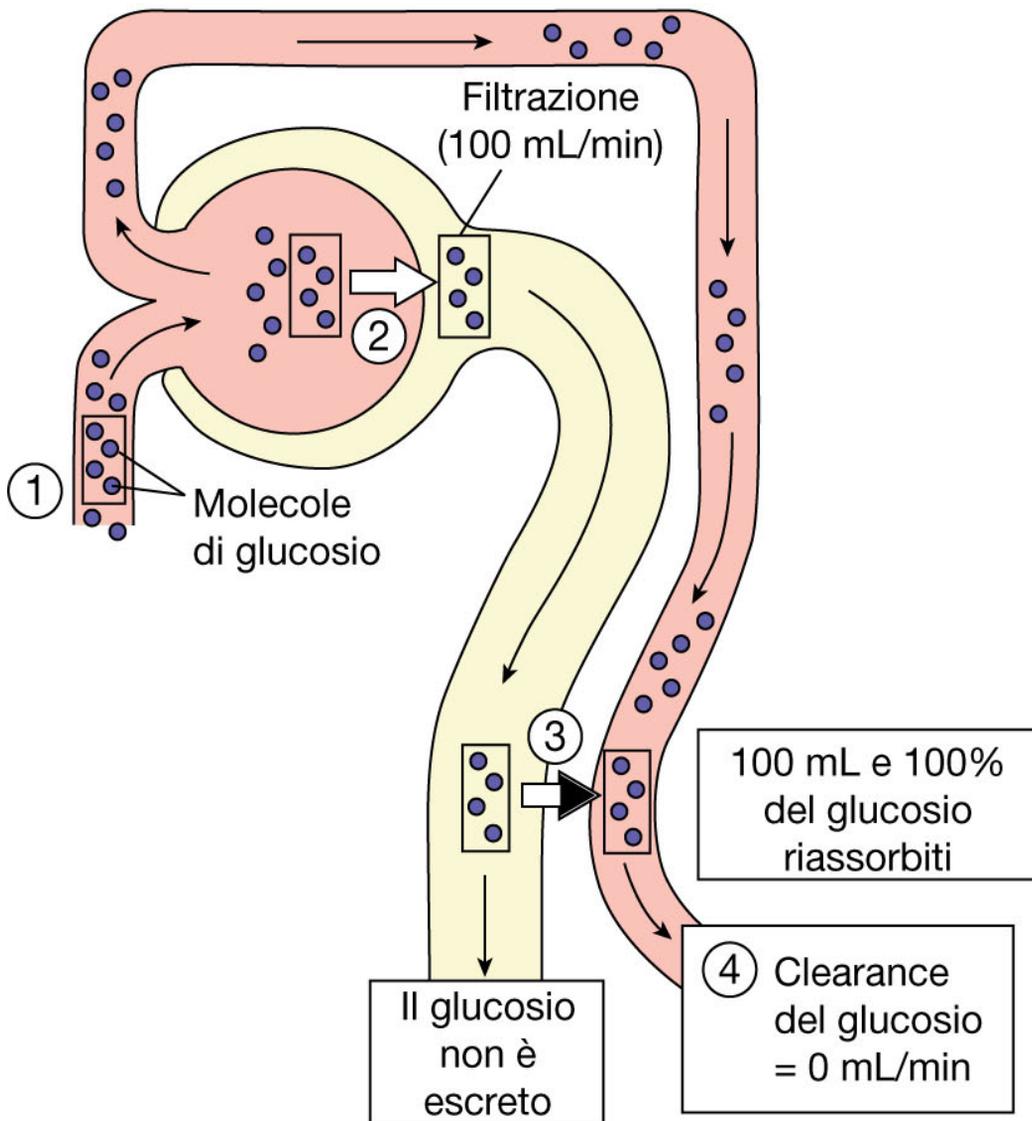
si usa nella pratica clinica per misurare la VFG (non richiede iniezioni di sostanze esogene e raccolta di urine) determinandone la concentrazione plasmatica (Pcr)

# Clearance del glucosio

Completamente **riassorbito**

$$C_{\text{glu}} = F_u \cdot U_{\text{glu}} / P_{\text{glu}}$$

(a) Clearance del glucosio



# Clearance del PAI

filtrato dal glomerulo, non riassorbito e secreto

PAI restante nei capillari renali viene secreto nei tubuli renali: il plasma che entra nel rene è ripulito dal PAI; a basse concentrazioni (0.1 mg/ml) è totalmente secreto dal tubulo, quindi la clearance del PAI è convertito a FER misurando l'ematokrito

la clearance del PAI (acido para-ammino ippurico) permette di determinare il flusso ematico renale (FER)

$$C_{\text{pai}} = f_u \cdot U_{\text{pai}} / P_{\text{pai}} = 700 \text{ ml/min} = \text{FPR}$$

$$\text{FER} = \text{FPR} / (1 - 0.45)$$