

# Fisiologia Renal

Filtração e hemodinâmica renal

Prof Ricardo M. Leão

FMRP-USP

Berne Fisiologia ,capitulo 34 (5ª edição)/32 (6ª edição)



# O rim é o principal controlador da homeostase corporal

## **VISÃO GERAL DA FUNÇÃO RENAL**

*O rim apresenta, no mais alto grau, o fenômeno da sensibilidade, a capacidade de reagir a diversos estímulos na direção apropriada para a sobrevivência do organismo; uma capacidade de adaptação que quase nos faz acreditar que as partes que o compõem devem ser dotadas de inteligência.*

E. STARLING — 1909

*É certo que a integridade mental constitui condição sine qua non para a vida livre e independente. Mas basta que a composição do nosso ambiente interno se modifique, basta que nossos rins deixem de cumprir suas funções por breve momento para que nossa integridade mental, ou nossa personalidade, seja destruída.*

HOMER W. SMITH — 1939



# Para que serve o rim?

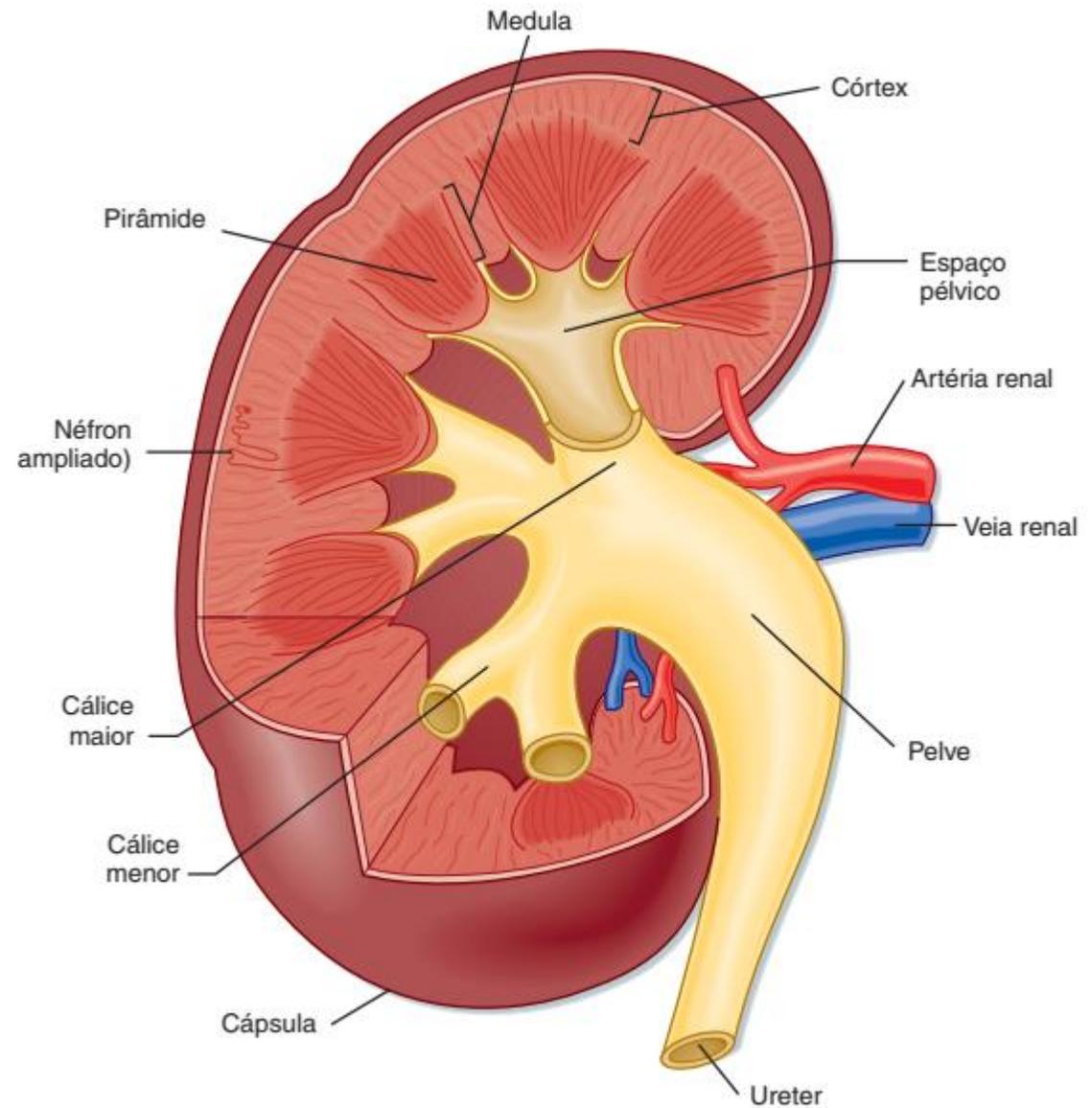
Os rins são órgãos reguladores mais do que excretores!

- Regulação do balanço hídrico, do balanço eletrolítico, do volume e osmolaridades corporais e do equilíbrio ácido-base.
  - Manutenção da homeostase!
- Remoção e excreção de produtos metabólicos endógenos, p.ex. uréia.
- Remoção e excreção de substâncias exógenas.
- Gliconeogênese.
- Secreção de hormônios.
  - Renina
  - Eritropoietina
  - Di-hidroxitamina D

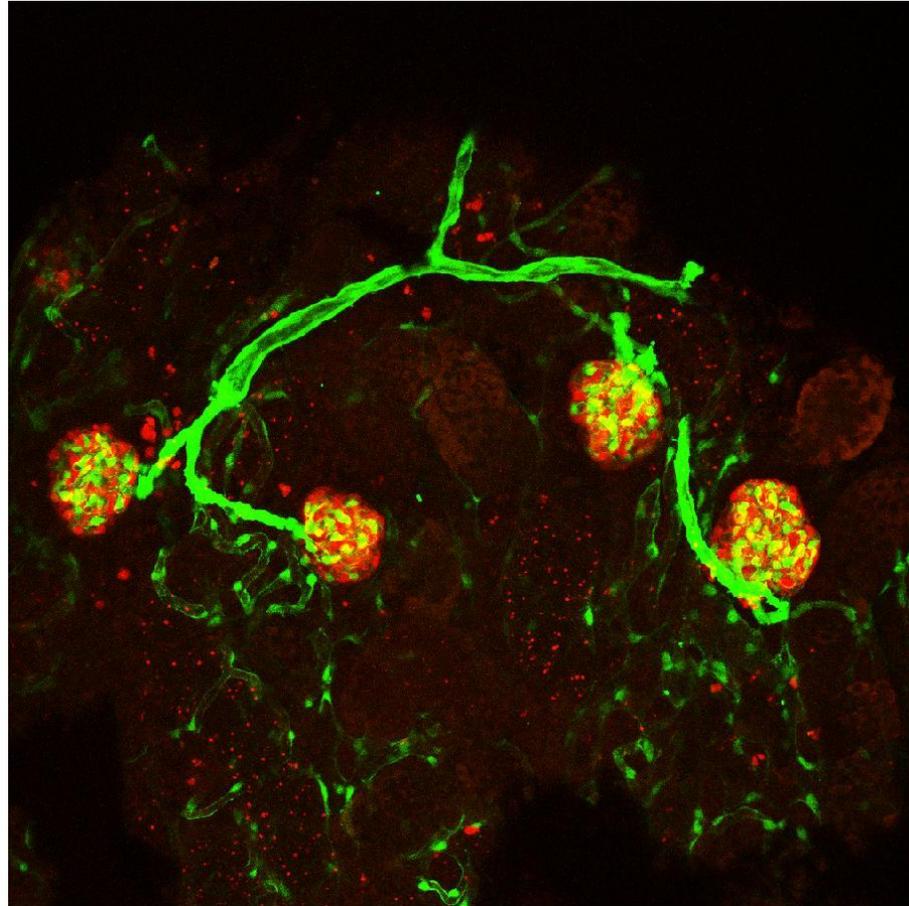


# Anatomia básica do rim

- Cortex (granulado)
- Medula
- Papila
- Calices
  - Menores
  - Principal
- Pelve
- Ureter

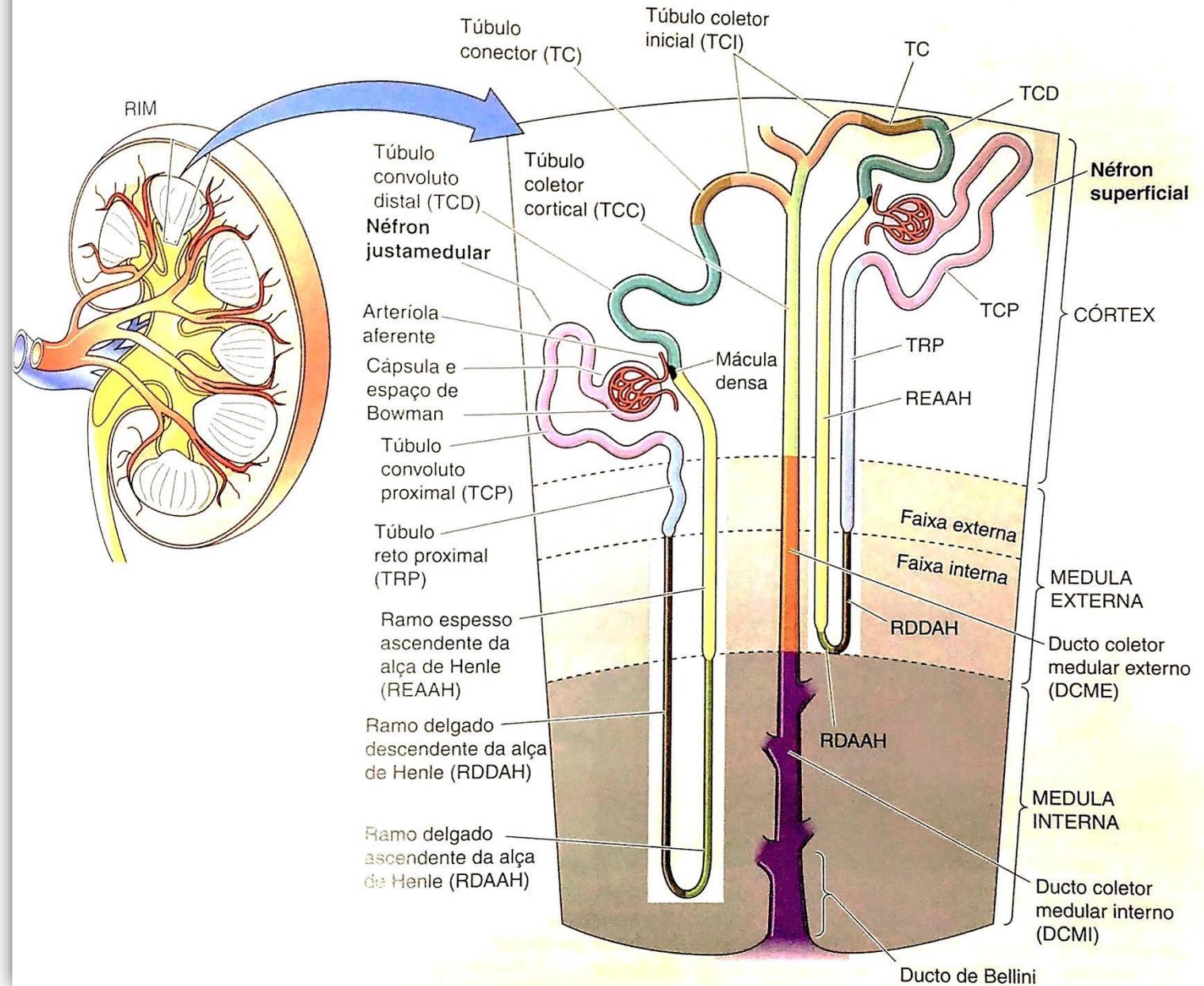


# O néfron



# O néfro

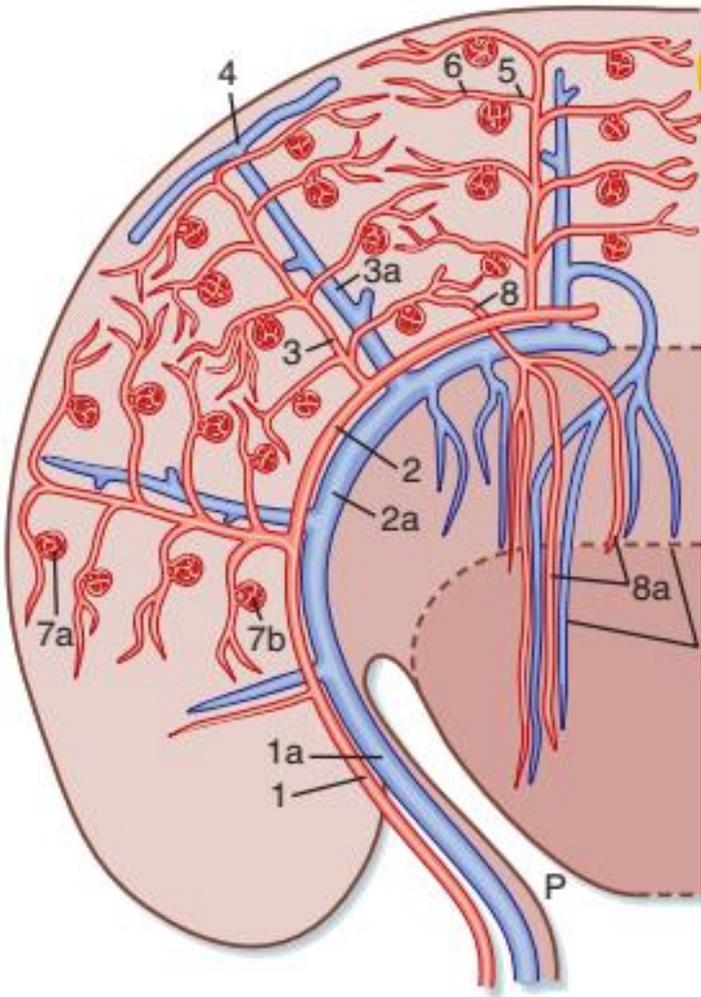
Um rim humano possui  
~1.000.000 de nefrons



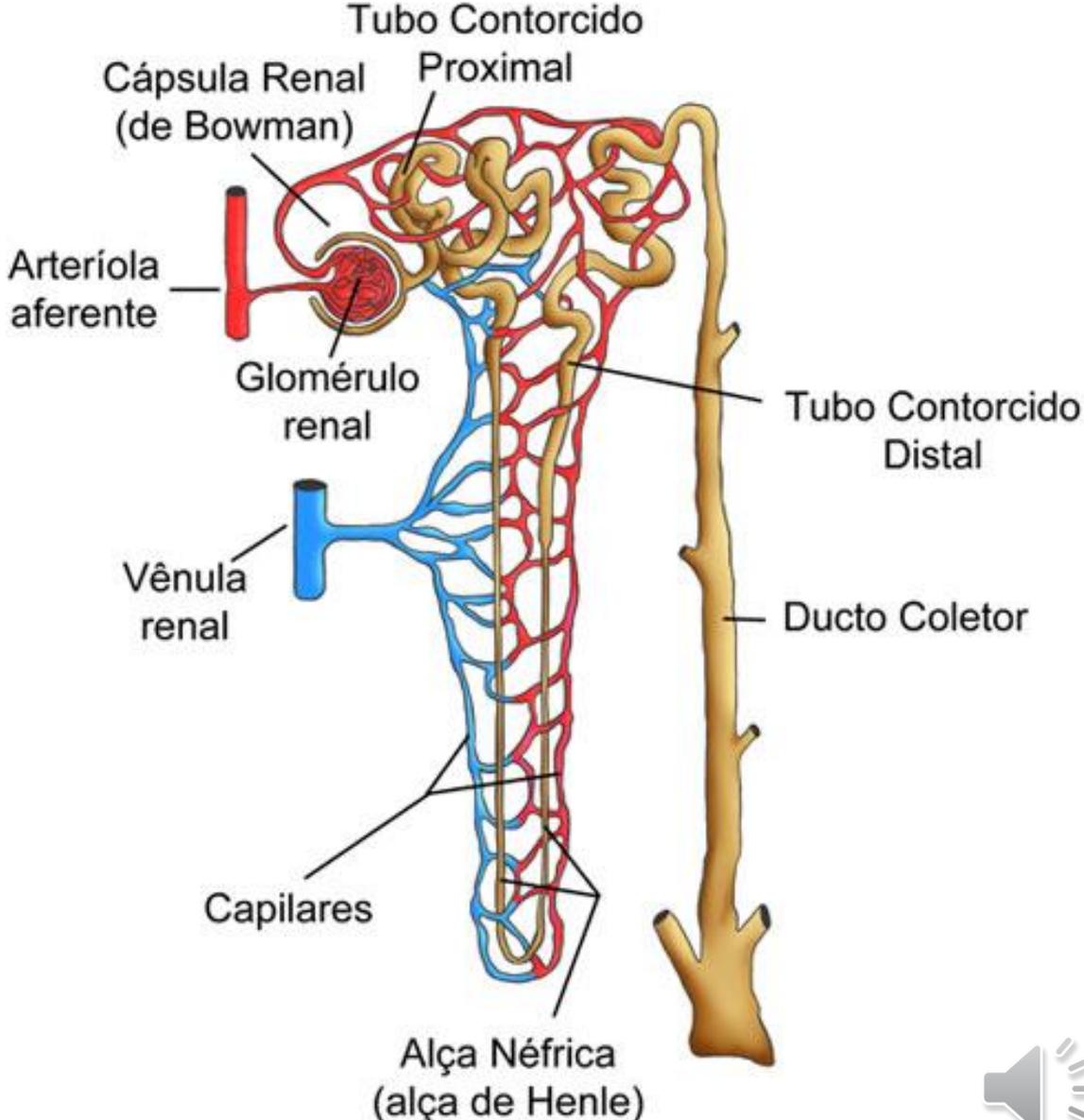
néfrons juxtamedulares (25% dos néfrons humanos)



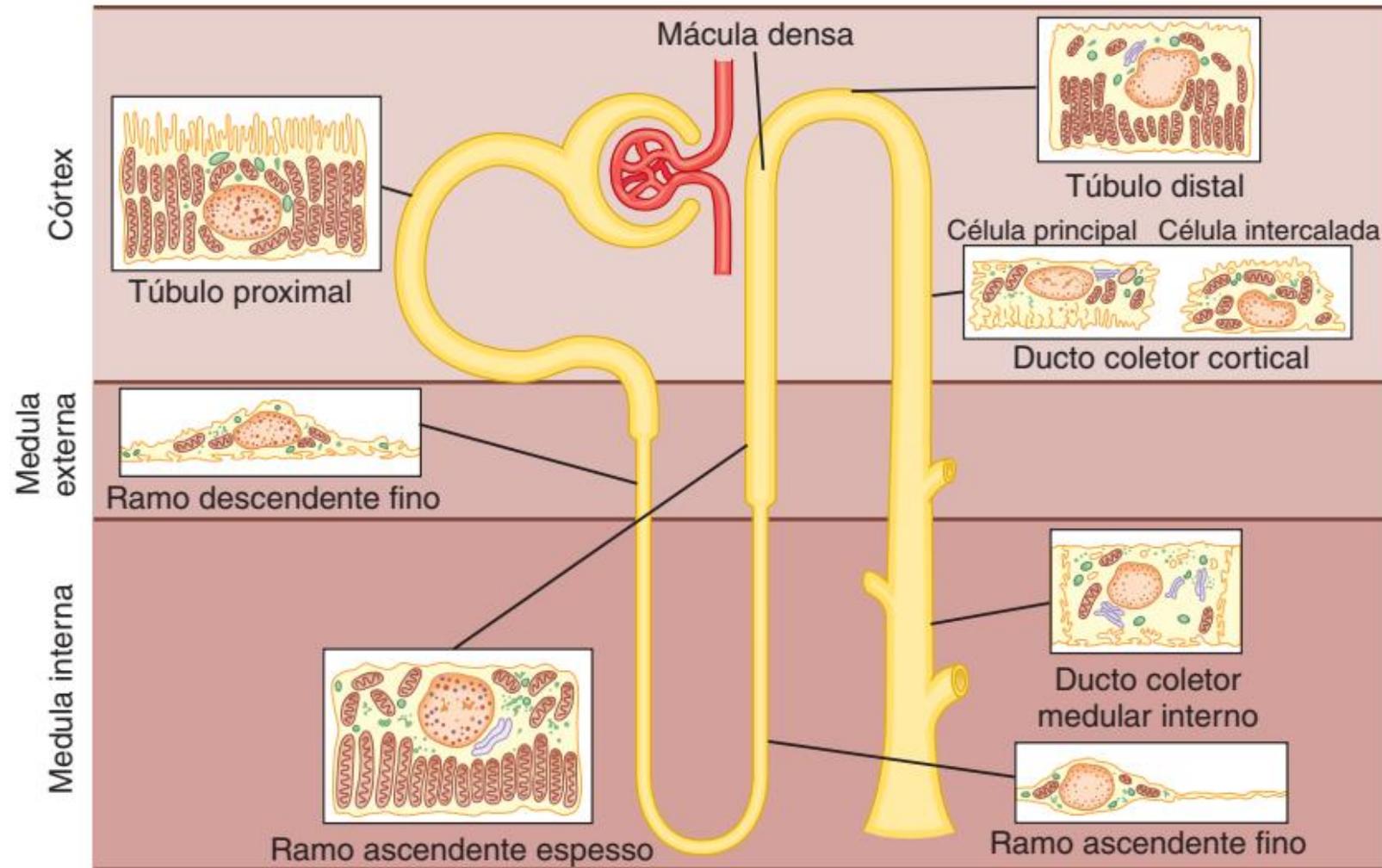
# Vascularização do nefro



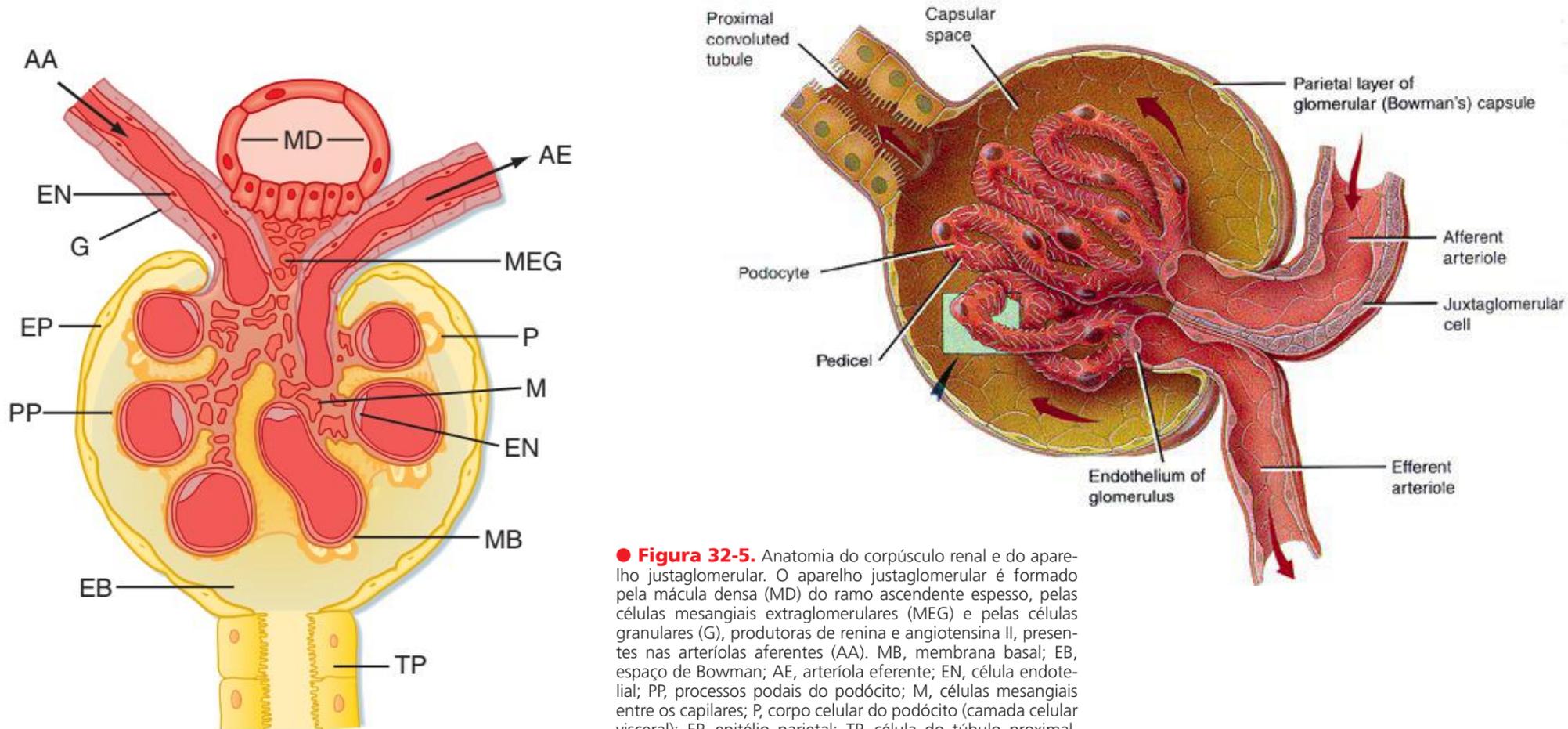
## REGIÕES DO NÉFRON



# Células epiteliais do nefro

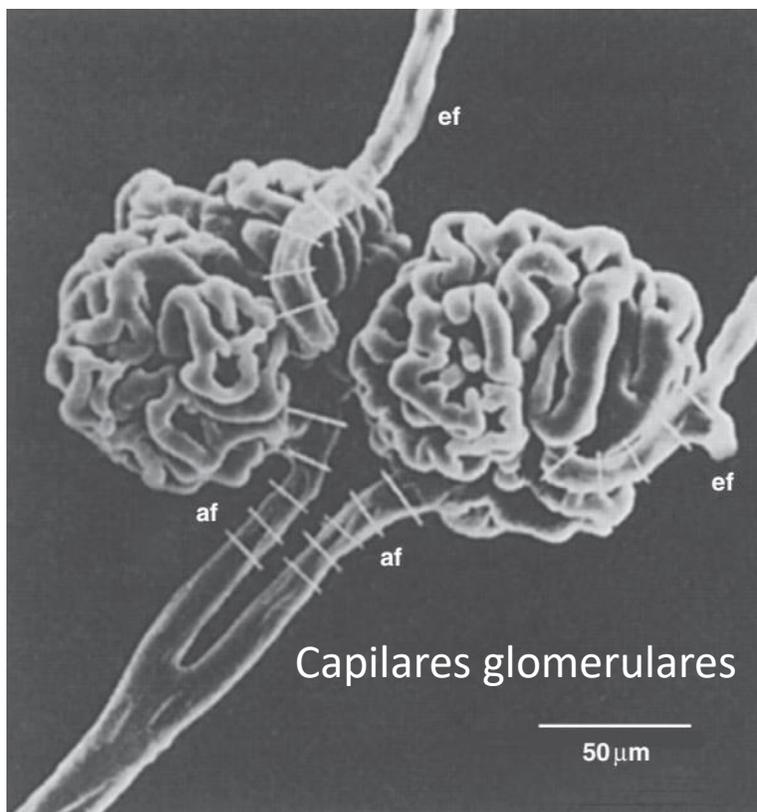


# O glomérulo ou corpúsculo renal



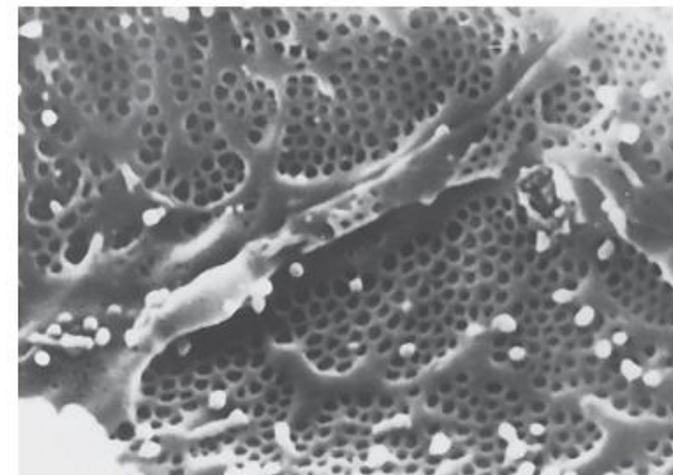
● **Figura 32-5.** Anatomia do corpúsculo renal e do aparelho justaglomerular. O aparelho justaglomerular é formado pela mácula densa (MD) do ramo ascendente espesso, pelas células mesangiais extraglomerulares (MEG) e pelas células granulares (G), produtoras de renina e angiotensina II, presentes nas arteríolas aferentes (AA). MB, membrana basal; EB, espaço de Bowman; AE, arteríola eferente; EN, célula endotelial; PP, processos podais do podócito; M, células mesangiais entre os capilares; P, corpo celular do podócito (camada celular visceral); EP, epitélio parietal; TP, célula do túbulo proximal. (Modificado de Kriz W, Kaissling B. In Seldin DW, Giebisch G [eds]: The Kidney: Physiology and Pathophysiology, 2nd ed. New York, Raven, 1992.)





A

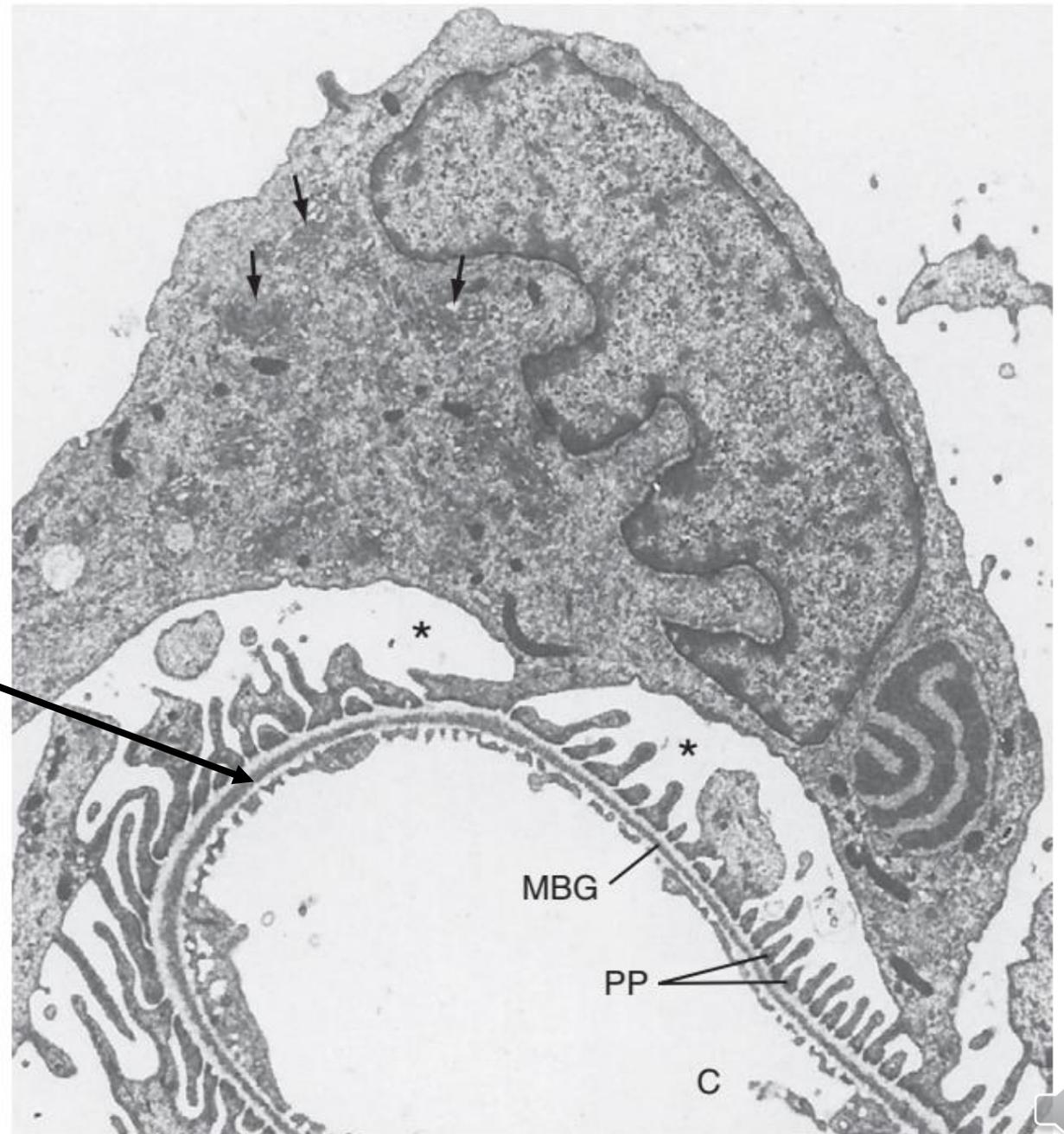
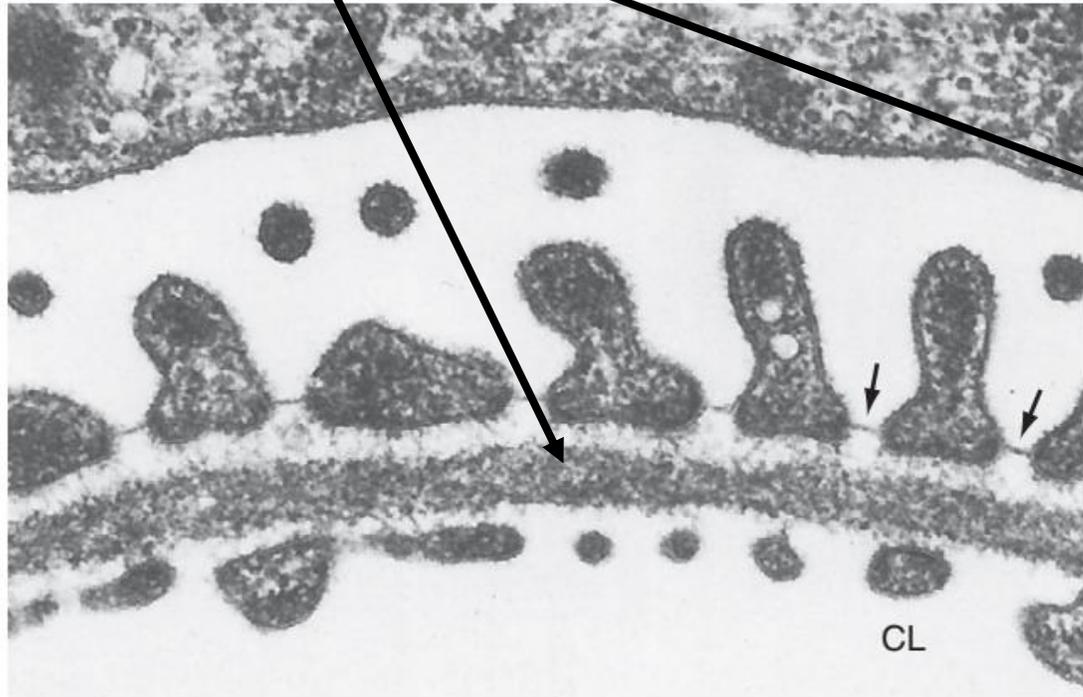
As fenestrações dos podócitos formam espaços de 70 nm (700 Å) que barram a passagem de células sanguíneas.



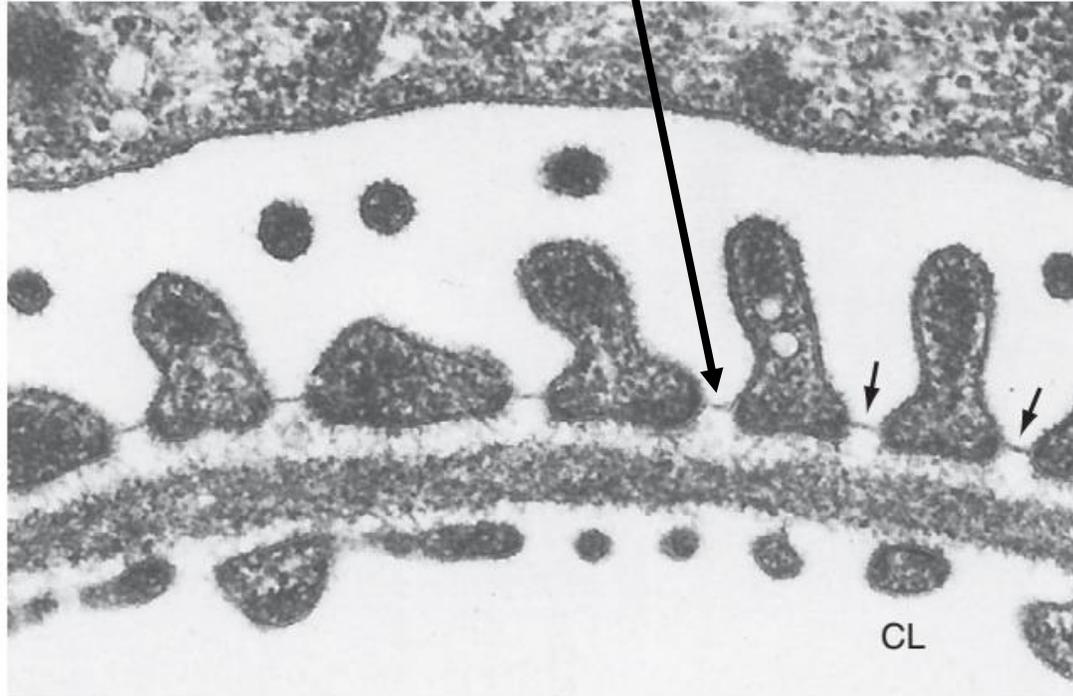
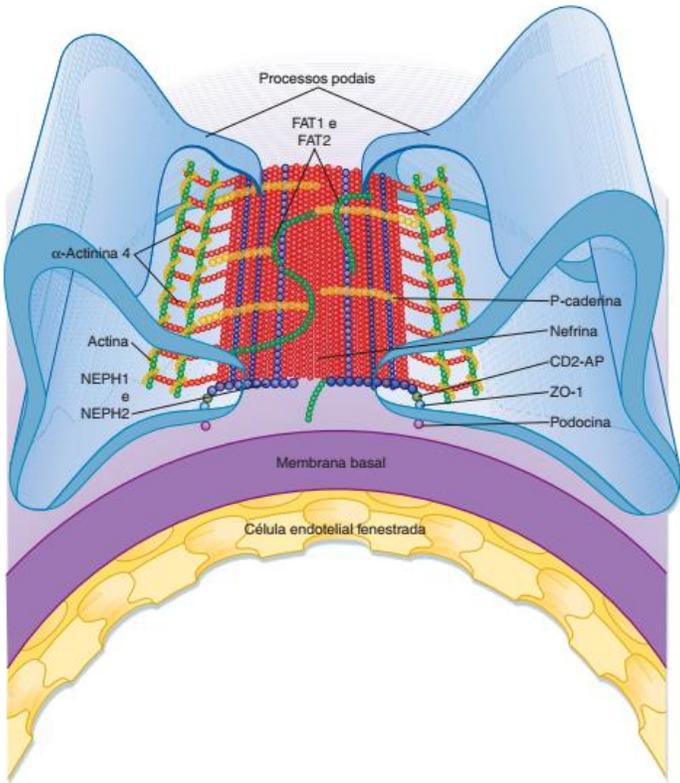
B



A membrana basal contém glicoproteínas carregadas negativamente que, repelem muitas proteínas plasmáticas carregadas negativamente



O diafragma da fenda de filtração é composto por diversas proteínas que formam poros de dimensões de 4 por 14 nM, bloqueando a passagem de proteínas

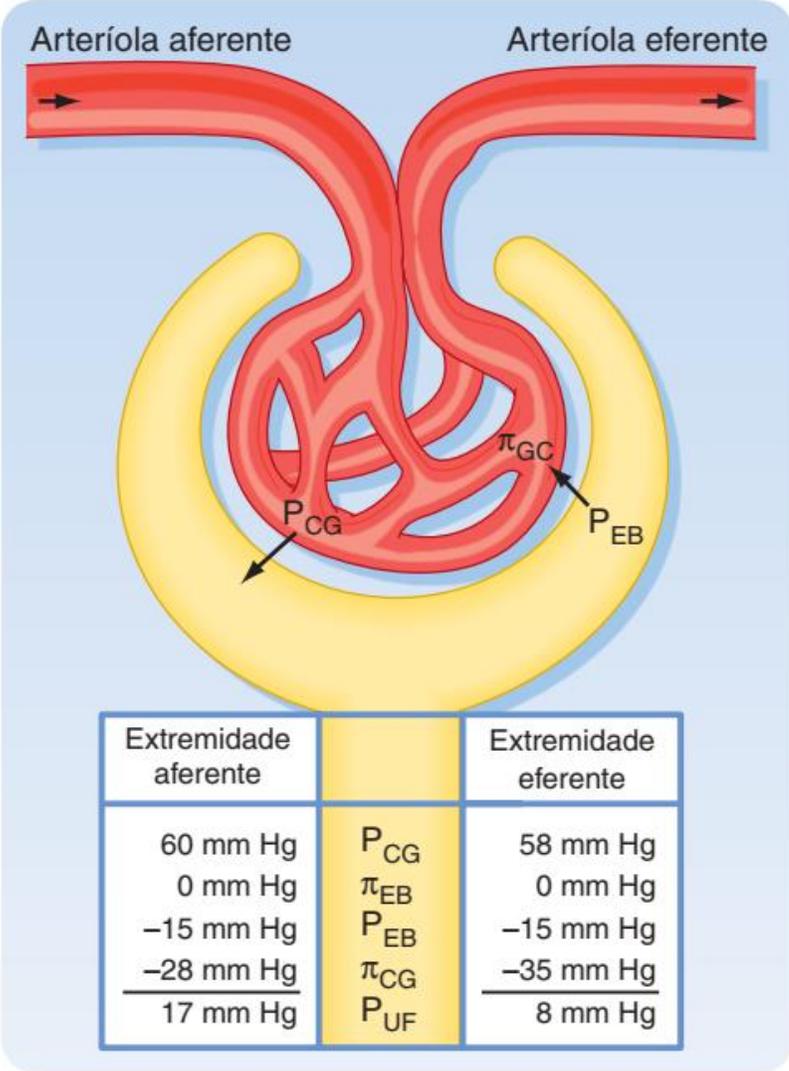


# A filtração glomerular

- O plasma é filtrado pelo glomérulo formando o **filtrado glomerular**.
  - O filtrado glomerular é o conteúdo plasmático sem as proteínas.
  - 20% do plasma é filtrado pelo glomérulo por vez.
- Muitas substâncias filtradas podem ser **reabsorvidas** pelos túbulos
- Muitas substâncias não filtradas completamente podem ser **secretadas** através túbulos
- As células tubulares podem secretar elas próprias substâncias



# Pressão de Filtração Glomerular (PFG)



Forças	Pressão (mm Hg)
<i>Favorecendo a filtração</i>	
-Pressão hidrostática capilar glomerular ( $P_{cg}$ )	60
<i>Opondo-se a filtração</i>	
-Pressão hidrostática no espaço de Bowman ( $P_{eb}$ )	15
-Pressão osmótica capilar ( $\pi_{cg}$ )	28
<b><math>PFG = P_{cg} - P_{eb} - \pi_{cg} =</math></b>	<b>17</b>

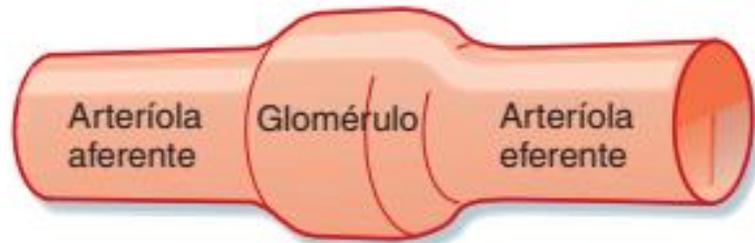


# O conceito de taxa de filtração glomerular (TFG)

- Volume de líquido filtrado dos glomérulos para dentro do espaço de Bowman por unidade de tempo.
  - Depende da PFG e das permeabilidade das membranas corpusculares e da área de filtração.
  - Em humanos a TFG é de 180 l/ dia
    - Compare com a filtração dos capilares sanguíneos de 4 l/dia
    - Sendo o volume do plasma sanguíneo de 3 l, os rins filtram todo o plasma 60 vezes por dia.
- A TFG não é constante mas é constantemente ajustada pelos rins de acordo com as necessidades fisiológicas
  - É modulado pelos aferentes neurais e ações hormonais nas arteríolas aferentes e eferentes, resultando em alterações na PFG



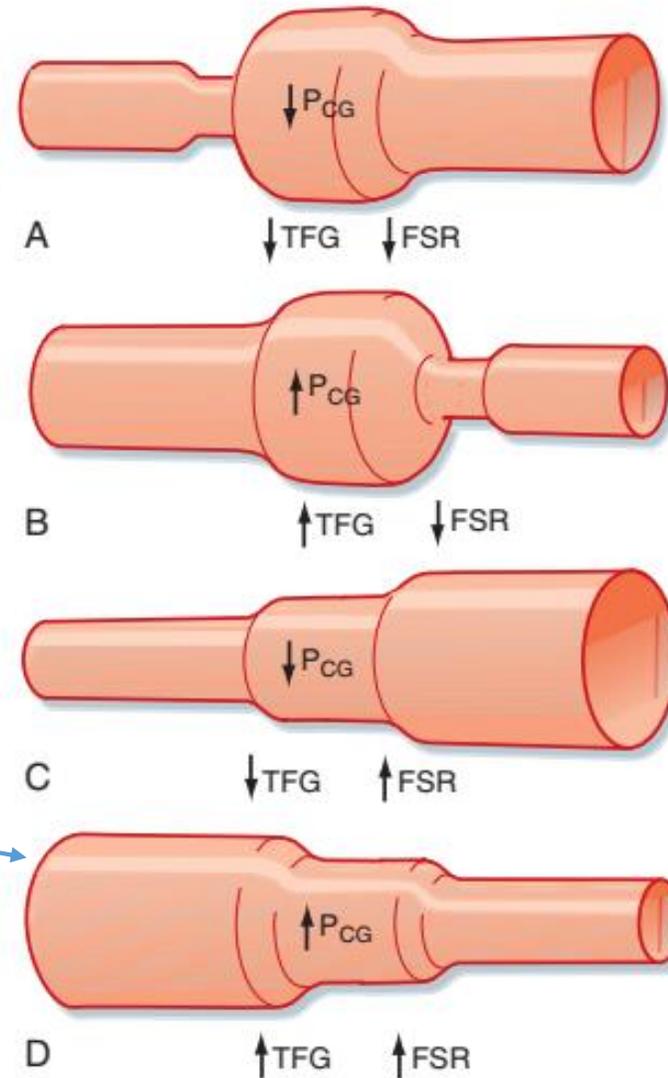
# Constricção e relaxamento das arteríolas aferentes e eferentes controlam a TFG e o Fluxo Sanguíneo Renal (FSR ou FPR)



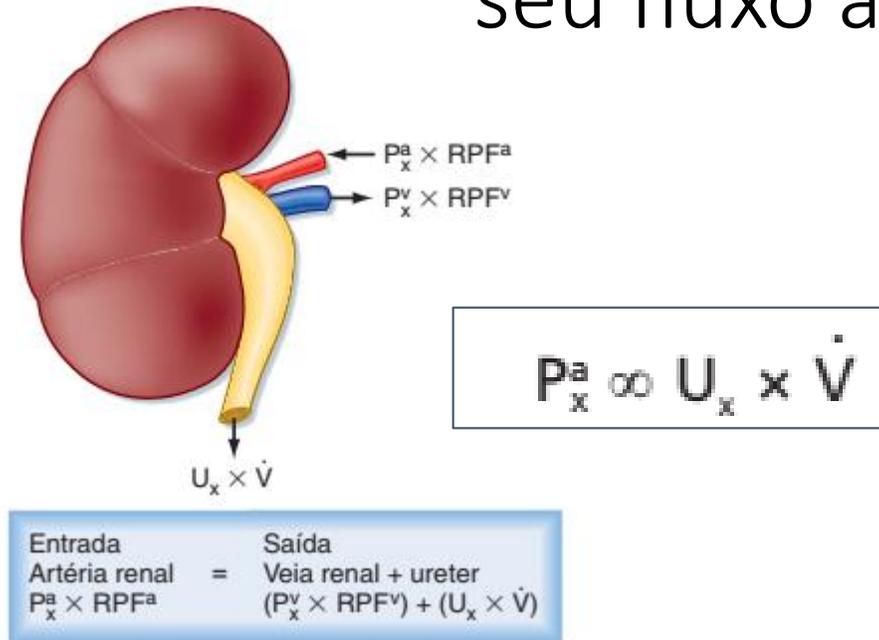
● **Tabela 32-1. Principais Hormônios que Influenciam a Taxa de Filtração Glomerular e o Fluxo Sanguíneo Renal**

	Estímulo	Efeito sobre a IFG	Efeito sobre o FSR
<b>Vasoconstritores</b>			
Nervos simpáticos	↓ VLEC	↓	↓
Angiotensina II	↓ VLEC	↓	↓
Endotelina	↑ Estiramento, A-II, bradicinina, epinefrina, ↓ VLEC	↓	↓
<b>Vasodilatadores</b>			
Prostaglandinas (PGE <sub>1</sub> , PGE <sub>2</sub> , PGI <sub>2</sub> )	↓ VLEC, ↑ estresse de cisalhamento, A-II	Não muda/↑	↑
Óxido nítrico (NO)	↑ Estresse de cisalhamento, acetilcolina, histamina, bradicinina, ATP	↑	↑
Bradicinina	↑ Prostaglandinas, ↓ ECA	↑	↑
Peptídeos natriuréticos (PNA, PNE)	↑ VLEC	↑	Não muda

A-II, angiotensina II; VLEC, volume do líquido extracelular.



# A excreção urinária de uma substância é a diferença de seu fluxo arterial e venoso



Para qualquer soluto (X) que o rim não sintetiza, degrada ou acumula, a única rota de entrada é a artéria renal, enquanto as duas únicas rotas de saída são a veia renal e o ureter. Pela lei da ação das massas a entrada de X é igual a saída de X.

*Fluxo arterial do soluto = Fluxo venoso do soluto + fluxo urinário do soluto*

$$P_x^a \times FPR^a = (P_x^v \times FPR^v) + (U_x \times \dot{V})$$

onde

$P_x^a$  e  $P_x^v$  são as concentrações da substância x no plasma da artéria e da veia renal, respectivamente

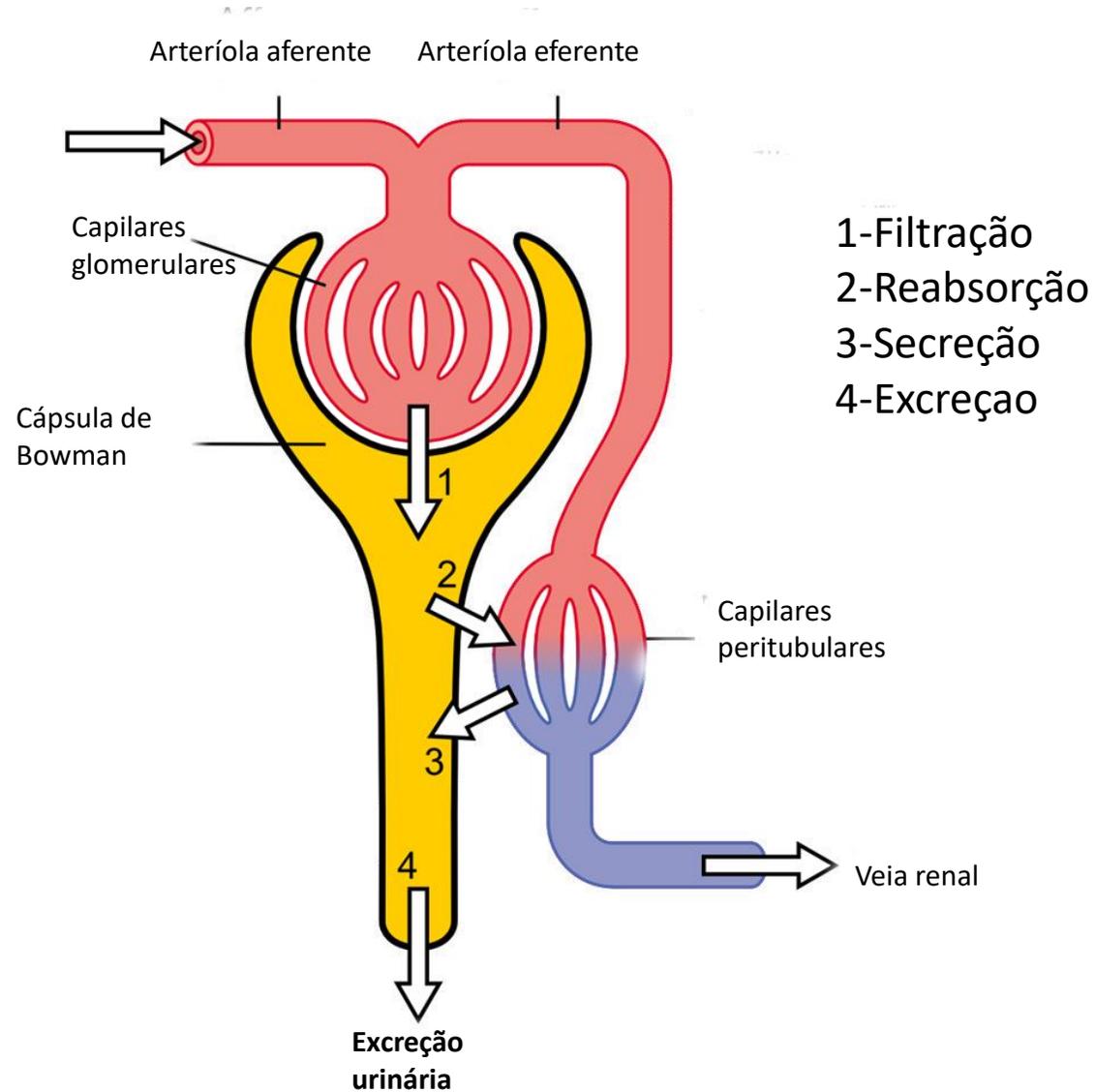
$FPR^a$  e  $FPR^v$  são as intensidades do **fluxo plasmático renal** na artéria e na veia, respectivamente

$U_x$  é a concentração da substância x na urina

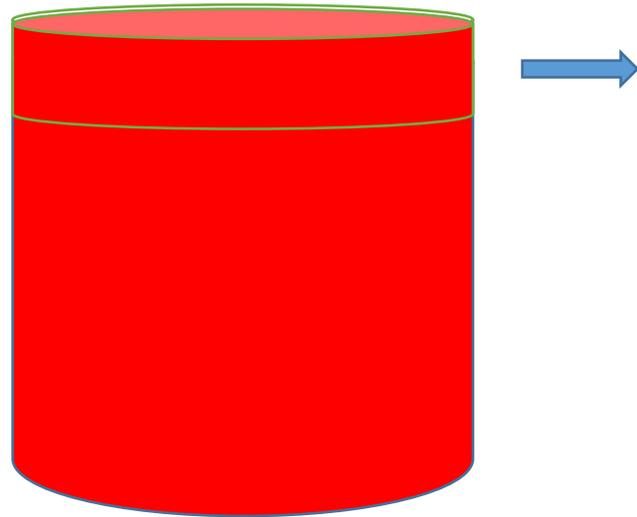
$\dot{V}$  é o fluxo urinário



# Excreção urinária = Filtração – Reabsorção + Secreção

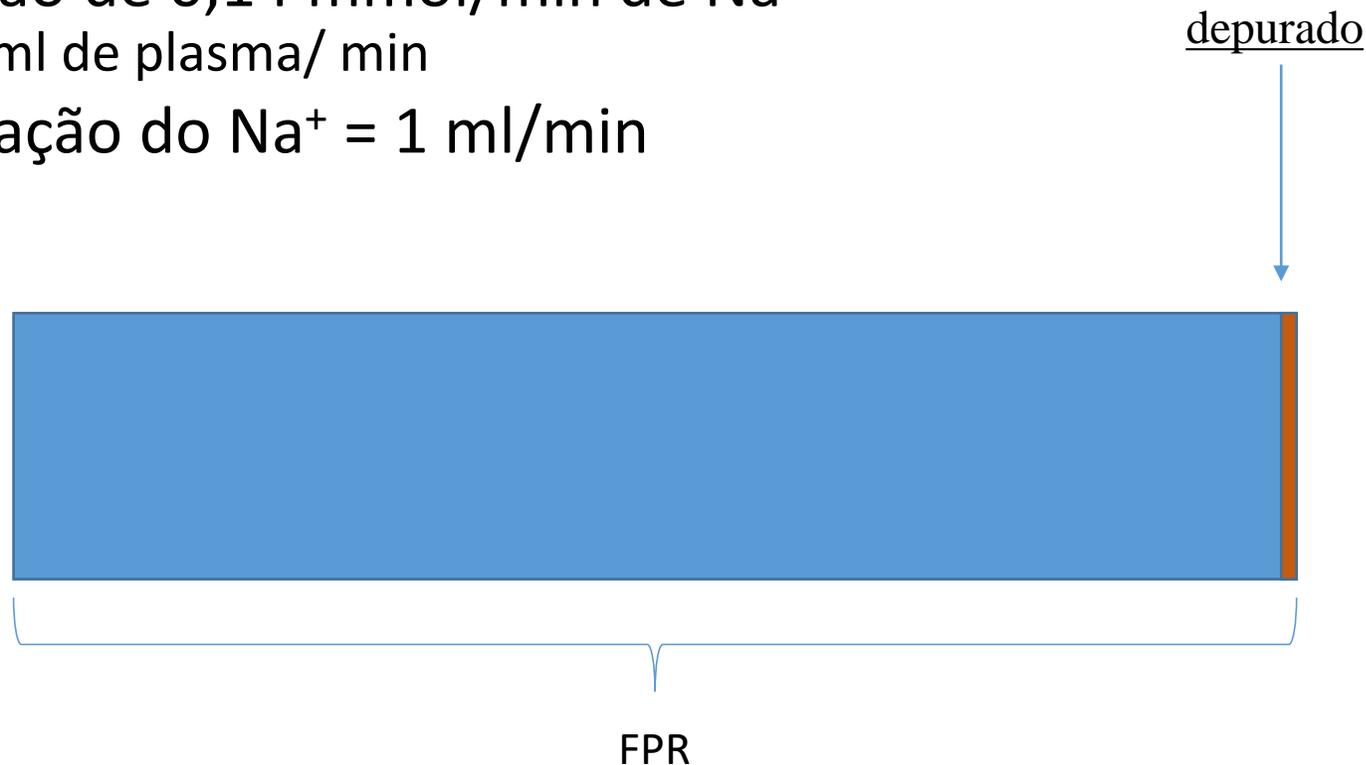


O conceito de depuração (*clearance*) renal:  
volume de plasma que é totalmente eliminado  
de uma substância por unidade de tempo pelo  
rim



O conceito de **depuração** (*clearance*) renal: volume de plasma que é totalmente eliminado de uma substância por unidade de tempo pelo rim

- FPR 700 ml plasma / min
  - 142 mM Na<sup>+</sup>
  - 142 mM x 0.7 L = 100 mmol Na<sup>+</sup>/min
- Excreção de 0,14 mmol/min de Na<sup>+</sup>
  - ~1 ml de plasma/ min
- Depuração do Na<sup>+</sup> = 1 ml/min



# O conceito de depuração (*clearance*) renal:

volume de plasma necessário para o rim eliminar totalmente uma substância por unidade de tempo

$$P_x^a \times D_x = U_x \times \dot{V}$$

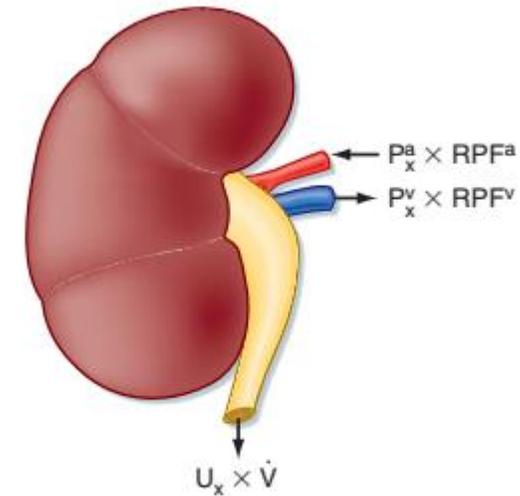
$$D_x = \frac{U_x \times \dot{V}}{P_x^a}$$

$D_x$  = depuração de x

$U_x$  = concentração urinária de x

$\dot{V}$  = fluxo urinário

$P_x^a$  = concentração plasmática de x



Entrada	=	Saída
Artéria renal	=	Veia renal + ureter
$P_x^a \times RPF^a$	=	$(P_x^v \times RPF^v) + (U_x \times \dot{V})$

Se uma substância é **apenas filtrada**, sua depuração reflete a **taxa de filtração glomerular (TFG)**

Se uma substância é **filtrada mas totalmente reabsorvida**, como a glicose, a sua depuração é igual a **zero**

Se uma substância é **filtrada e totalmente secretada** sua depuração reflete o **fluxo plasmático renal (FPR)**



# Medindo a taxa de filtração glomerular (TFG)

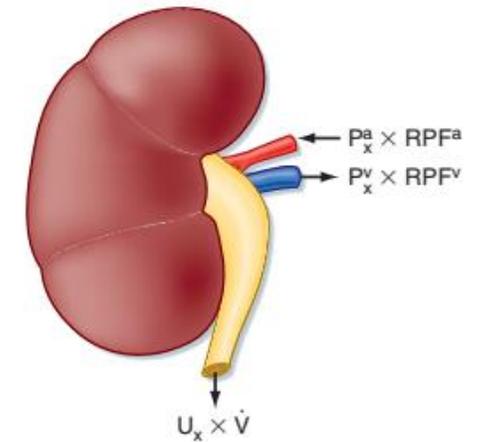
Para se medir a TFG o soluto usado para isso tem:

- **Que ser totalmente filtrado.**
- **Não pode ser secretado.**
- **Não pode se reabsorvido.**

-**INULINA** (substância exógena)

-**Creatinina** (produzida pelo corpo, levemente secretada, dá um valor aproximado)

-TFG normal em humanos é de 125 ml/min (ambos os rins)

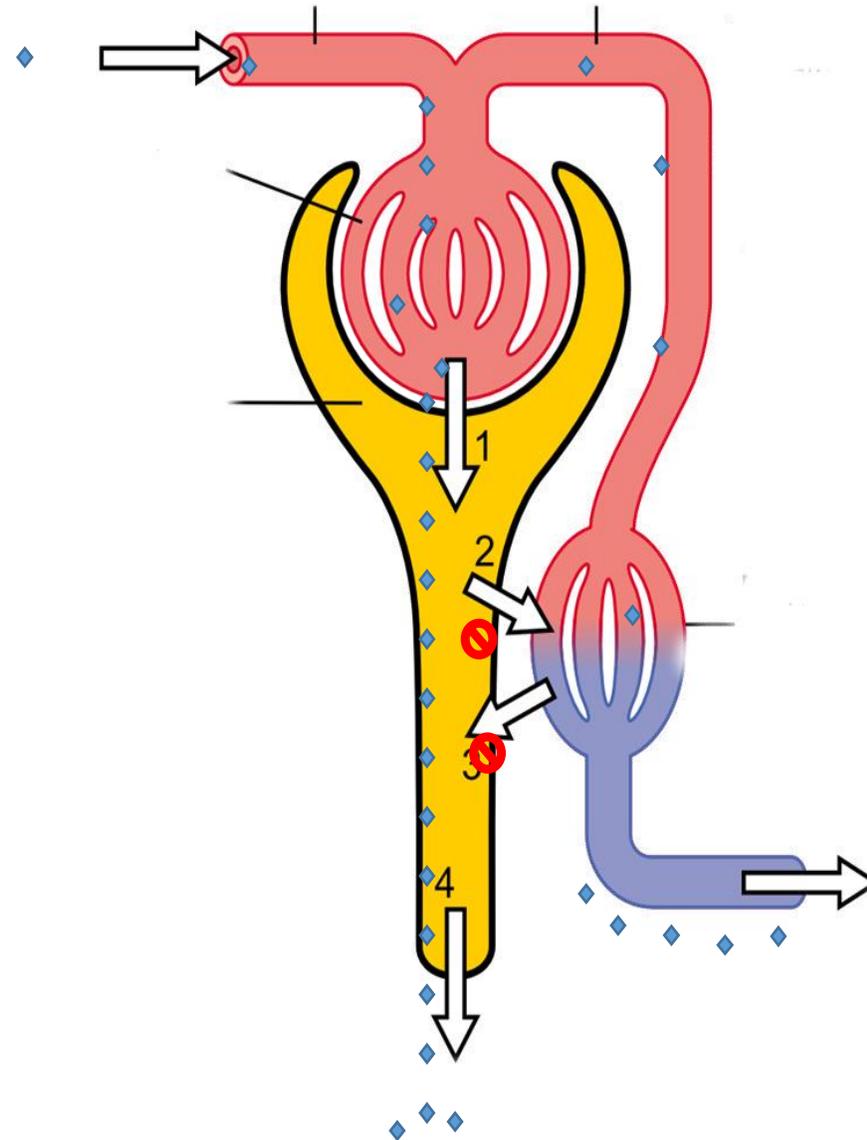


Entrada	=	Saída
Artéria renal		Veia renal + ureter
$P_x^a \times RPF^a$		$(P_x^v \times RPF^v) + (U_x \times \dot{V})$



# Depuração da inulina = TFG

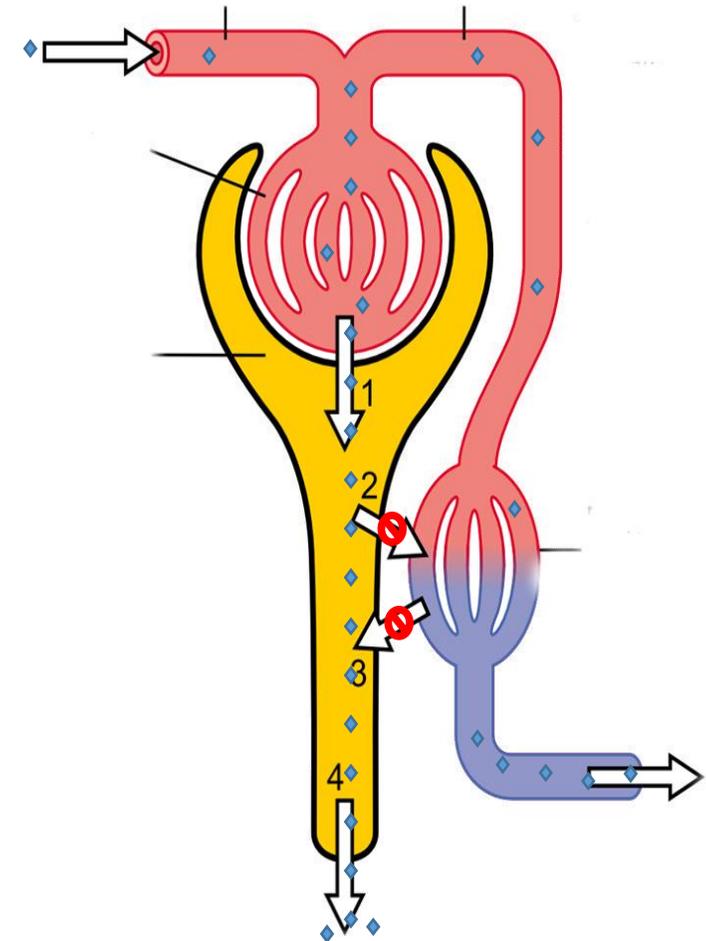
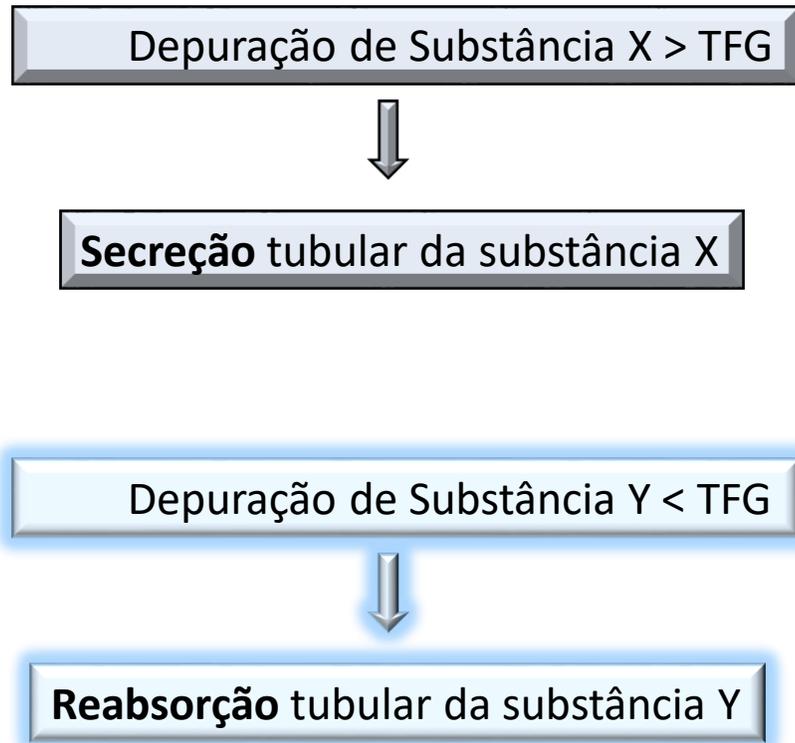
◆ = inulina



- 1-Filtração
- 2-Reabsorção
- 3-Secreção
- 4-Excreção



Depuração da inulina é usado para definir se uma substância é secretada ou reabsorvida pelo nefro



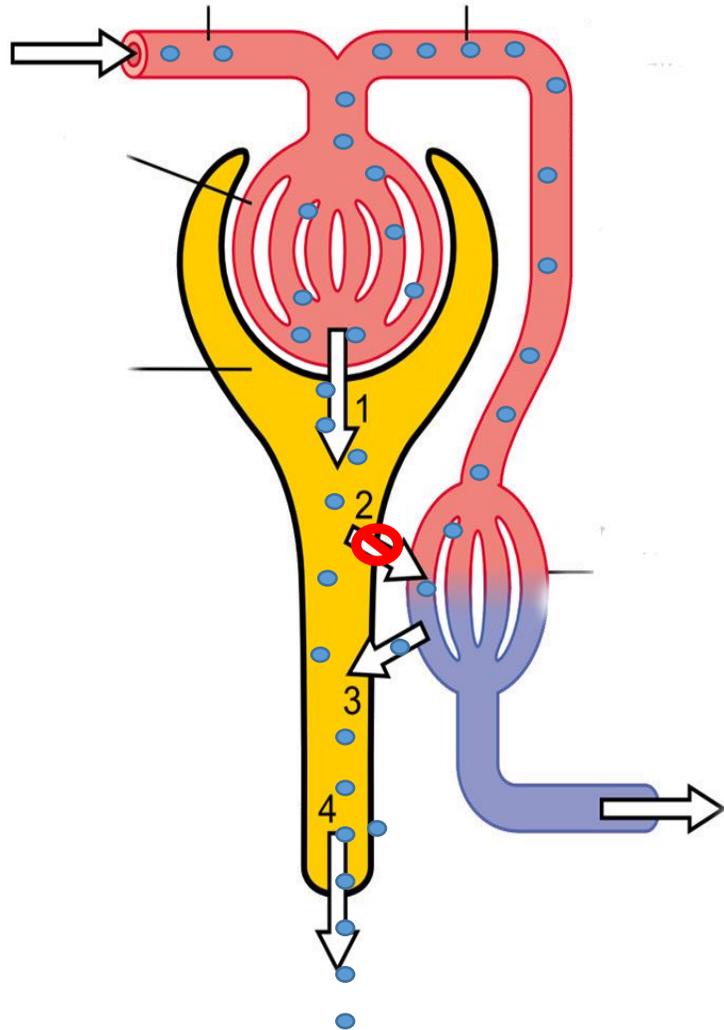
- 1-Filtração
- 2-Reabsorção
- 3-Secreção
- 4-Excreção



# Depuração da p-aminohipurato (PHA) = fluxo plasmático renal (FPR)

● = PHA

FPR media em humanos = 600 ml/min.



- 1-Filtração
- 2-Reabsorção
- 3-Secreção
- 4-Excreção



Fração de filtração  
glomerular (FFG) = TFG/FPR



$$FFG = 125/600 = 0,2$$



