

# 第十三章 泌尿系统

## *component*

肾 (*kidney*) ※

输尿管 (*ureter*)

膀胱 (*bladder*)

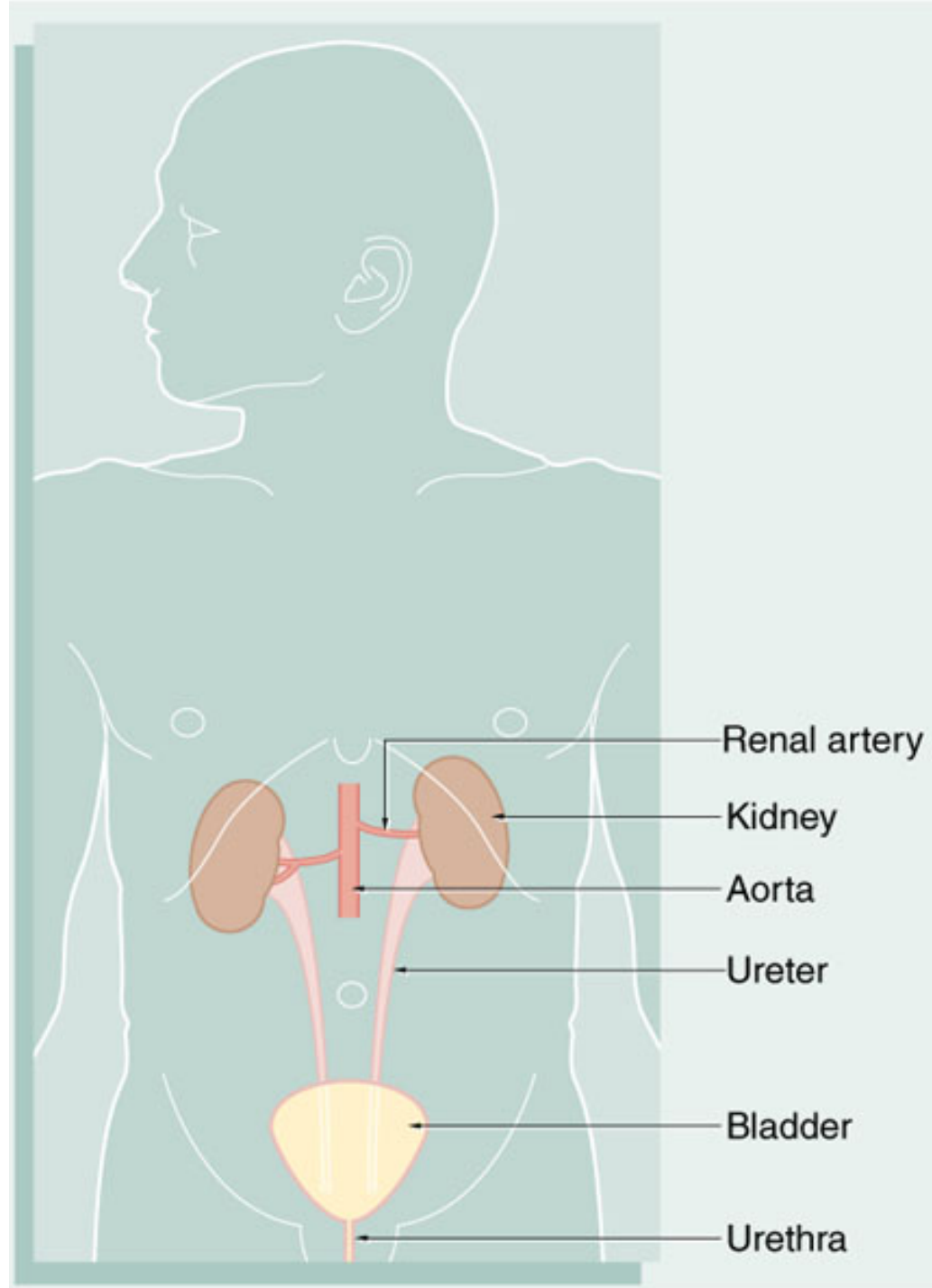
尿道 (*urethra*)

## *function*

1. 排出代谢废物 (尿)

2. 调节水、电解质平衡

3. 内分泌



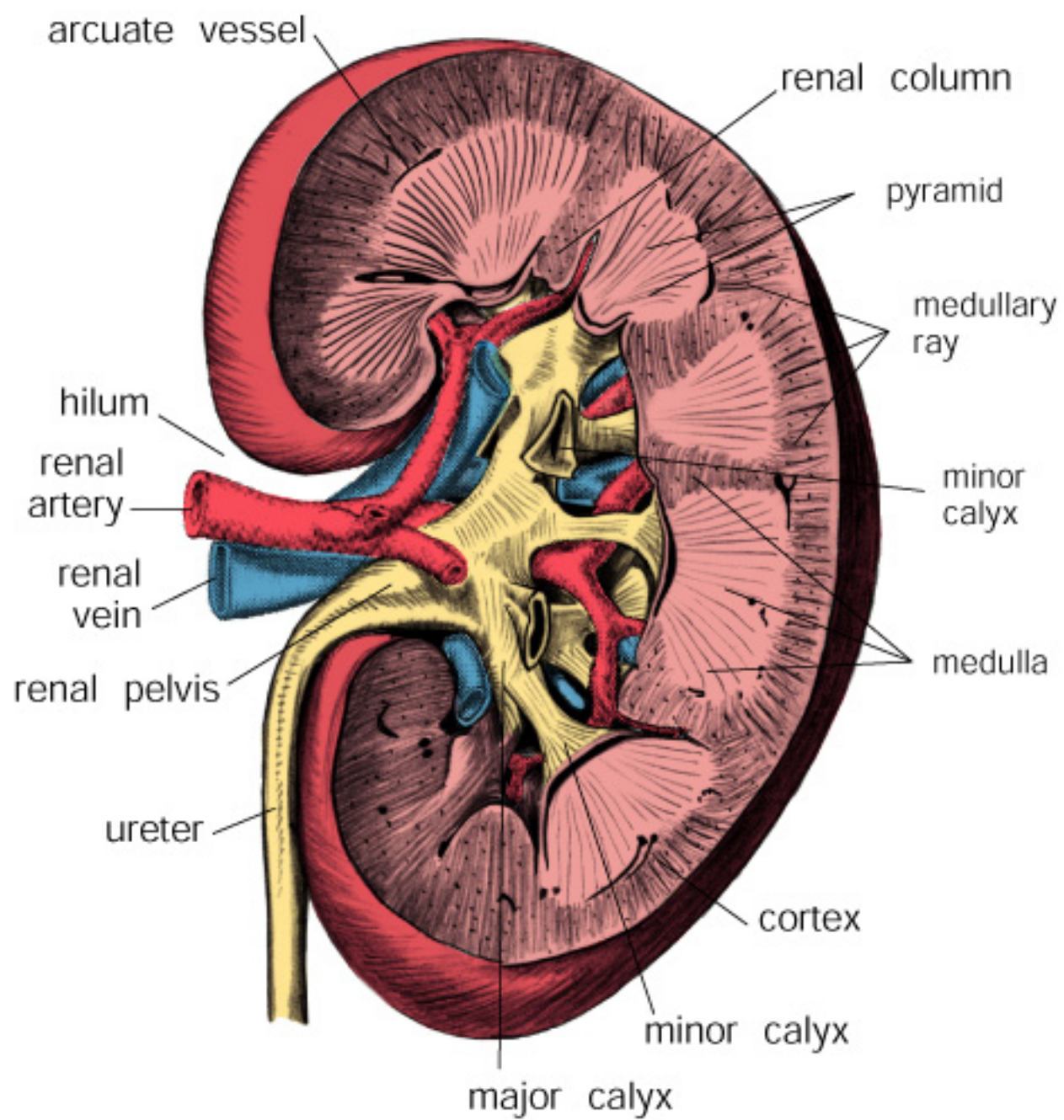


Figure 19.1. Diagram of kidney structure.

# 一、肾 (kidney)

## • 结构

- 被膜 (纤维膜)
- 间质
- 实质

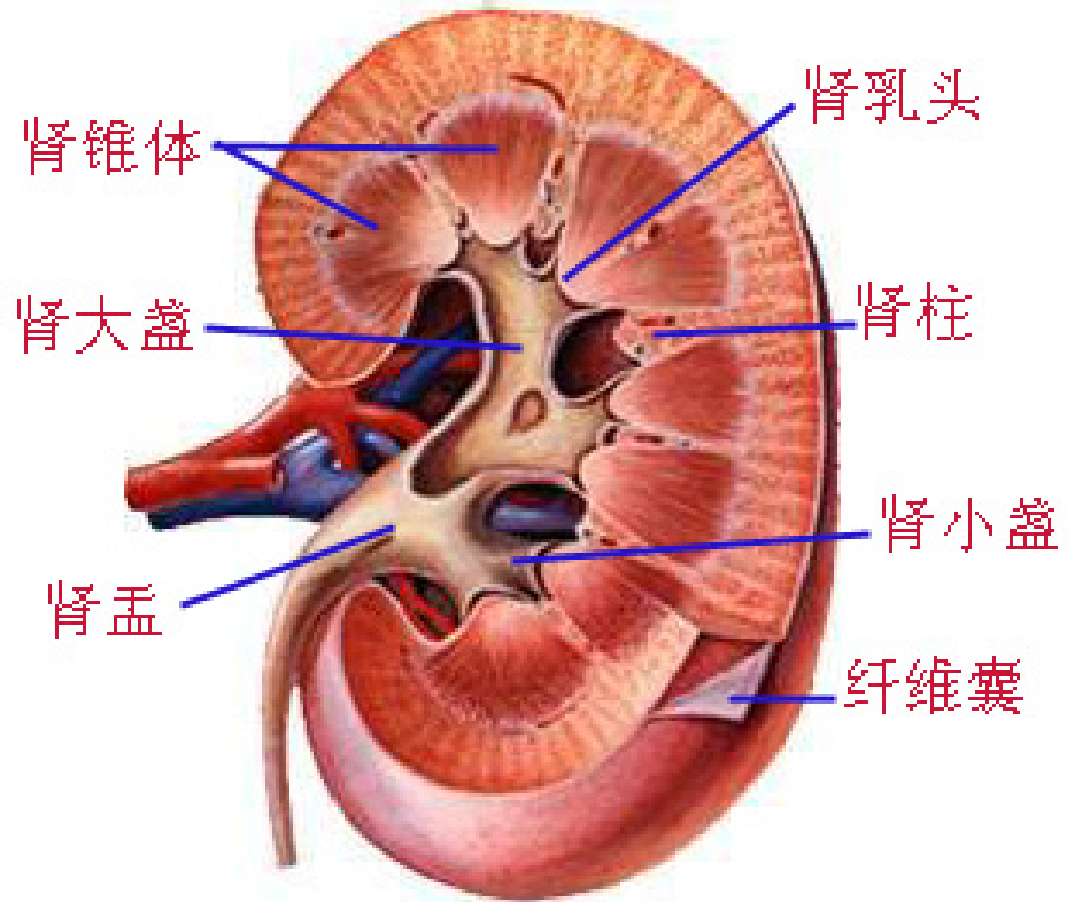
### • 皮质

- 肾柱
- 皮质迷路

### • 髓质

- 肾锥体
- 髓放线

## • 功能



右肾冠状切面 (后面观)

# *kidney*

{ *stroma*: 少量结缔组织、血管、神经、间质细胞  
*parenchyma*:

皮质 (*renal cortex*):

髓放线 (*medullary ray*)

皮质迷路 (*cortical labyrinth*)

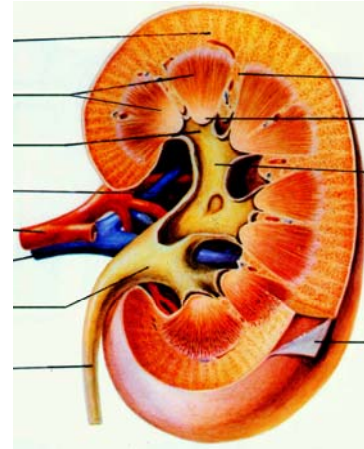
肾柱 (*renal columns*)

髓质 (*renal medulla*)

肾锥体 (*renal pyramid*)

*capsule* (纤维膜)、肾门 (*renal hilum*)

肾叶 (*lobe*)、肾小叶 (*lobule*)



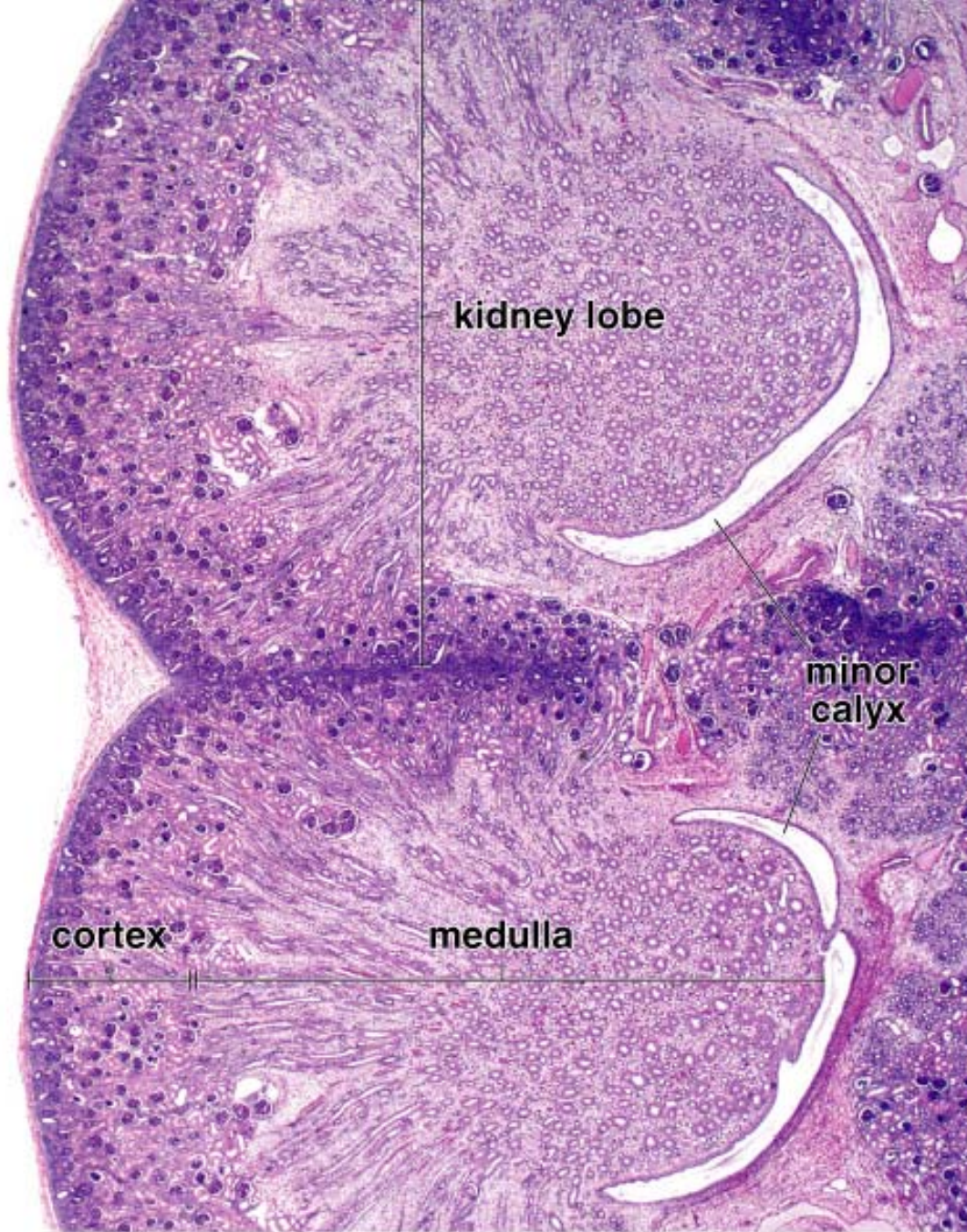
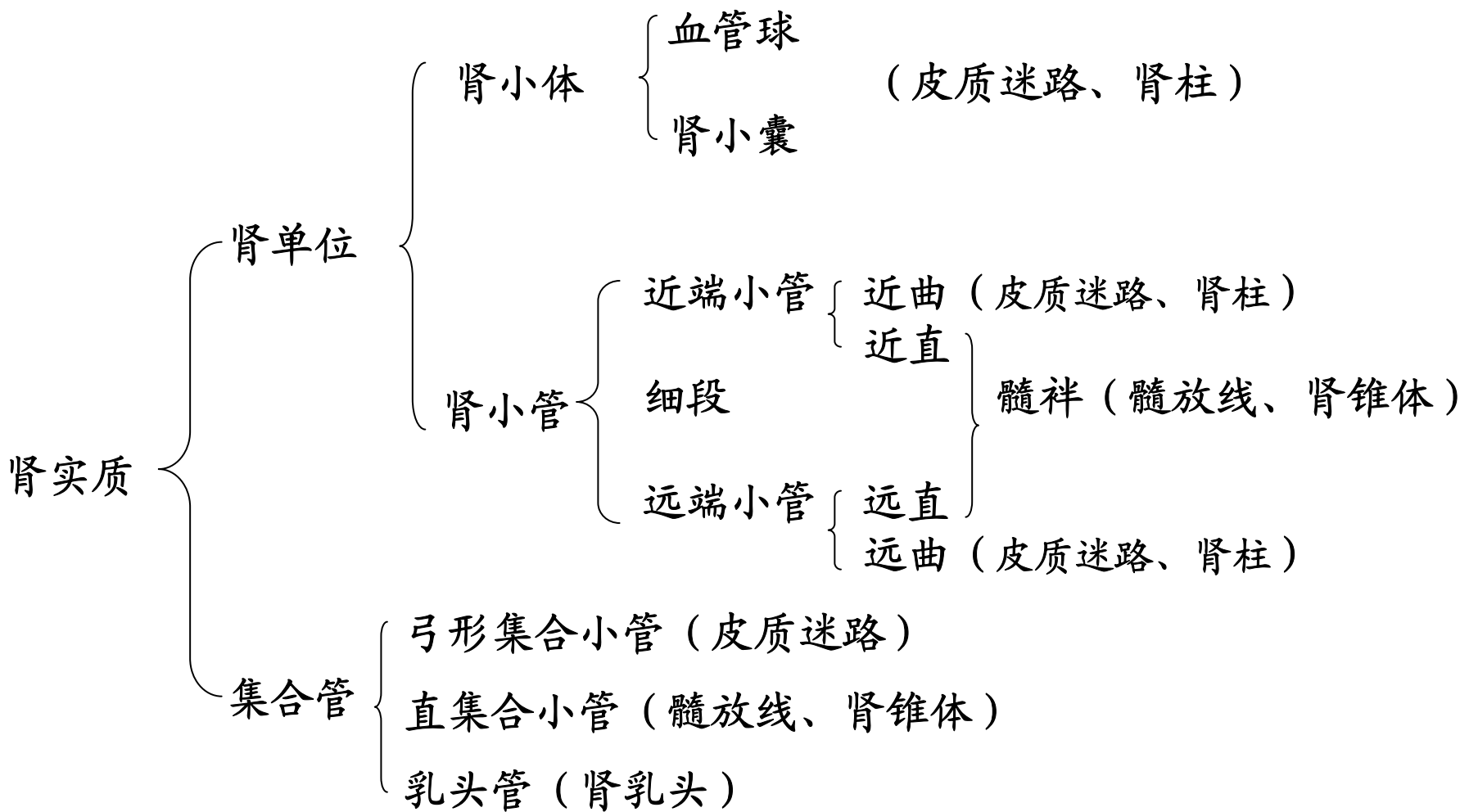
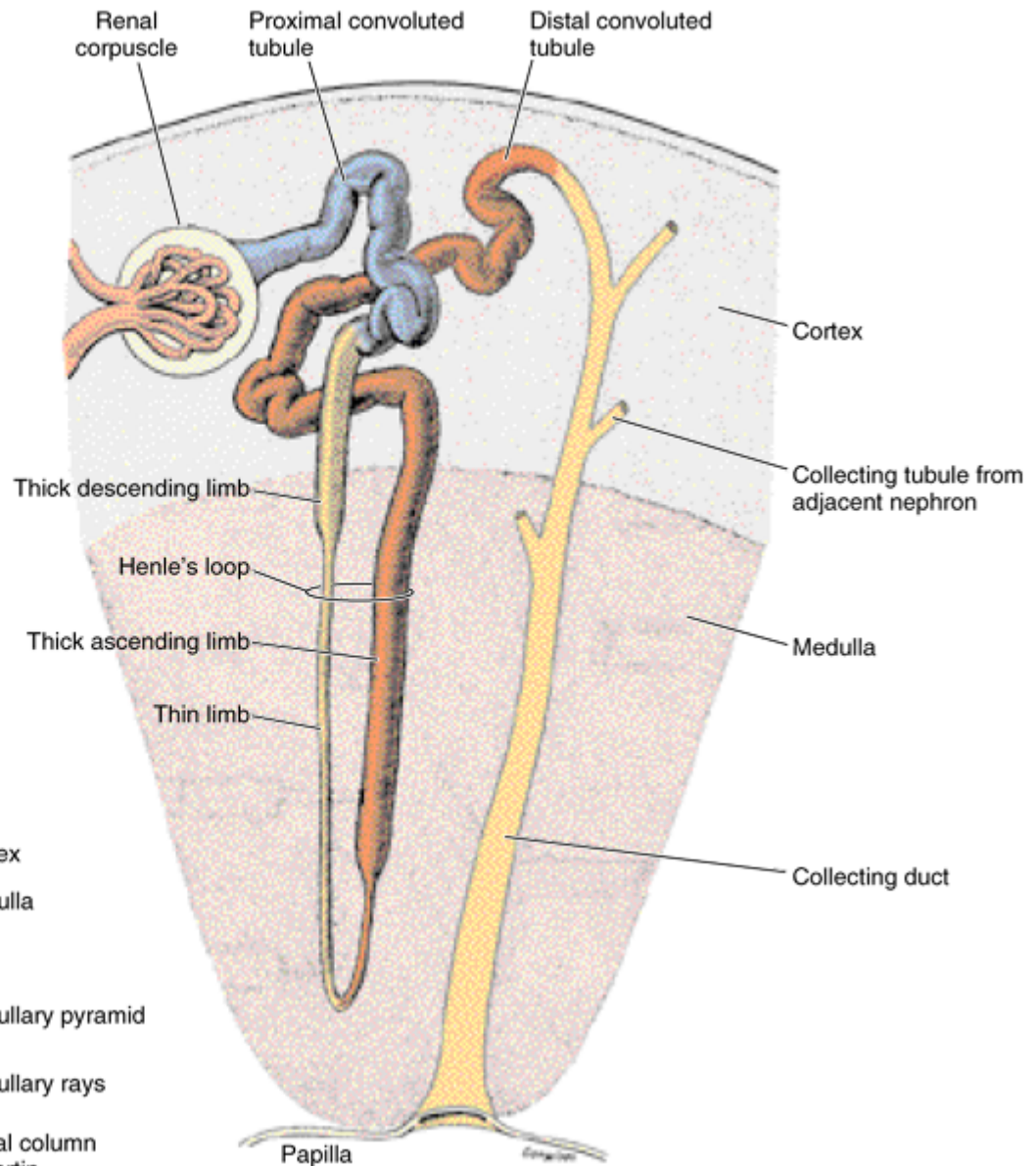
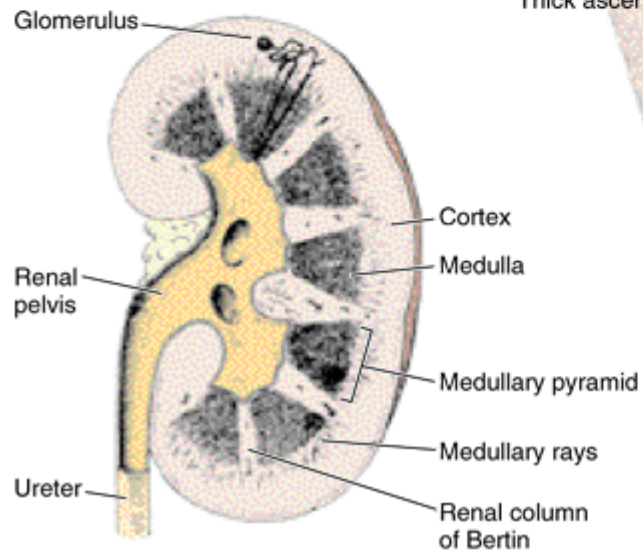
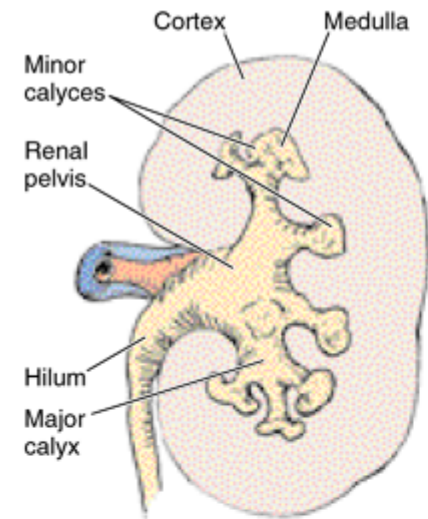


Figure 19.5. Photomicrograph of the fetal kidney. X30.

# 肾实质





**Figure 20-1.** *Left:* The general organization of the kidney. *Right:* The cortical or medullary localization of nephron segments and collecting tubules (the latter shown in black).



# (一)、肾单位 (nephron)

肾形成尿液的结构和功

能的基本单位

{ 肾小体 (*renal corpuscle*)

{ 肾小管 (*renal tubule*)

根据肾小体在皮质中的位置

{ 髓旁肾单位

{ (*juxtamedullary nephron*)

{ 浅表肾单位

{ (*superficial nephron*)

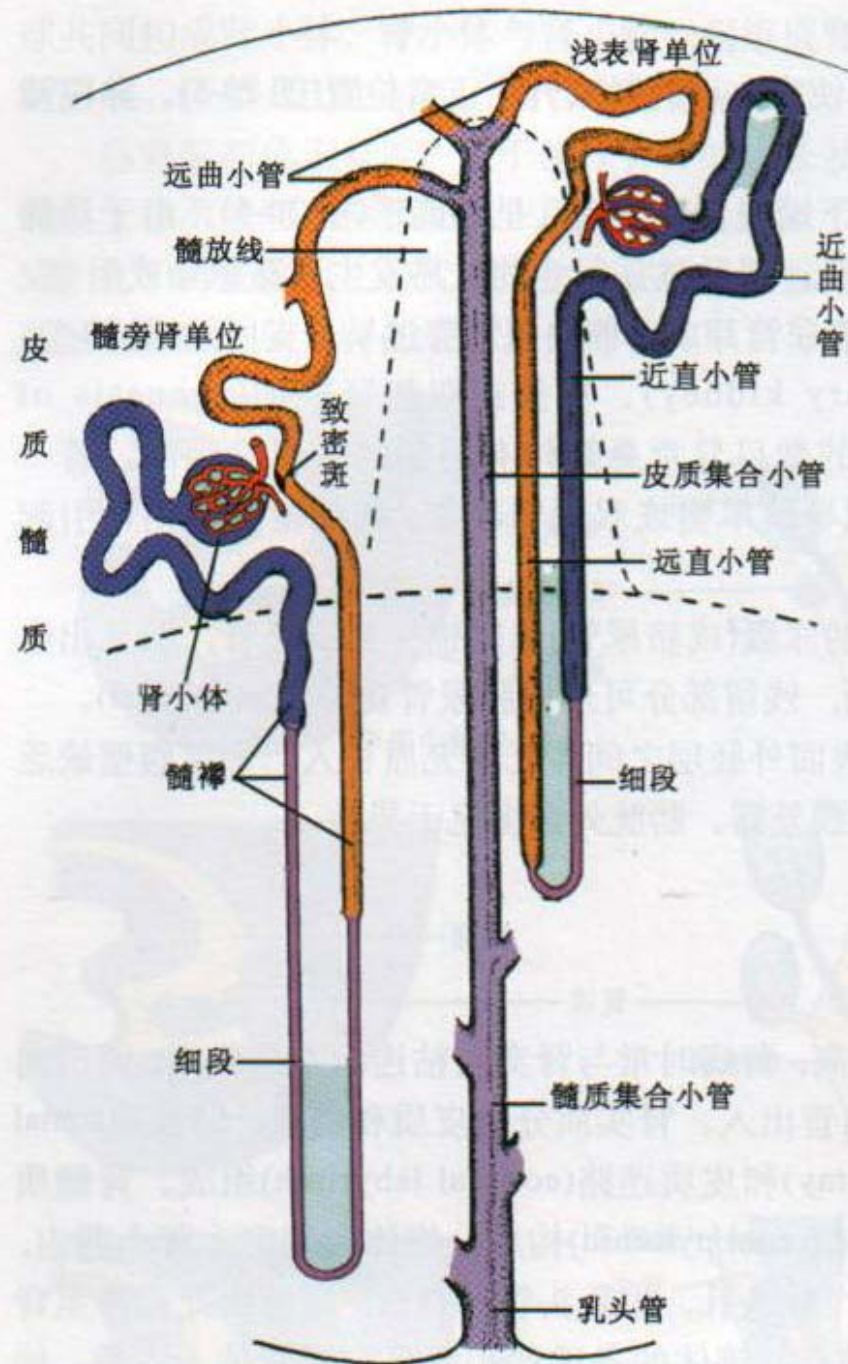


图 20-7 泌尿小管各段在肾内分布示意图

---

髓旁肾单位

浅表肾单位

*(juxtamedullary nephron)*

*(superficial nephron)*

---

发生早

发生晚

靠近肾锥体

位于皮质浅层

体积大

体积小

数量少，占15%

数量多，占85%

髓袢长

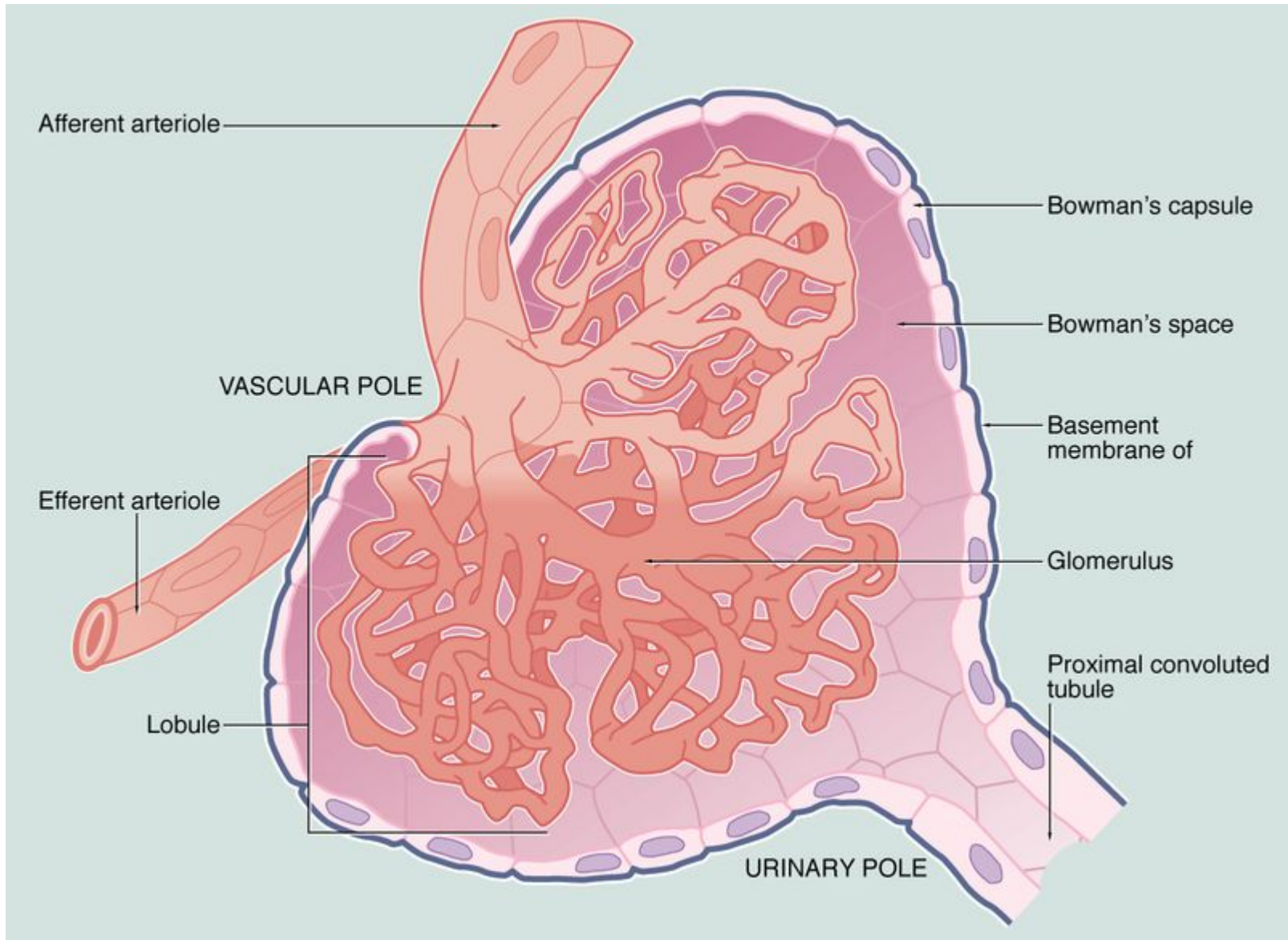
髓袢短

尿液浓缩

尿液形成

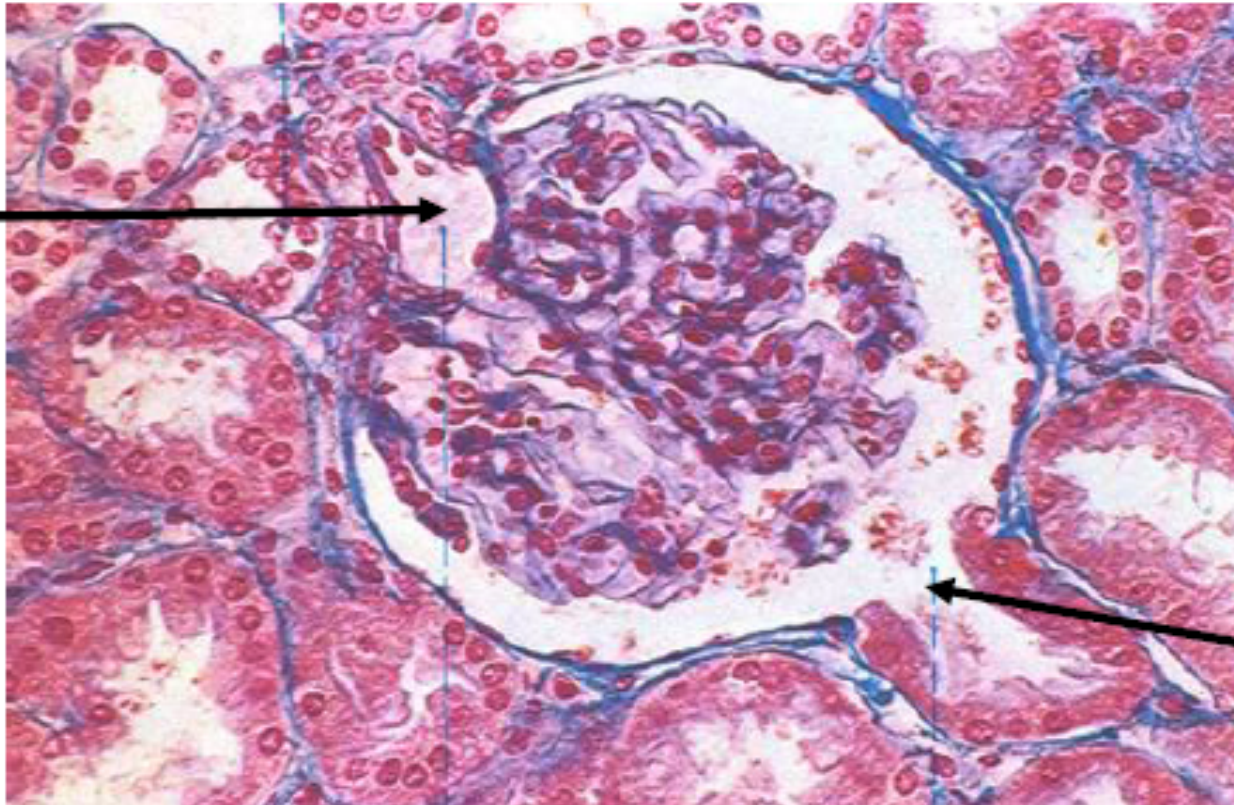
---

# 1. 肾小体 *renal corpuscle*



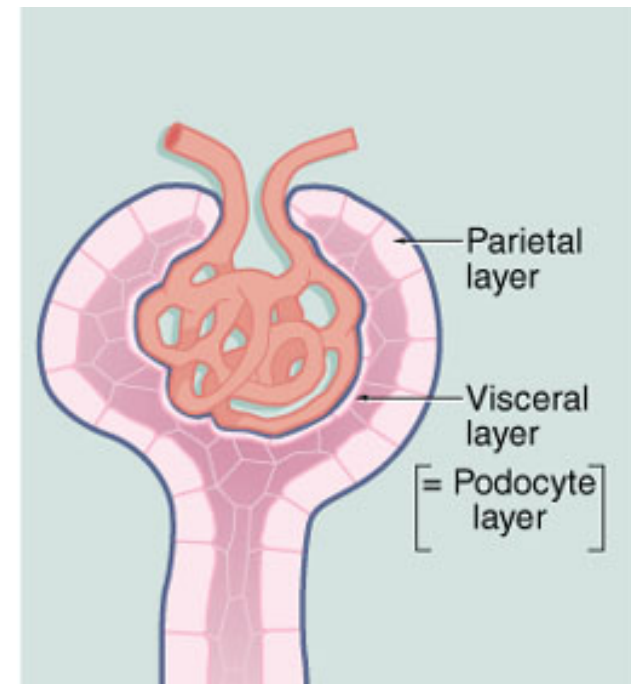
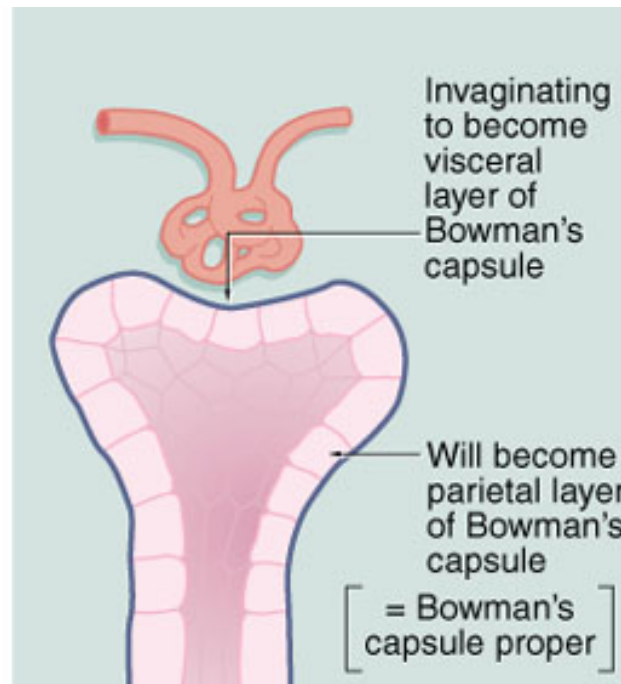
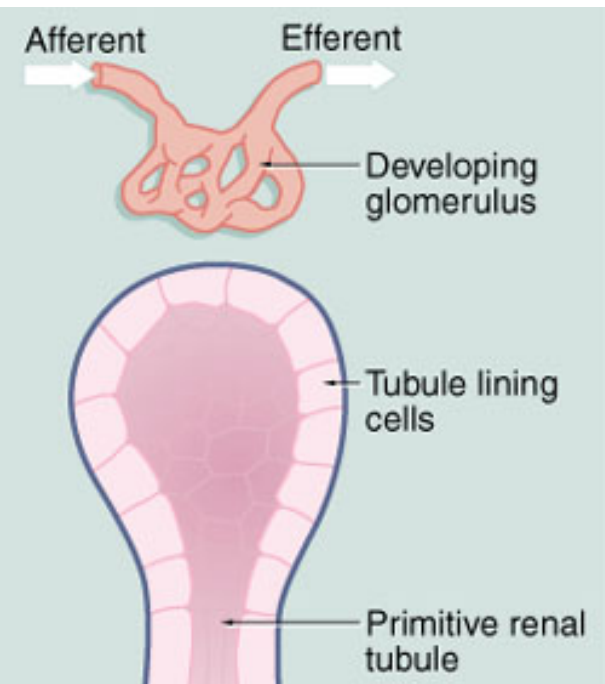
# Renal Corpuscle

Vascular  
pole



Urinary  
pole

# *Development of the renal corpuscle*



# *renal corpuscle*

又称肾小球

{ 血管球 (*renal glomerulus*)  
肾小囊 (*renal capsule*)

{ 血管极 (*vascular pole*)  
尿极 (*urinary pole*)

# ① renal glomerulus

位于入球微动脉  
与出球微动脉之  
间的蟠曲成球的  
毛细血管祥

特点:

- 1、入球微动脉管径大于出球微动脉
- 2、毛细血管为有孔型，无隔膜



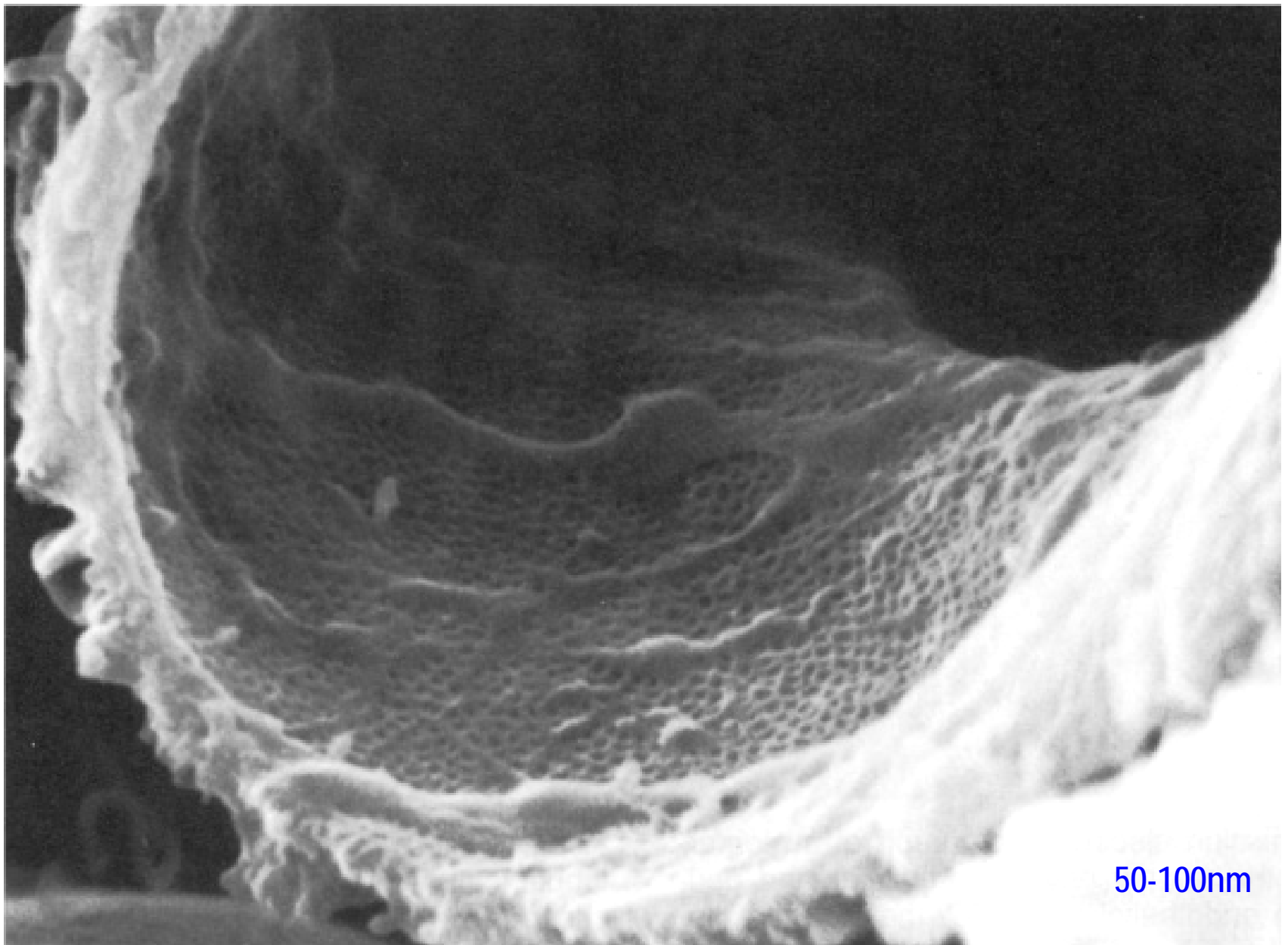
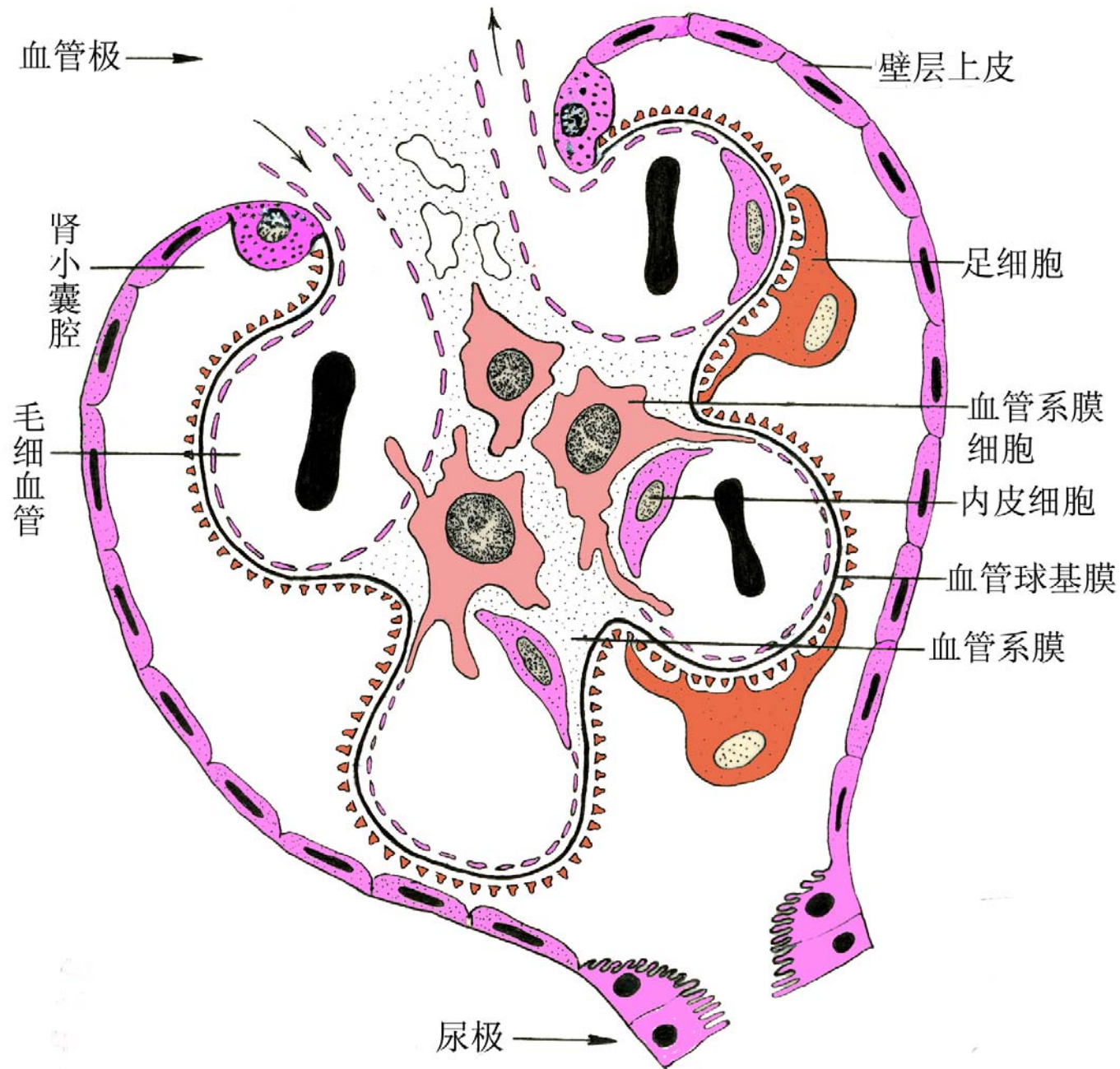


Figure 19.9. SEM of the interior surface of a glomerular capillary. X5,600.





# 血管系膜 (mesangium)

图 20-18 肾小体血管系膜与血管系膜细胞模式图

# mesangium

又称球内系膜 (*intraglomerular mesangium*)，分布于毛细血管袢之间，为血管极处的少量结缔组织细胞随血管进入血管球形成。

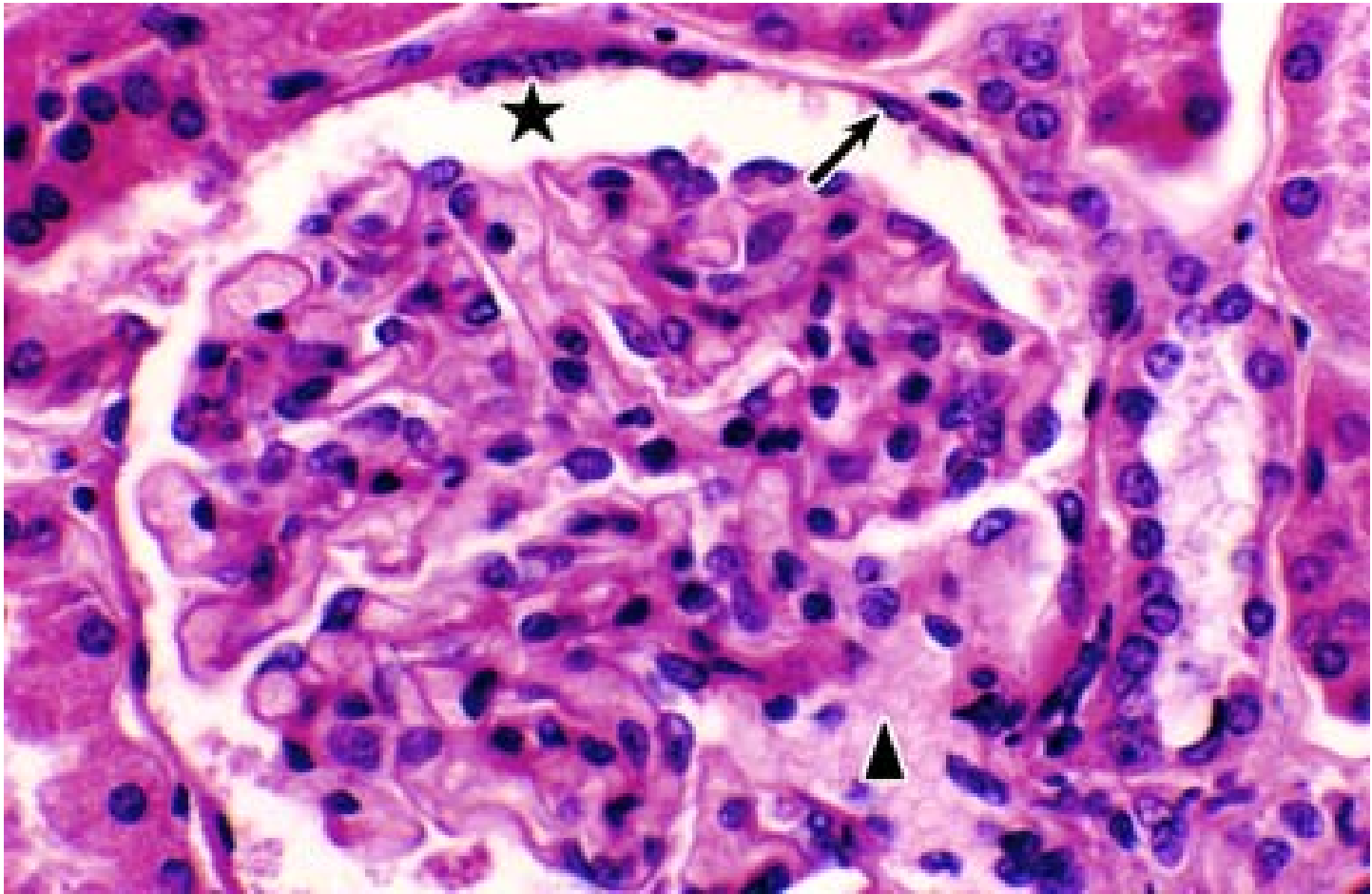
**系膜细胞 (*mesangial cell*)**：为特化的平滑肌细胞。

星形多突起，核小染色深，细胞突起可伸至内皮与基膜之间，或经内皮细胞之间伸入毛细血管腔内。

1. 收缩：调节血管球的血流量（微管、微丝、中间丝）。
2. 吞噬：参与基膜更新、清除沉积在基膜上的沉淀物。
3. 分裂：病理情况下强。
4. 形成基质。

**系膜基质 (*mesangial matrix*)**：填充在系膜细胞之间  
支持、通透

## ② 肾小囊 *renal capsule* (Bowman 囊)



# *renal capsule (Bowman's capsule)*

肾小管起始部的上皮性管道盲端膨大并  
凹陷而成的双层杯状囊

**壁层** (*parietal layer*) : *simple squamous epithelium*

(与近端小管上皮在尿极处相延续)

**脏层** (*visceral layer*) : **足细胞** (*podocyte*)

初级、次级突起 (*primary and secondary process*)

裂孔 (*slit pore*)、裂孔膜 (*slit membrane*)

**肾小囊腔** (*capsular space*)

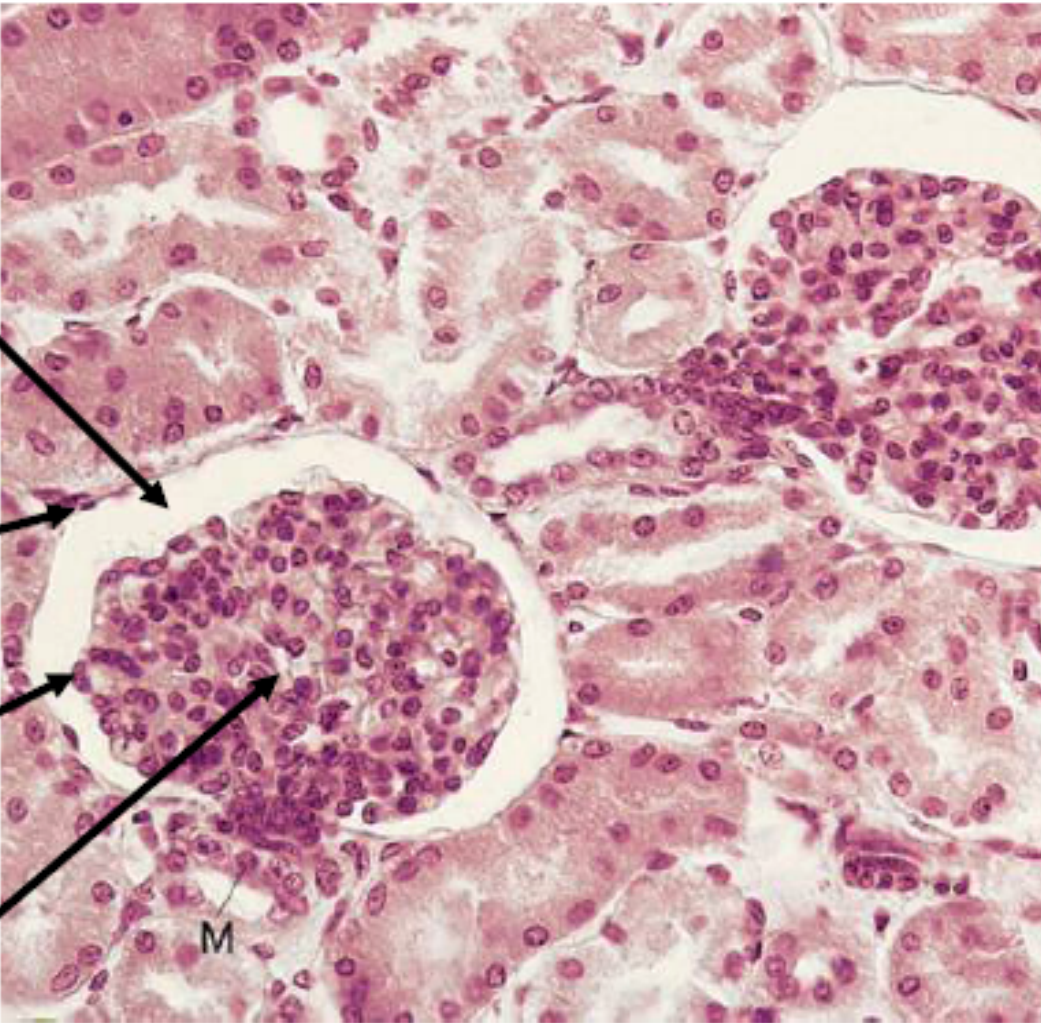
# Renal Corpuscle

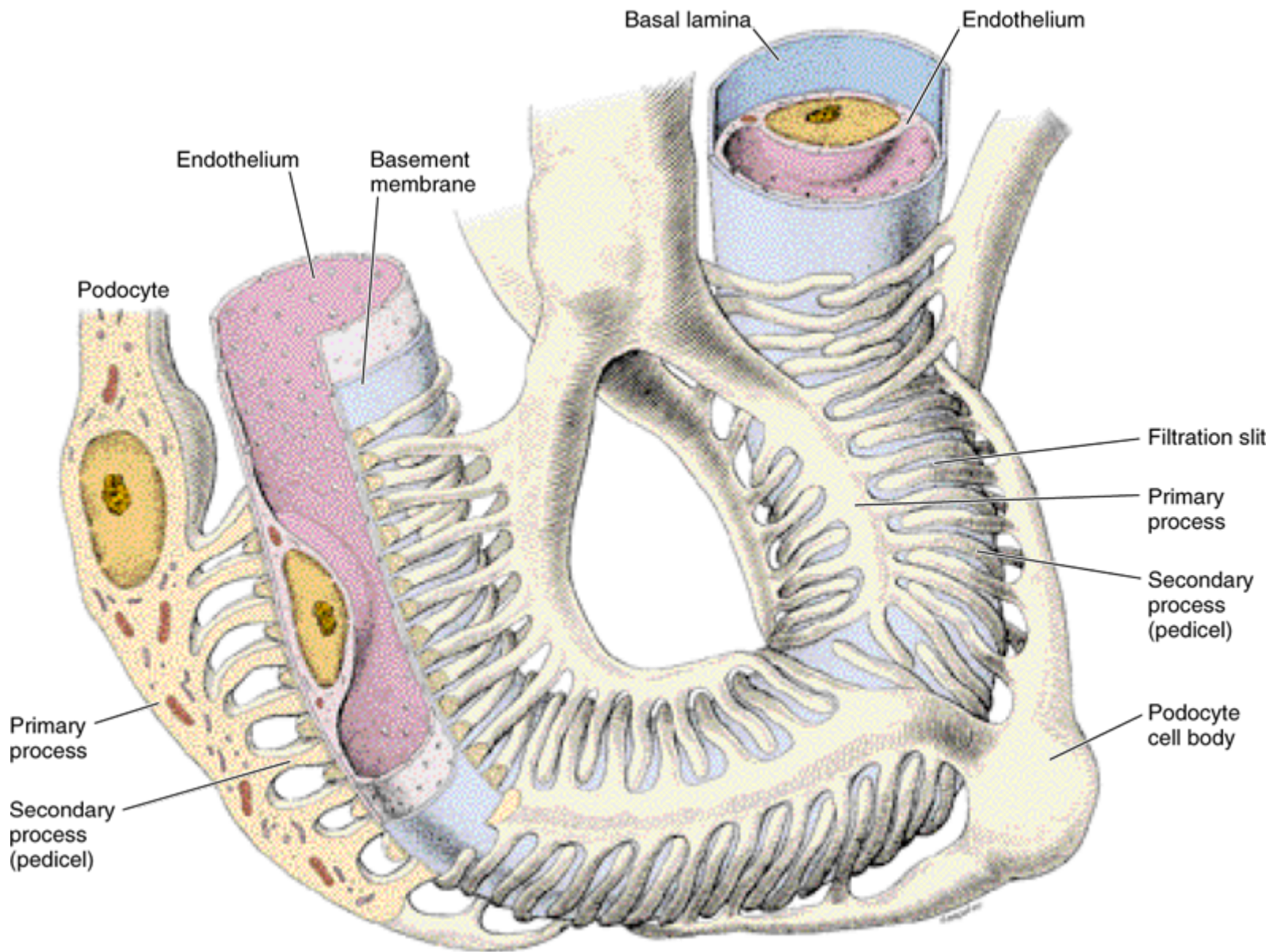
Urinary / Bowman's space

Bowman's capsule

- parietal layer
- visceral layer

Glomerulus





**Figure 20–4.** Schematic representation of a glomerular capillary, with the visceral layer of Bowman’s capsule (formed by podocytes). In this capillary, endothelial cells are fenestrated; however, the basal lamina on which they rest is continuous. At left is a podocyte shown in partial section. As viewed from the outside, the nuclei of the podocytes protrude into Bowman’s space. Each podocyte has many primary processes from which arise an even greater number of secondary processes. The secondary processes are in contact with the basal lamina of the capillary wall. (Redrawn and modified after Gordon. Reproduced, with permission, from Ham AW: *Histology*, 6th ed. Lippincott, 1969.)

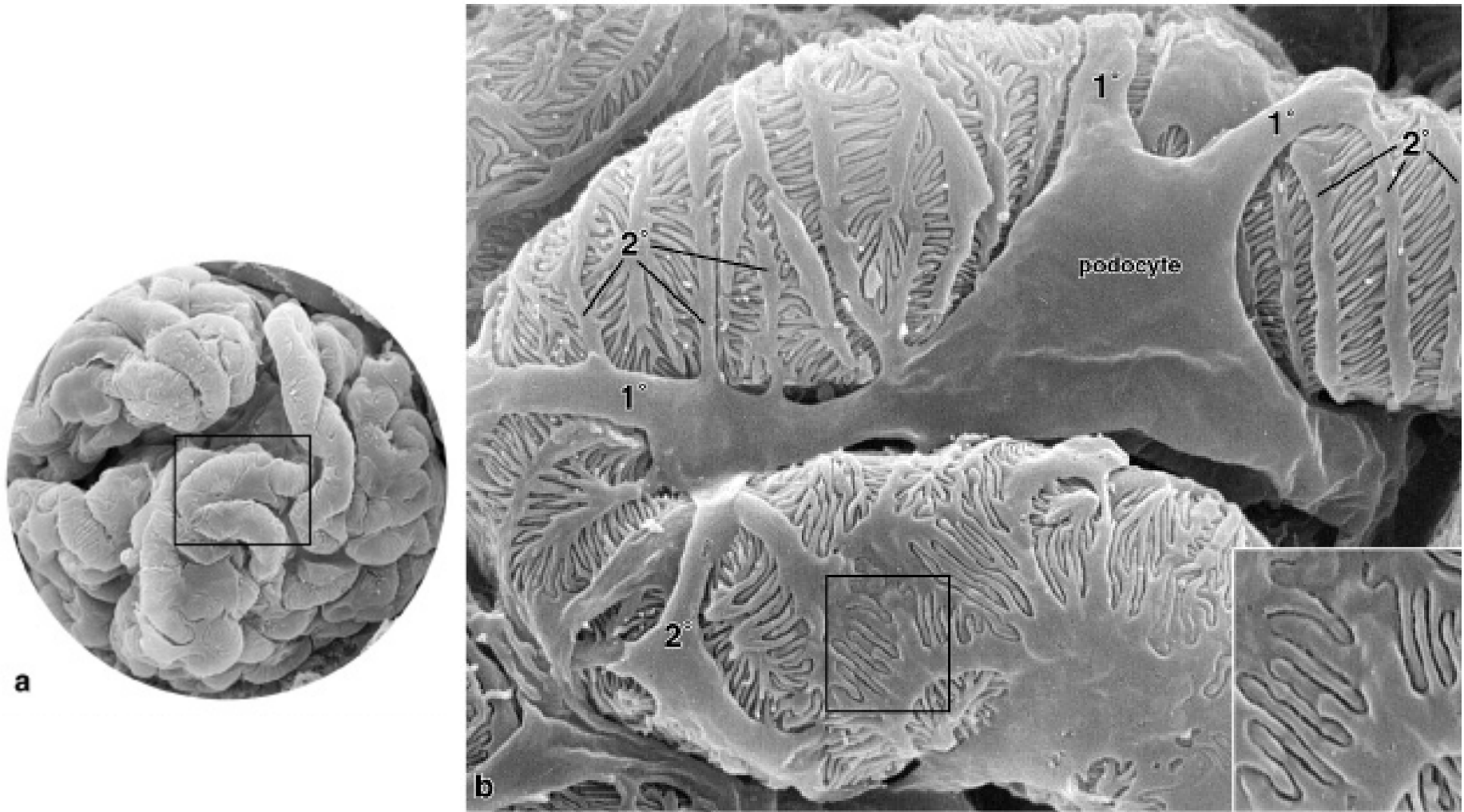


Figure 19.11. **SEMs of a glomerulus.** **a.** x700. **b.** A higher magnification of the area in the *rectangle* in **a.** x14,000. **Inset.** Higher magnification of the area in the *rectangle*. X6,000.

# 足细胞 (podocyte)

- 部位

- 为肾小囊脏层细胞

- 形态结构

- 初级突起 → 指状次级突起 → 互相穿插成栅栏状，紧贴于血管球毛细血管基膜外面

- 突起之间为裂孔，其上覆有裂孔膜

- 突起内有微丝，可调节裂孔的宽度

- 功能

- 裂孔膜参与构成滤过膜（滤过屏障）

- 产生基膜



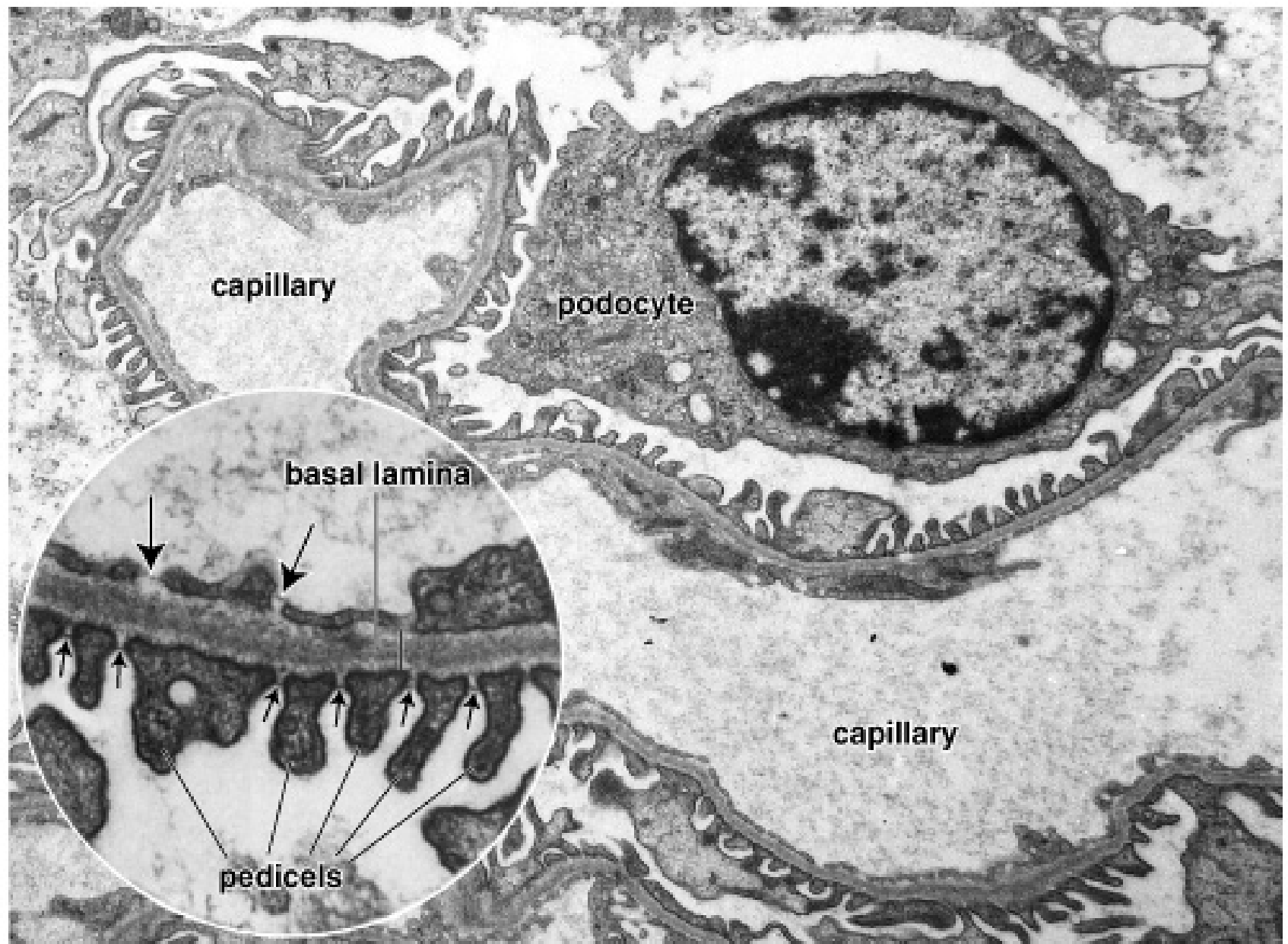


Figure 19.12. TEM of a glomerular capillary and adjacent podocyte. X5,600. **Inset.** The *large arrows* point to the fenestrations in the endothelium. X12,000.

# 滤过膜 (*filtration membrane*)

## 1. 有孔内皮 (*capillary endothelium*)

## 2. 基膜 (*basement membrane*)

足细胞突起与毛细血管内皮细胞之间或足细胞突起与血管系膜之间。由IV型胶原蛋白、蛋白多糖、层粘连蛋白组成。

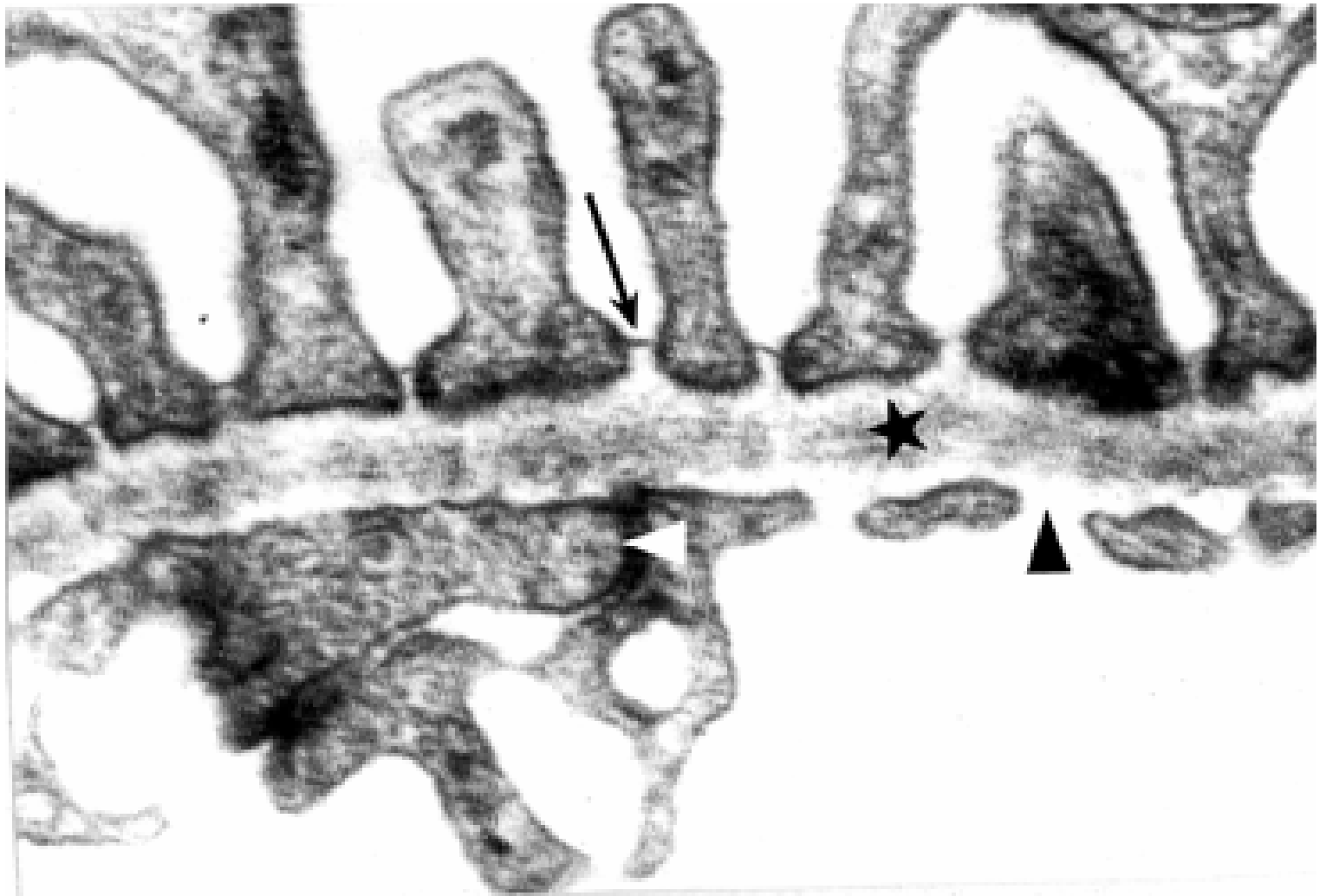
{ *LM*: 均质状

{ *EM*: 分三层

{ 中层: 致密层 (电子密度高)

{ 内、外层: 透明层 (电子密度低)

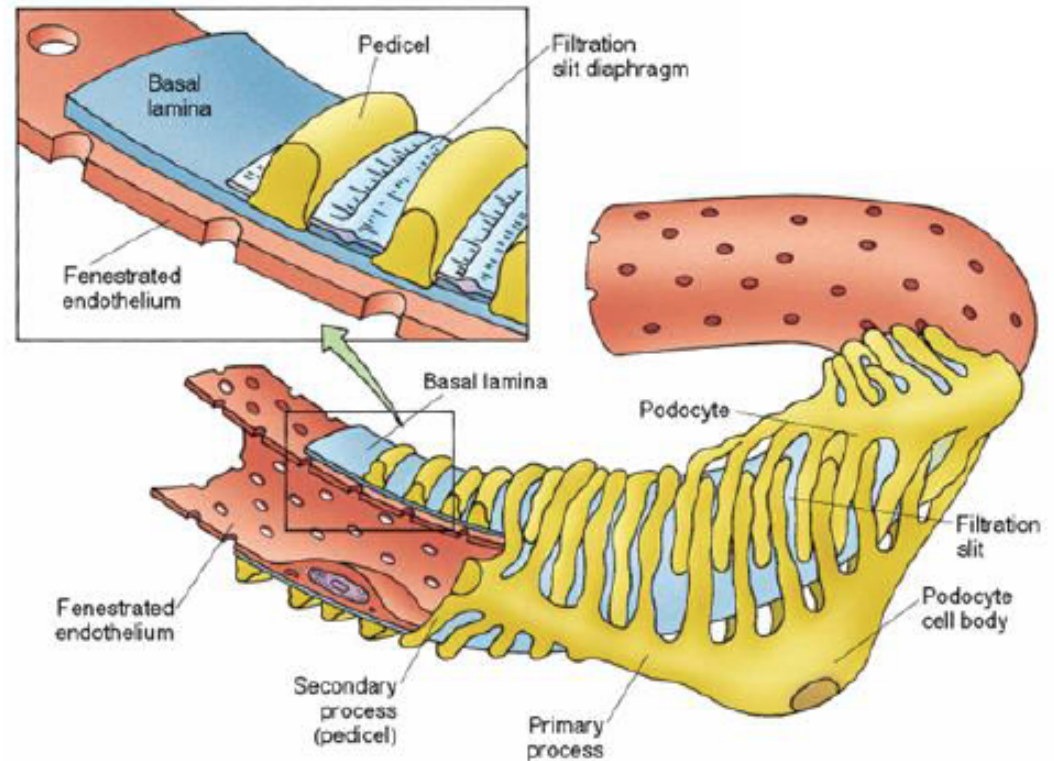
## 3. 裂孔膜 (*slit membrane*)



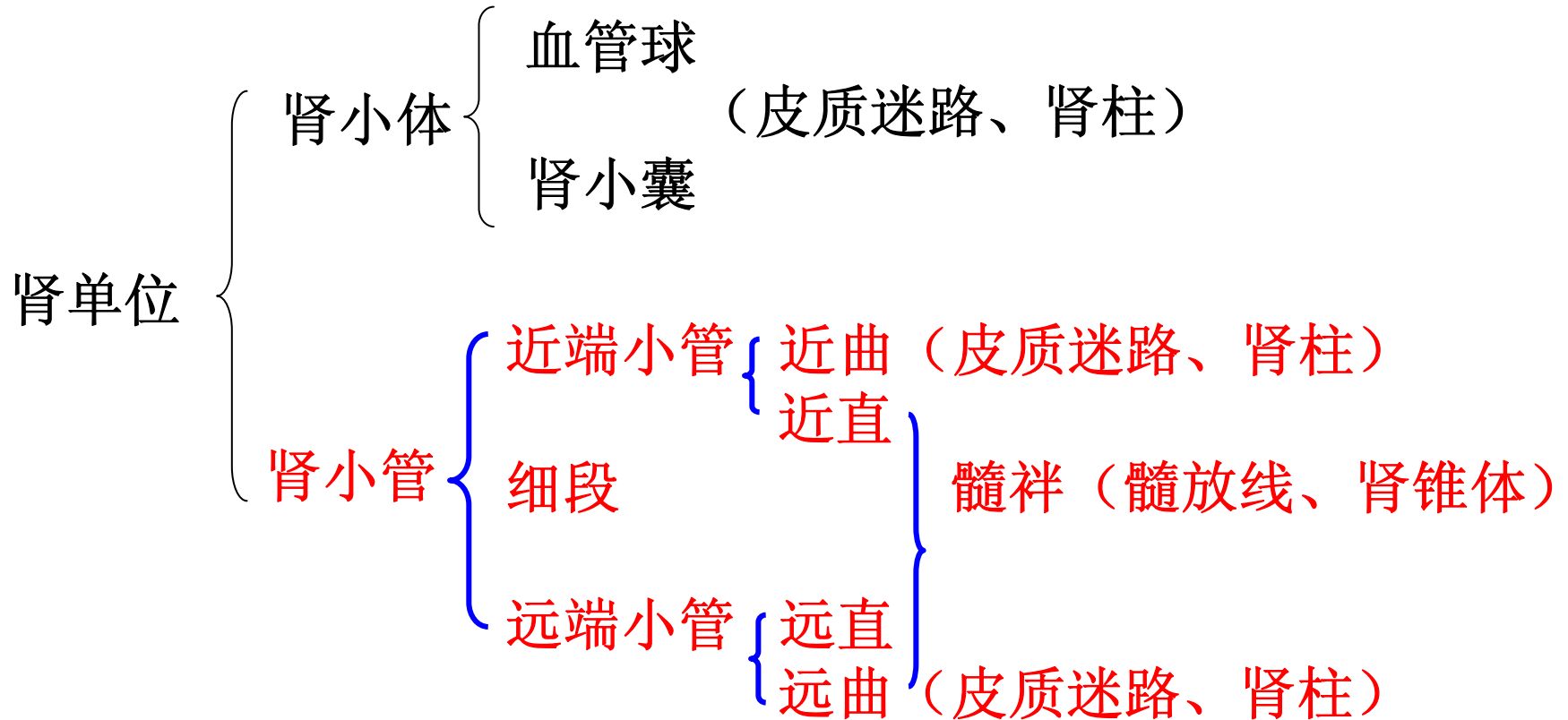
# 滤过膜（滤过屏障 filtration barrier）

## Urinary Filtration Membrane

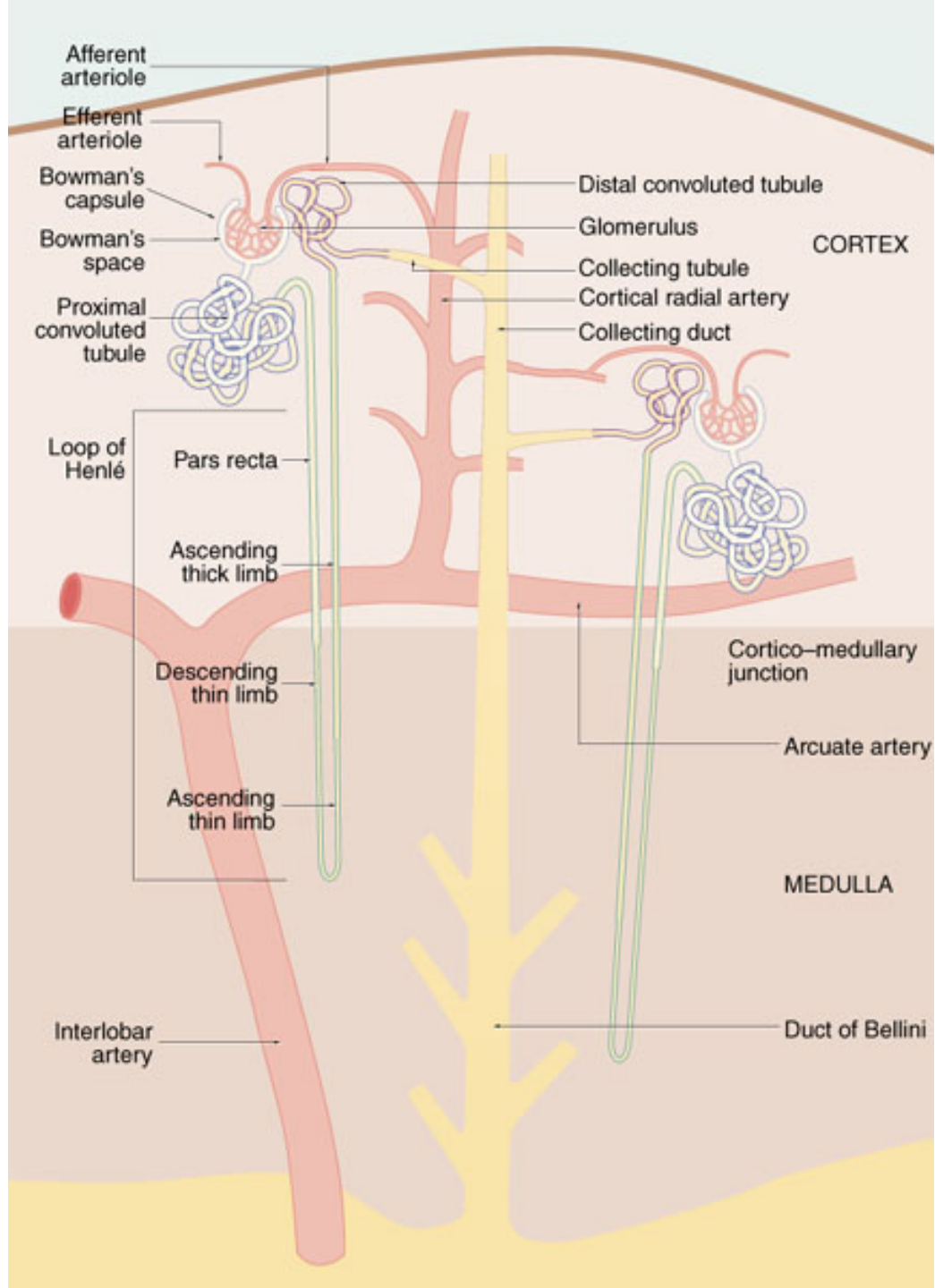
- 当血液流过血管球毛细血管时，管内血压较高，血浆内的某些物质（除大分子蛋白质外）通过滤过膜滤入肾小囊腔，形成原尿



## 2. 肾小管 (renal tubule)

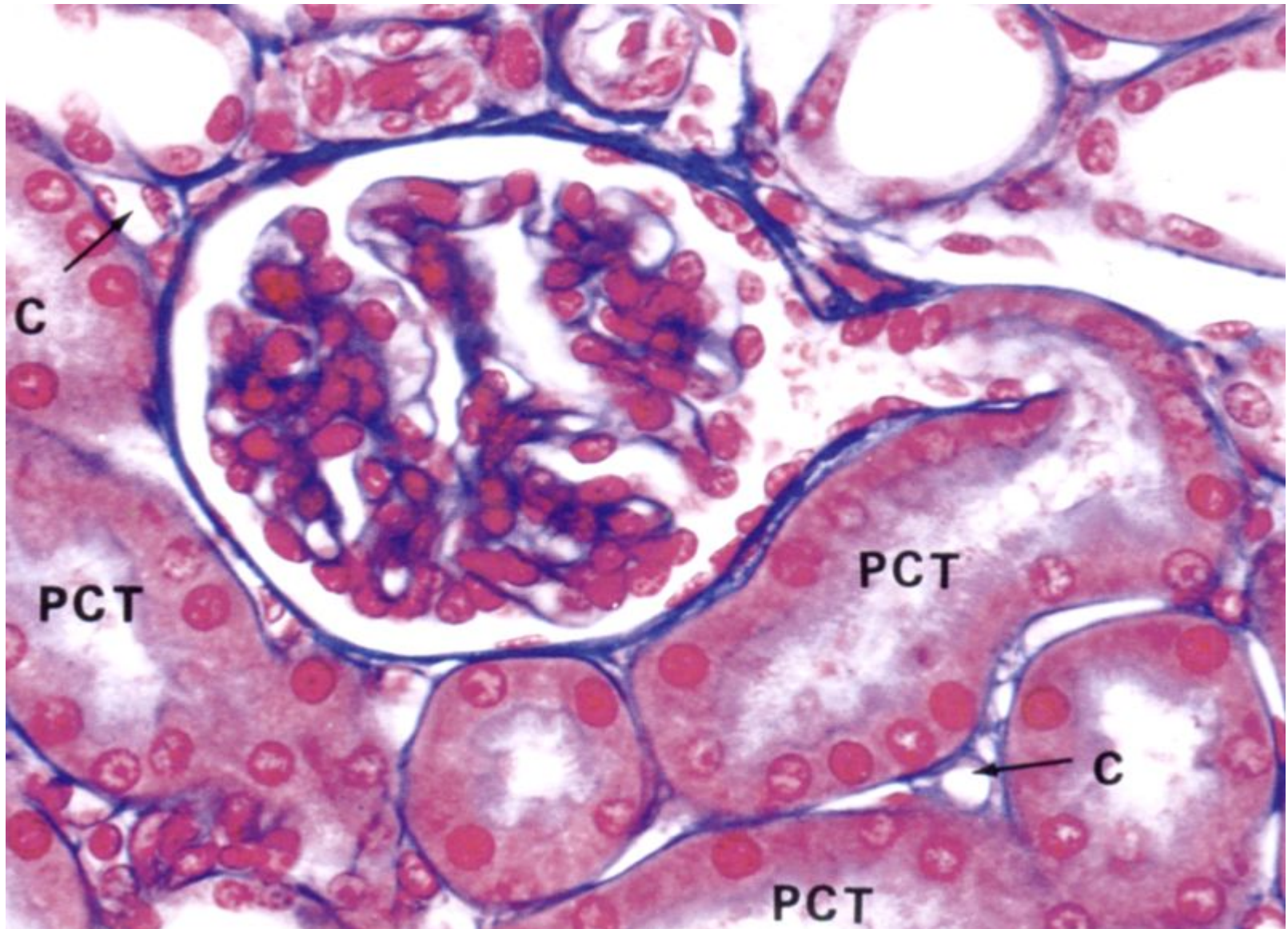


# 肾小管 (renal tubule)



由单层上皮围成的小管

# ① 近端小管 (*proximal tubule*)



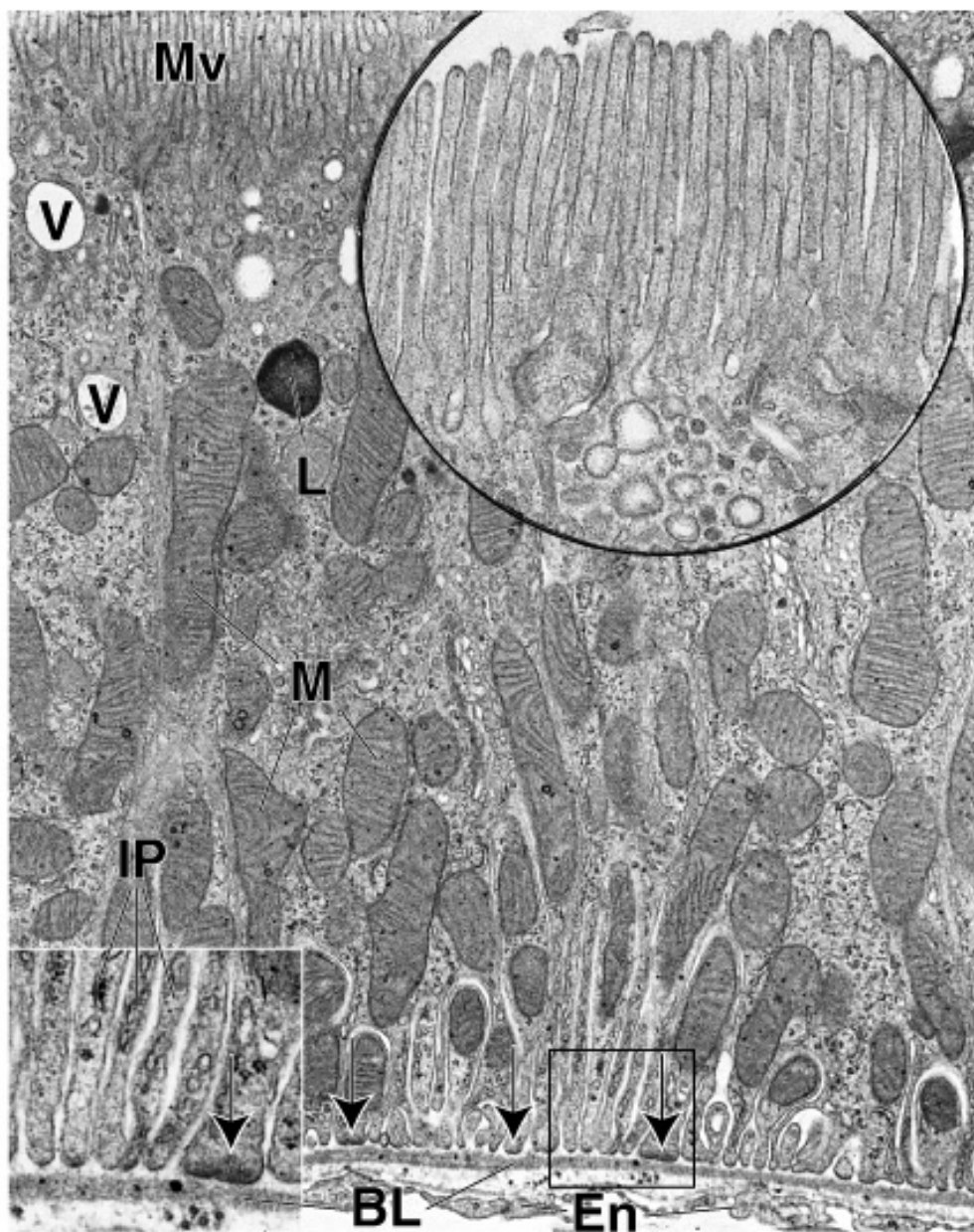


Figure 19.15. **EM of a proximal tubule cell.** *Mv*, microvilli; *V*, vesicles; *L*, lysosomes; *M*, mitochondria; *En*, fenestrated endothelium. x15,000. **Upper inset.** Higher magnification of the microvilli. x32,000. **Lower inset.** Higher magnification of the basal portion of the interdigitating processes (*IP*). X32,000.



# *proximal tubule*

## *曲部 (proximal convoluted tubule)*

### 结构:

光镜

电镜

1. 单层立方或锥体形细胞围成

2. 细胞界限不清

侧突

3. 胞质嗜酸，核圆，位于基底

4. 游离面：刷状缘 (*brush border*)

微绒毛

5. 基底面：纵纹

质膜内褶 (线粒体)

### 功能:

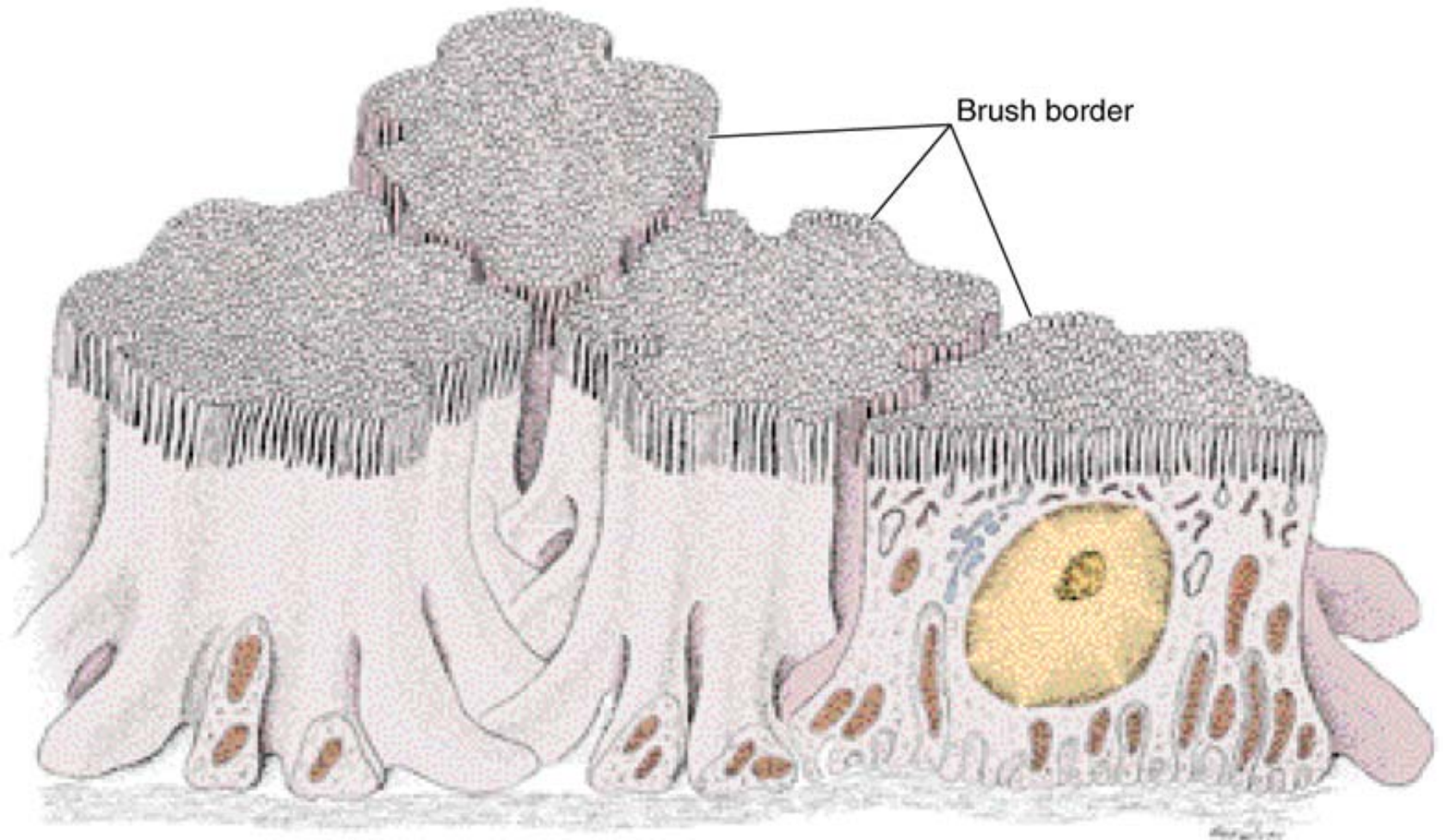
1. 重吸收：全部葡萄糖、氨基酸

85%水，65%Na<sup>+</sup>，50%尿素

2. 分泌：氢，氨，肌酐，马尿酸

## *直部 (straight portion of the proximal tubule)*

# *proximal tubule*

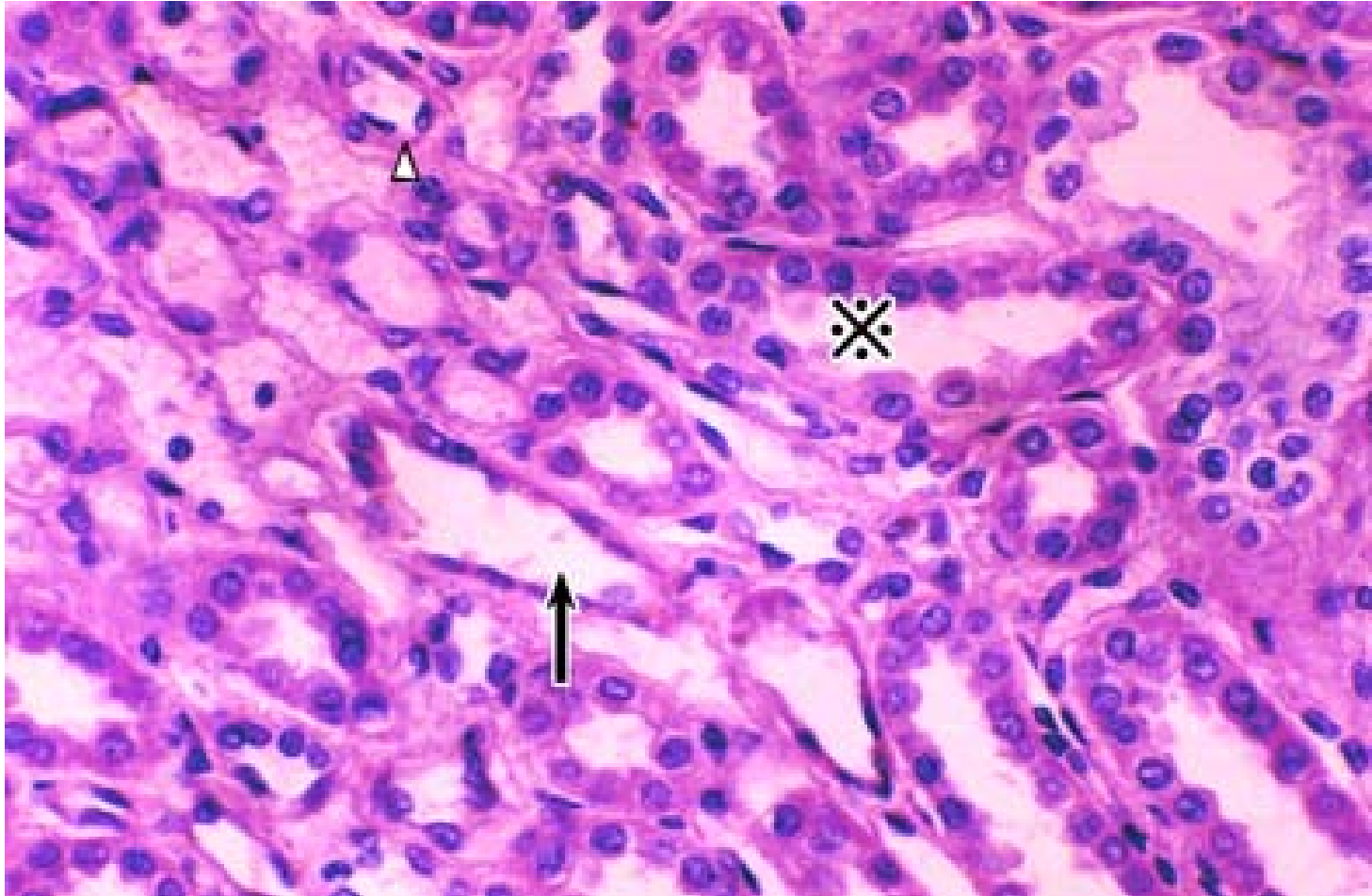


**Figure 20–9.** Schematic drawing of proximal convoluted tubule cells. These cuboidal cells show abundant microvilli constituting the brush border of their apical surfaces. They have 2 types of lateral processes: some along the whole side of the cell and others only in the basal half of the cell. The latter are longer than the former and penetrate deeply among the neighboring cells. In order to make the drawing more easily understandable, artificial spaces have been shown among the cells. (Modified from a figure [5] by Bulger R: *Am J Anat* 1965;116:237.)

## ② 细段 (*thin segment*)

管壁极薄，由单层扁平上皮围成。

有利于水和离子的透过。



### ③ 远端小管 (*distal tubule*)

#### 直部 (*straight portion of the distal tubule*)

光镜: 1. 上皮细胞立方形, 分界清, 着色浅, 核圆居中

2. 细胞表面无刷状缘, 基底可见纵纹

电镜: 游离面: 少量微绒毛

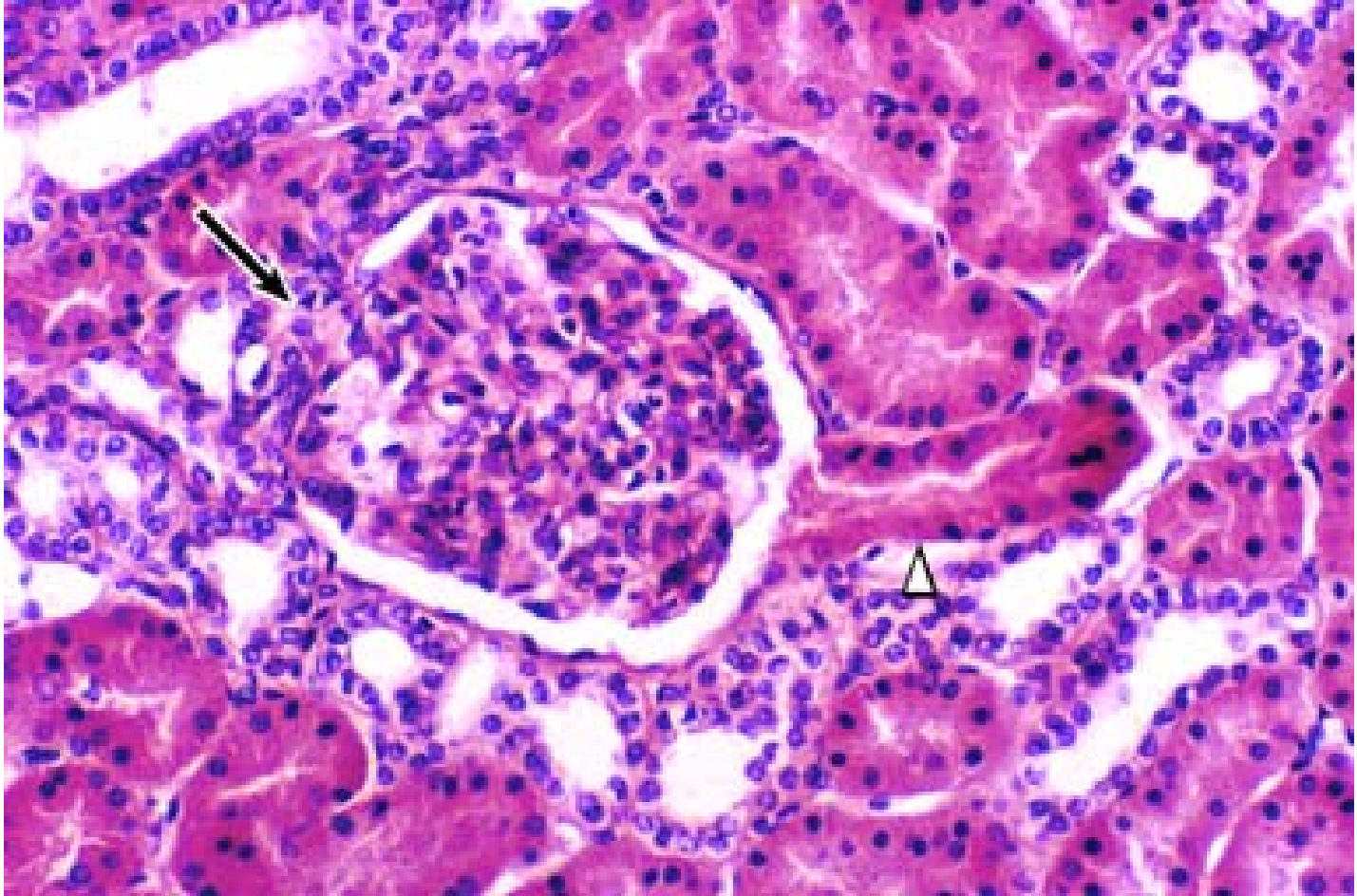
基部: 质膜内褶发达 (线粒体、钠泵)

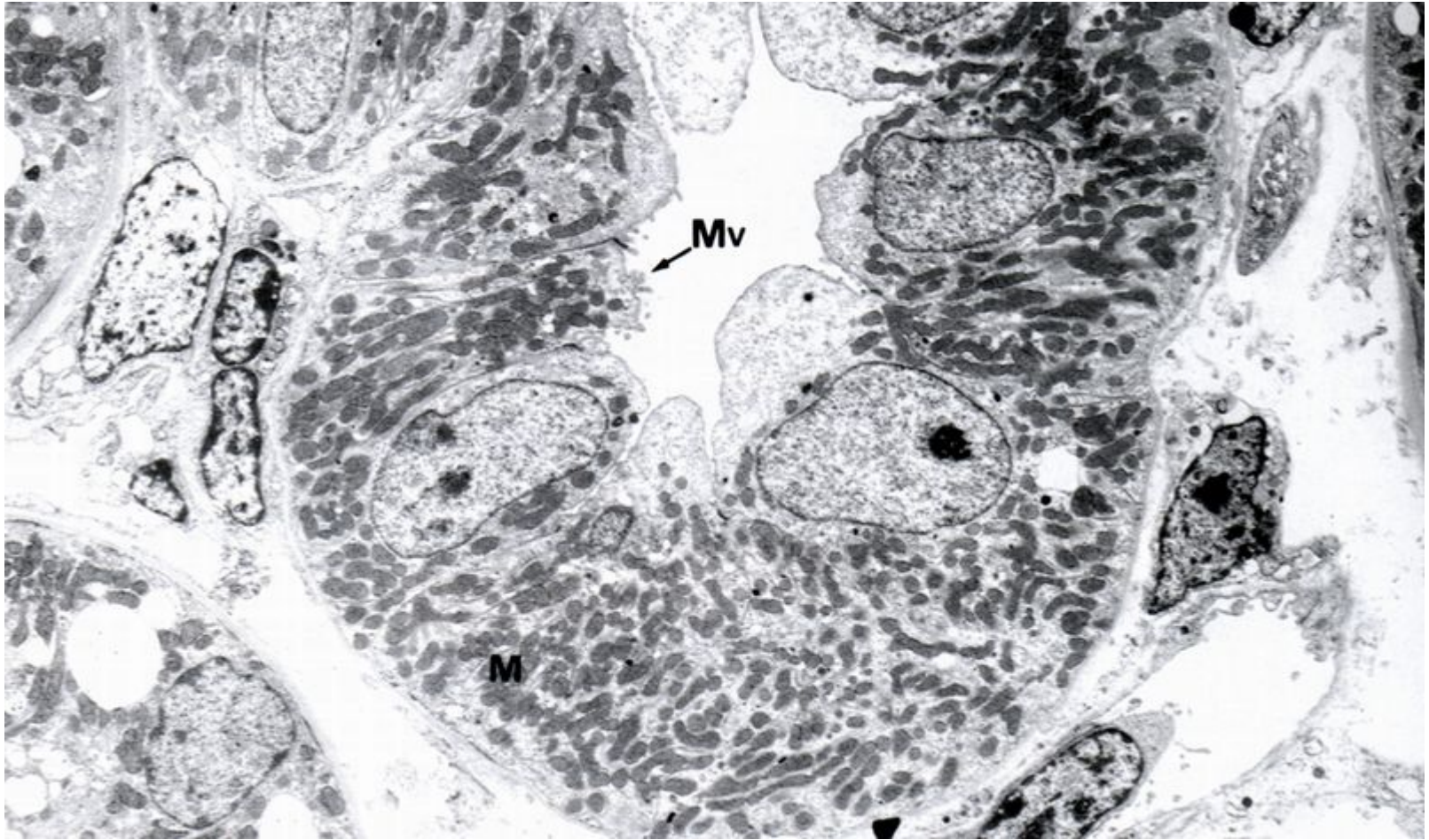
#### 曲部 (*distal convoluted tubule*)

保钠、排钾、泌氢、泌氨——离子交换、维持酸碱平衡

受醛固酮、抗利尿激素的调节——浓缩尿液

*distal tubule*





*distal convoluted tubule*

## (二) 集合小管 (*collecting tubule*)

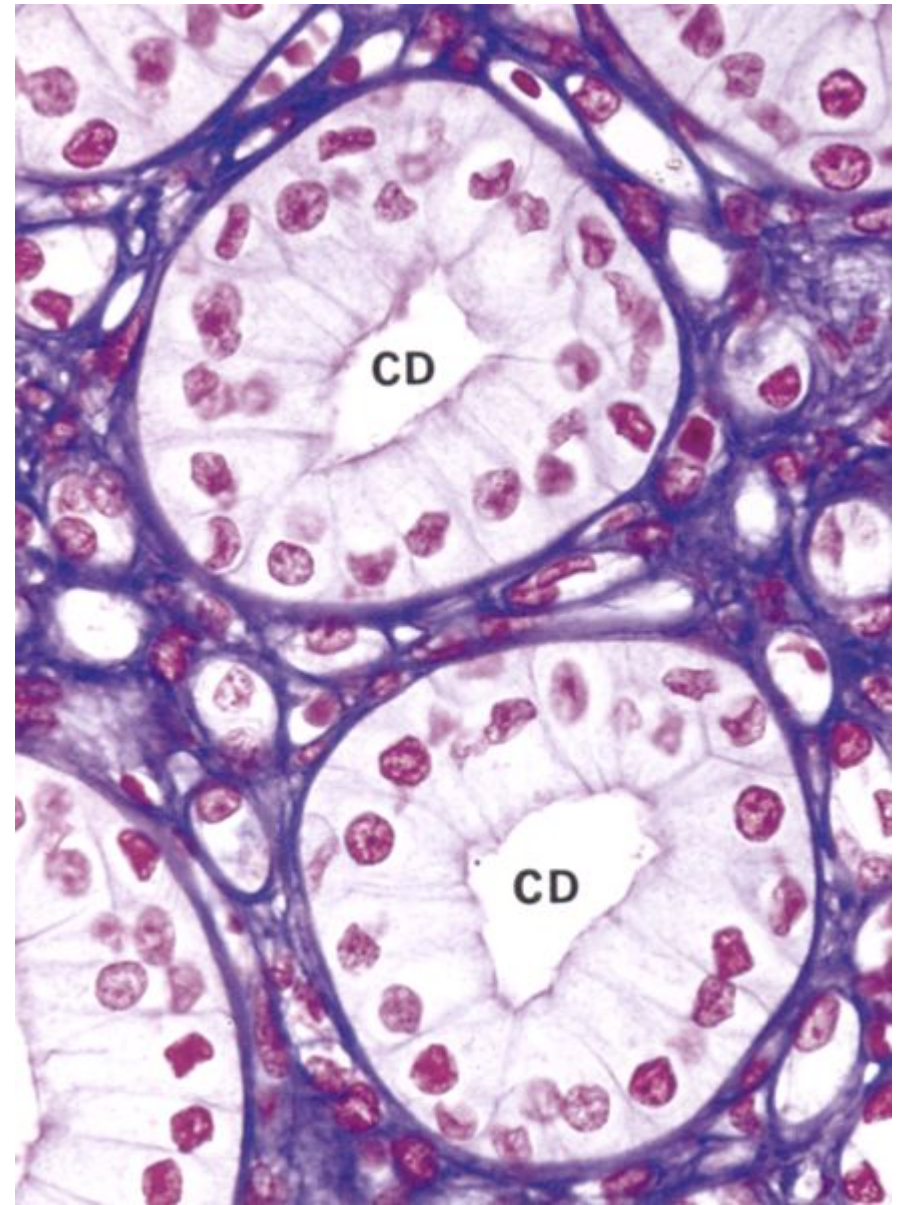
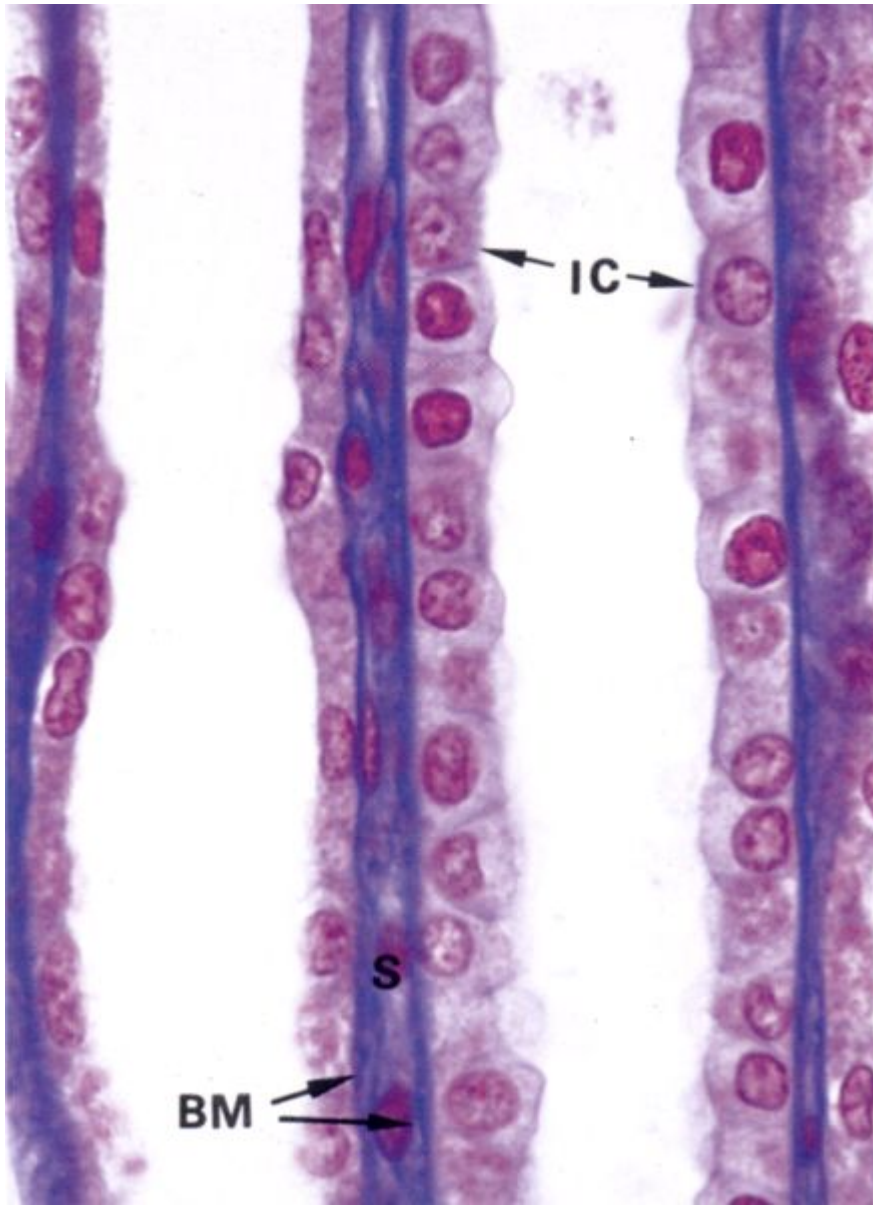
弓形集合小管、皮质集合小管、髓质集合小管

结构：光镜：上皮为单层柱状，细胞界限清楚，核圆居中，着色较深，胞质色淡而明亮。

电镜：少量微绒毛、少量侧突、短小质膜内褶

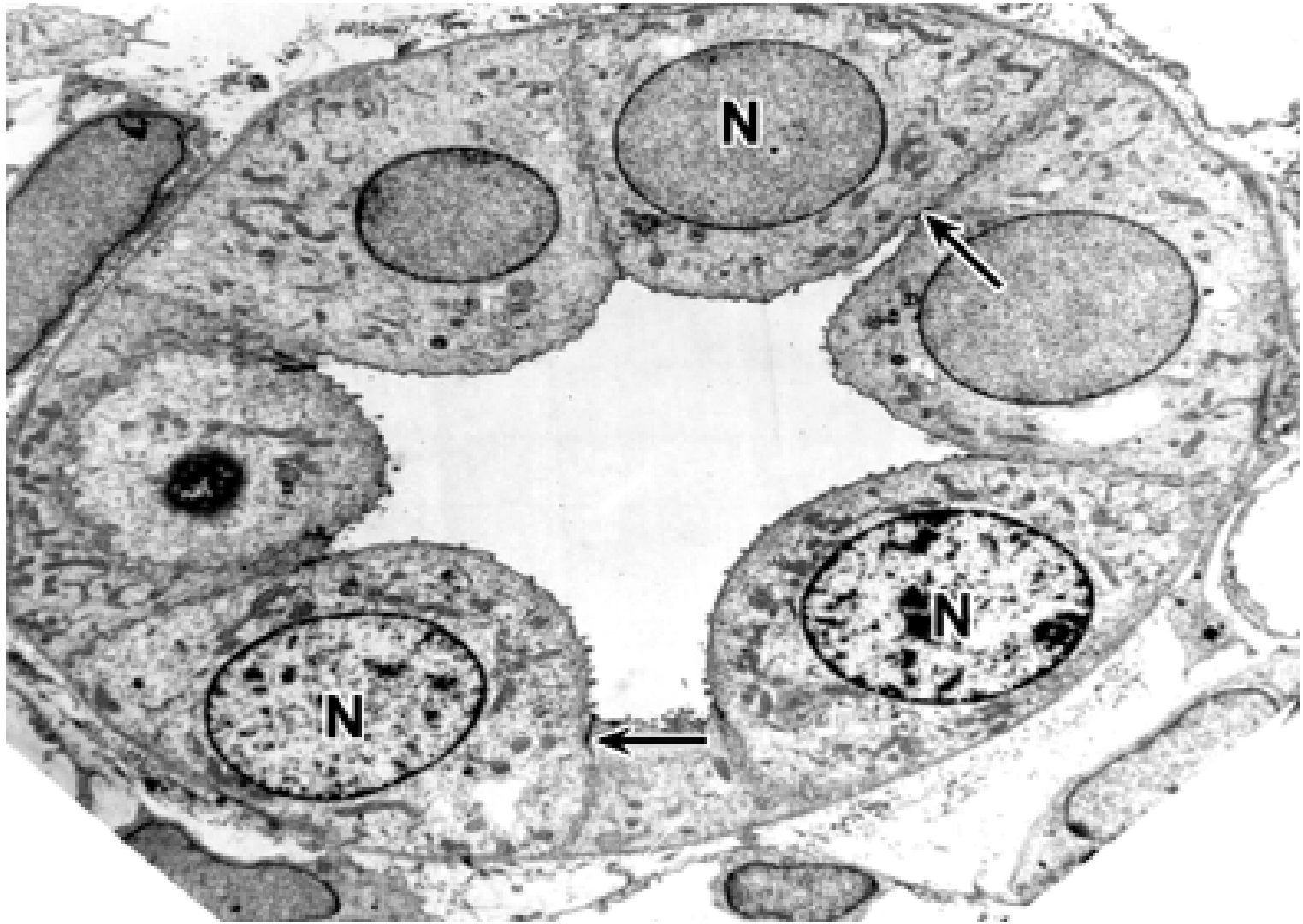
功能：进一步重吸收水、交换离子，使原尿进一步浓缩。

受醛固酮、抗利尿激素、心房钠尿肽调节。

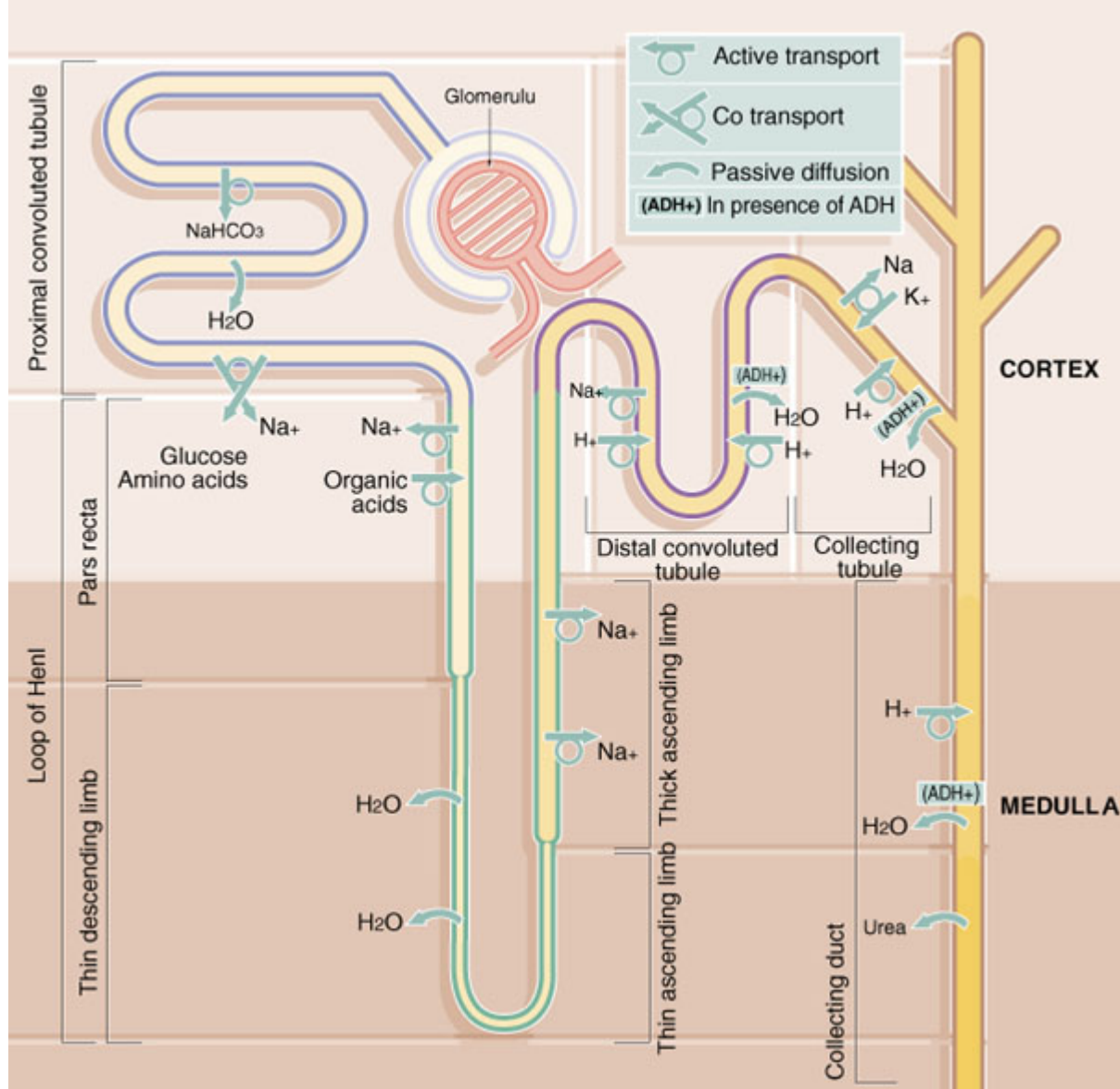


*collecting tubules and ducts*



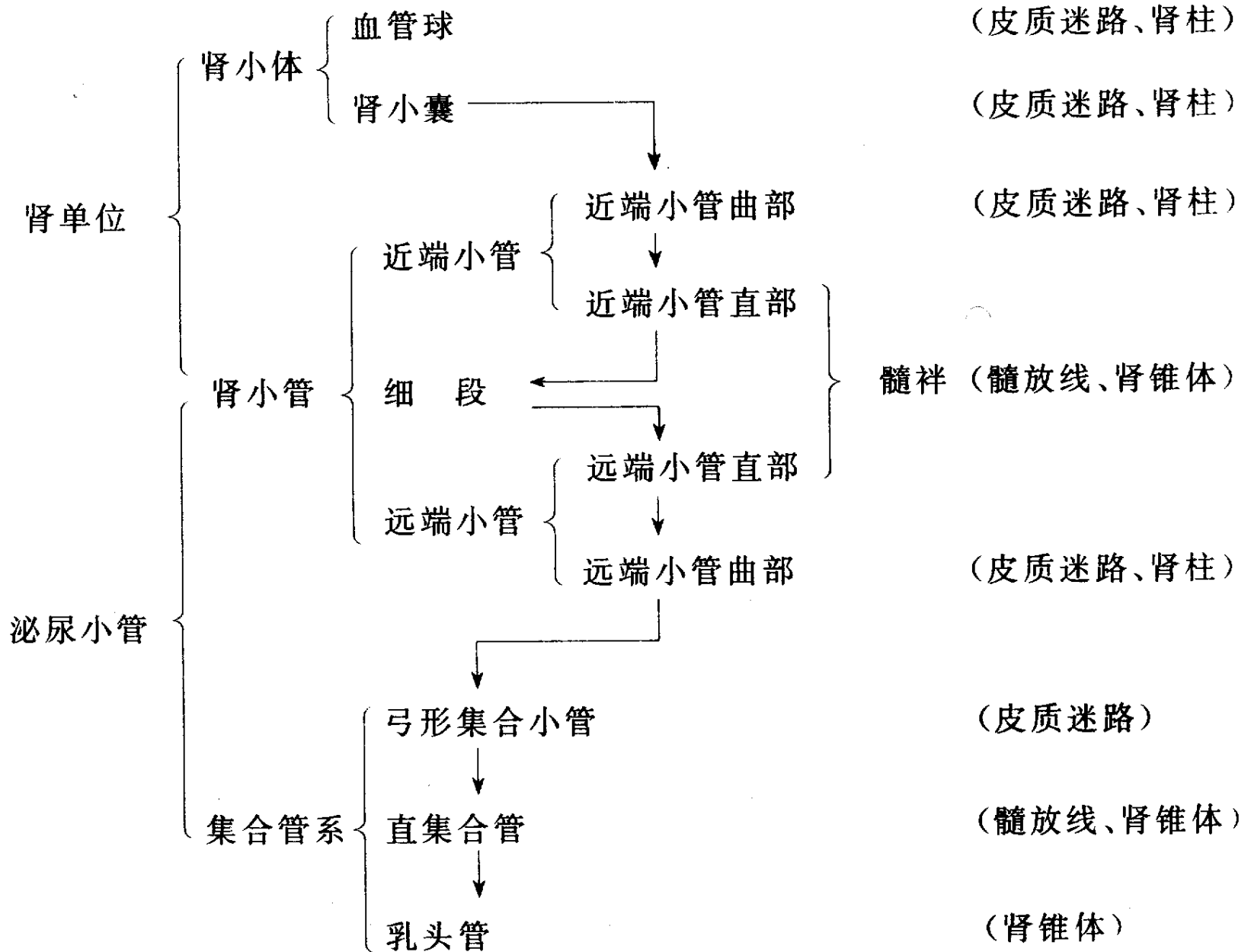


*collecting tubules and ducts*



肾小体形成的原尿在流经肾小管各段和集合小管时，其中葡萄糖等成分和99%的水均被重吸收，同时由小管上皮细胞分泌部分物质，最终仅1%左右的原尿作为终尿（约1-2L/天）排出体外。

表 17-1 泌尿小管组成和各段的位置



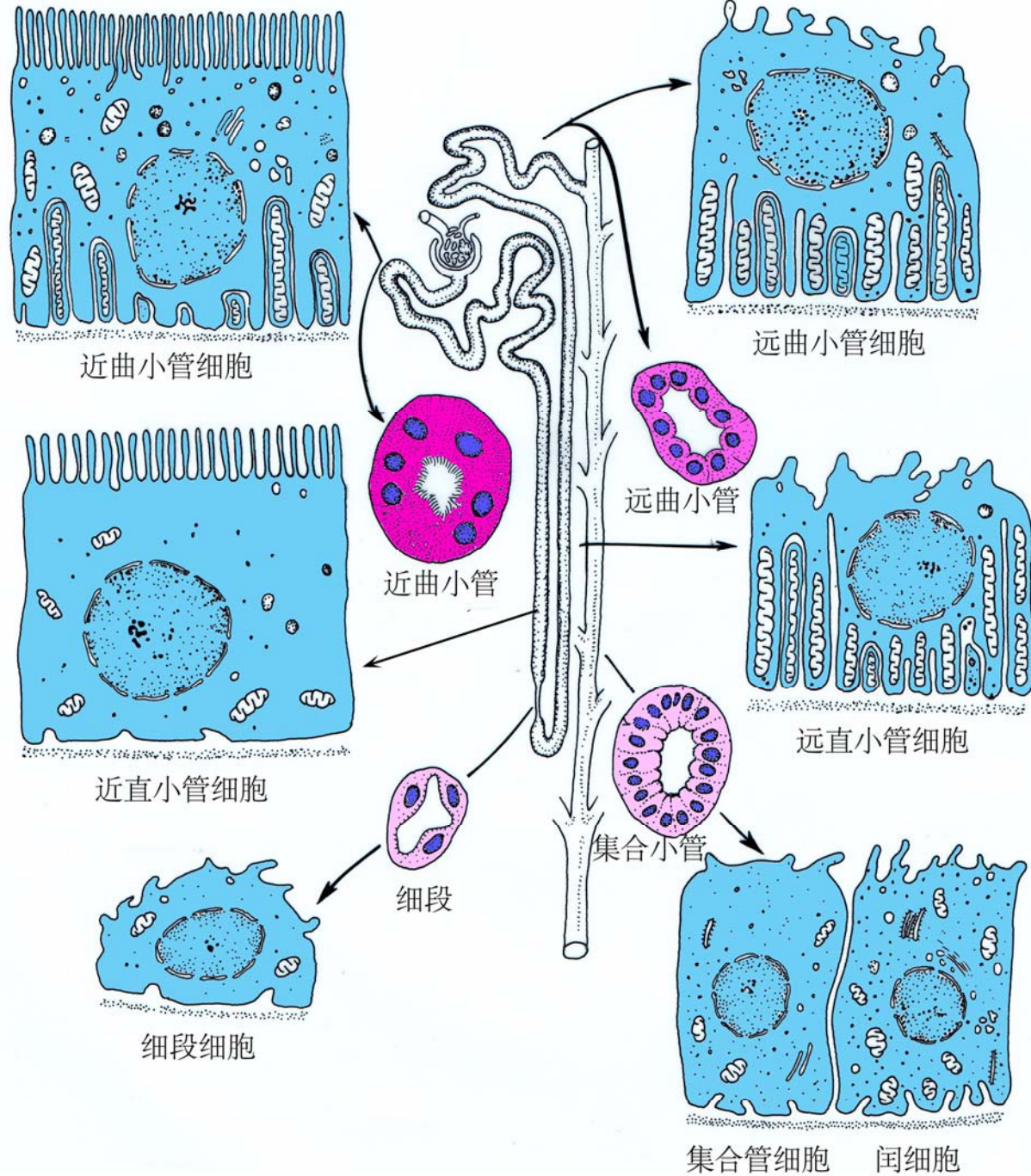


图 20-20 泌尿小管各段上皮细胞结构模式图

# (三) 球旁复合体 (*juxtaglomerular complex*)

## (肾小球旁器 *juxtaglomerular apparatus*)

球旁细胞

致密斑

极垫细胞

极周细胞

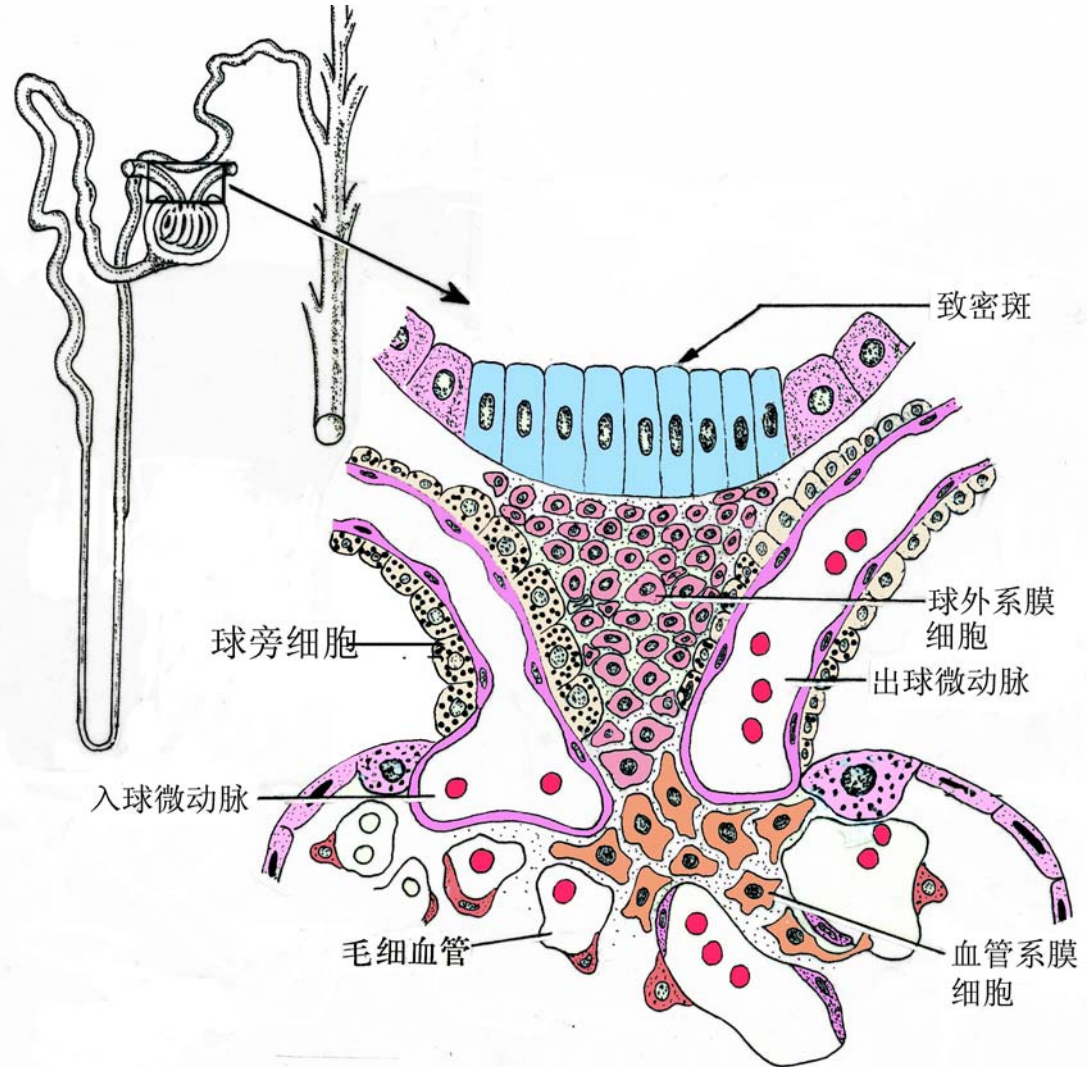
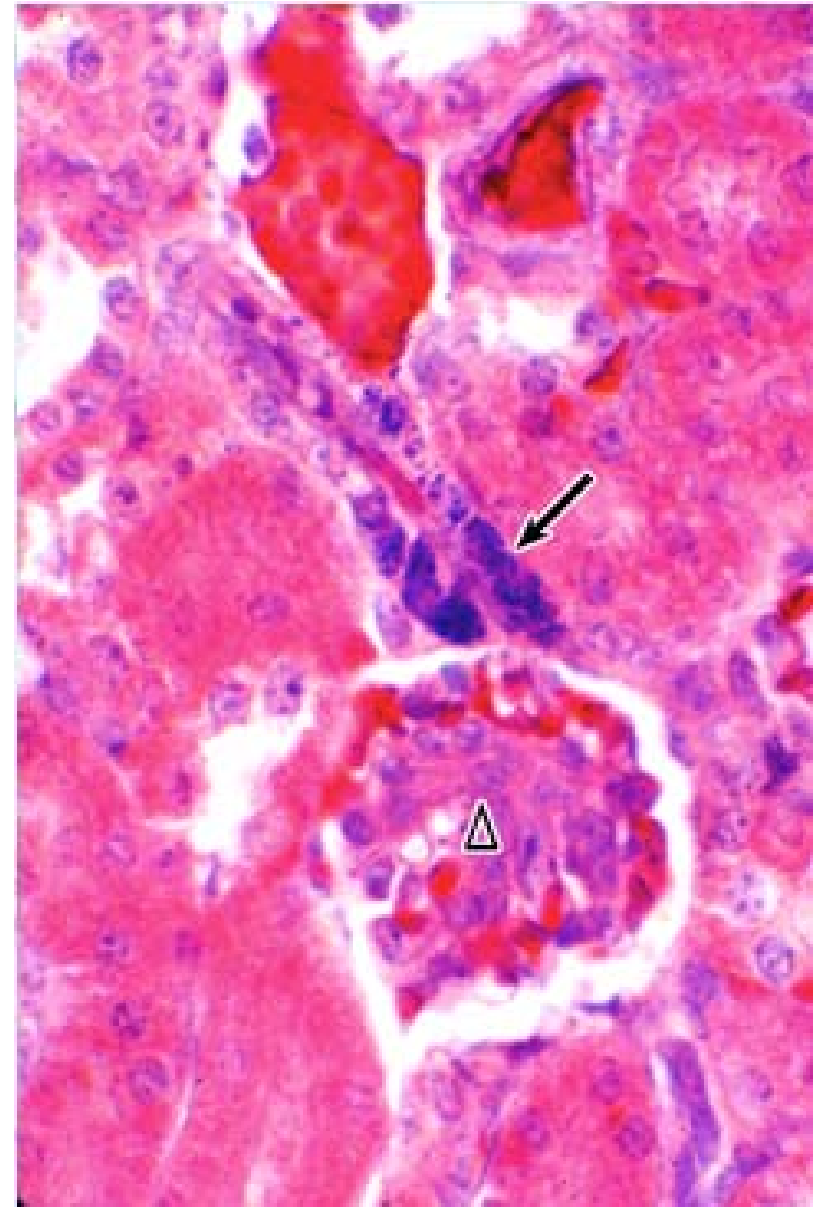
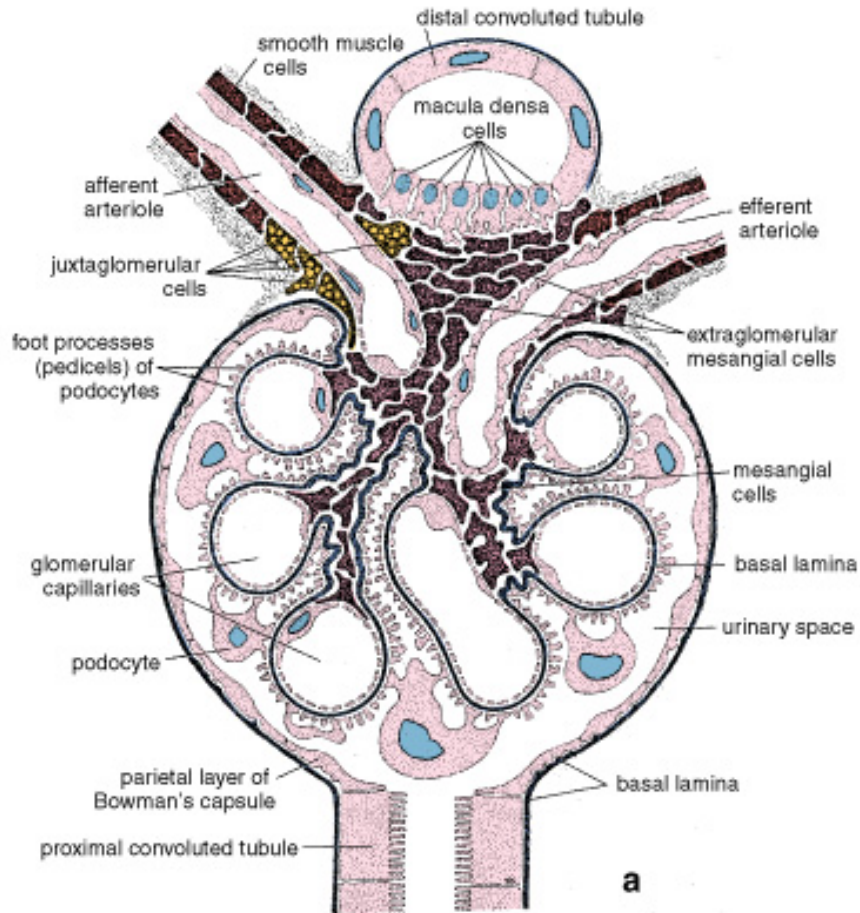


图 20-25 血管球旁器模式图

# 1. 球旁细胞 (*juxtaglomerular cell*)



# juxtaglomerular cell

部位：入球微动脉近血管极处

形态结构：管壁平滑肌细胞演变成上皮样细胞。

电镜：粗面内质网、高尔基复合体、分泌颗粒

功能：1. 肾素 (renin)

血管紧张素原 → 血管紧张素 I → 血管紧张素 II

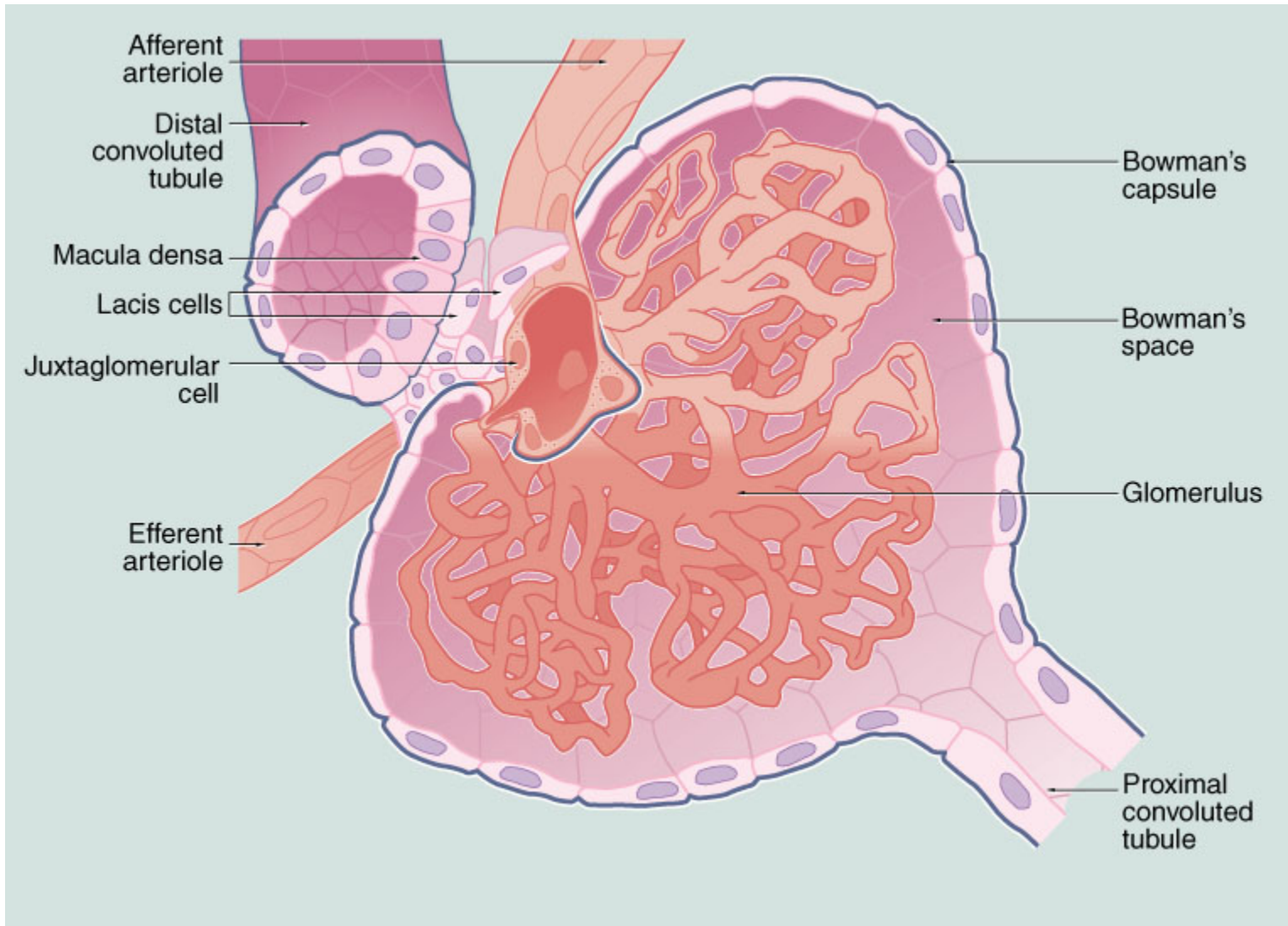
刺激肾上腺皮质球状带产生醛固酮，促进远端小管重

吸收  $Na^+$ 、 $Cl^-$ ，分泌  $K^+$ 。

血管紧张素 —— 血管收缩剂 —— 升高血压

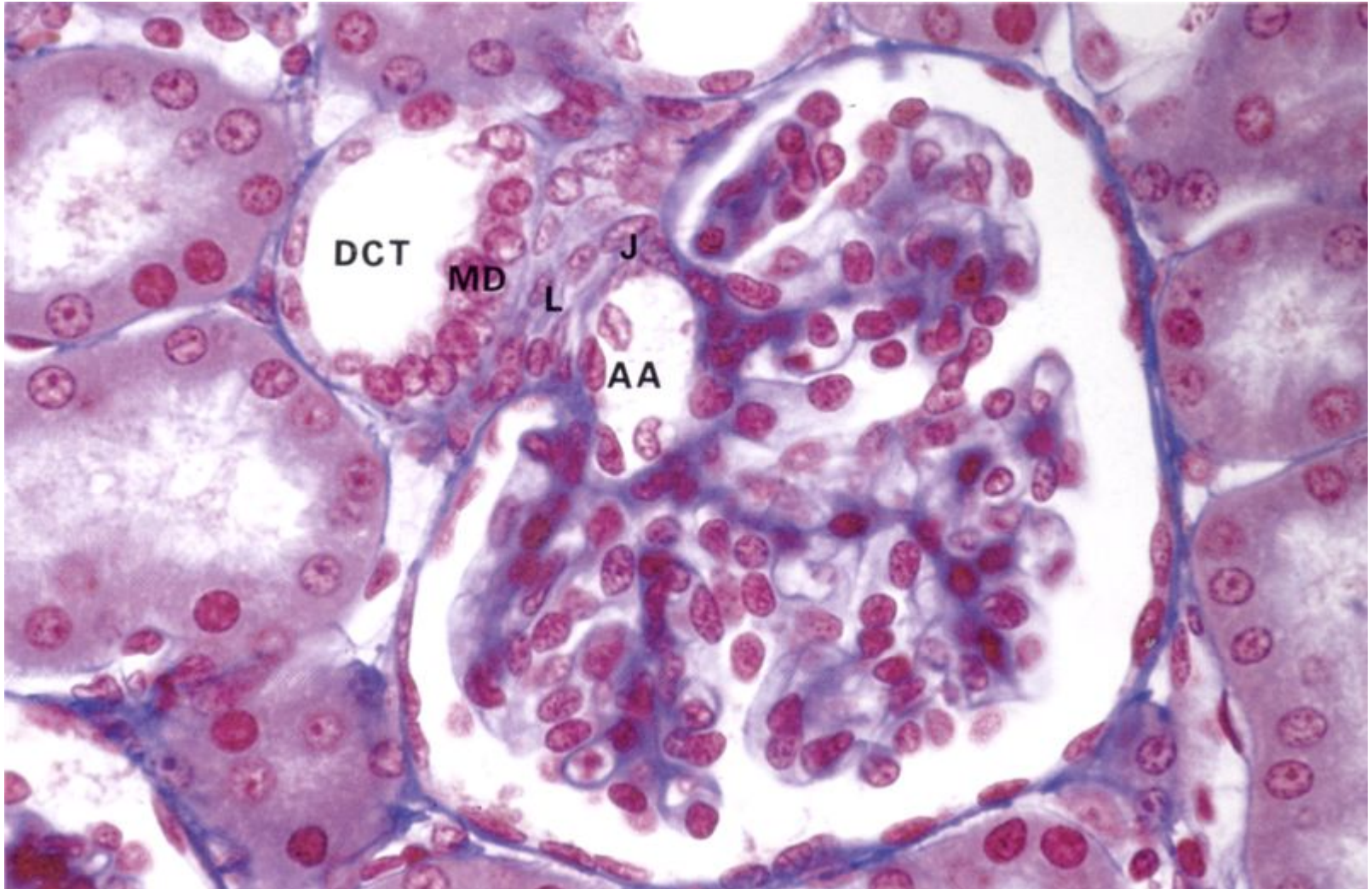
2. 促红细胞生成素

## 2. 致密斑 (*macula densa*)





# *macula densa*



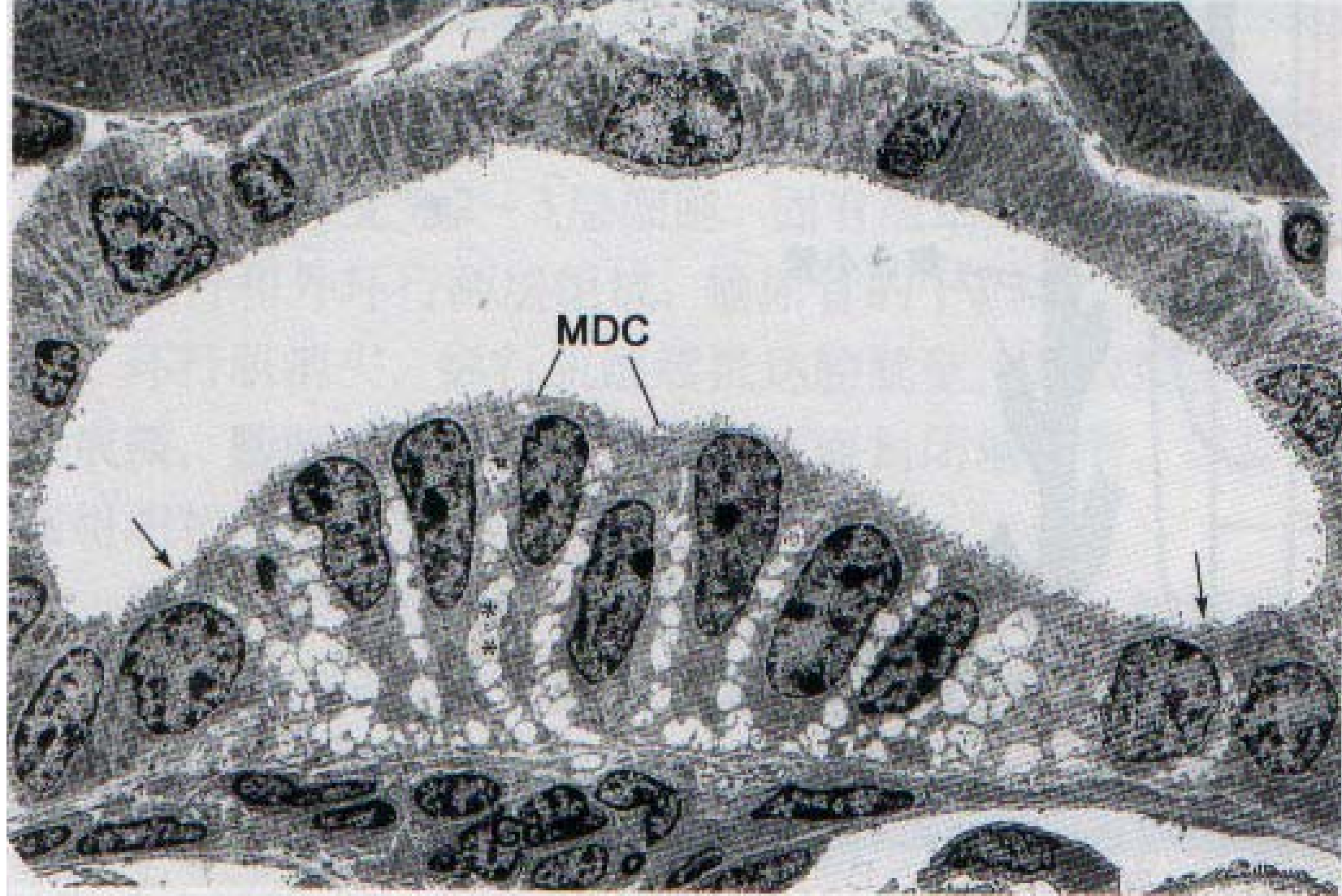


图 20-28 兔肾致密斑超微结构像 × 2 000

MDC. 致密斑细胞    \* 细胞间隙    ↓ 致密斑与远直小管上皮细胞的移行处  
Go. 球外系膜细胞

(W Kriz 教授赠图)

## *macula densa*

部位：远端小管近血管极侧

形态结构：上皮细胞变高，密集排列成椭圆形的斑状结构。细胞高柱状，染色浅，核椭圆形，位于细胞顶部。

基底面有指状突起伸至球旁细胞，二者之间的基膜常不完整。

功能：离子感受器（感受远端小管内 $Na^+$ 浓度的变化，将信息传递给球旁细胞）

### 3.极垫细胞 (*polar cushion cell*) (球外系膜细胞)

部位：入、出球微动脉与致密斑之间三角区内

与球内系膜相连接

形态结构：短小突起、分泌颗粒

功能：不清

### 4.极周细胞 (*peripolar cell*)

部位：肾小囊脏层和壁层上皮移行处，包绕血管极

形态结构：体积大，有分泌颗粒

功能：不清

## (四) 肾间质

位于肾单位和集合小管之间的结缔组织，分布不均，从皮质到乳头逐渐增多。

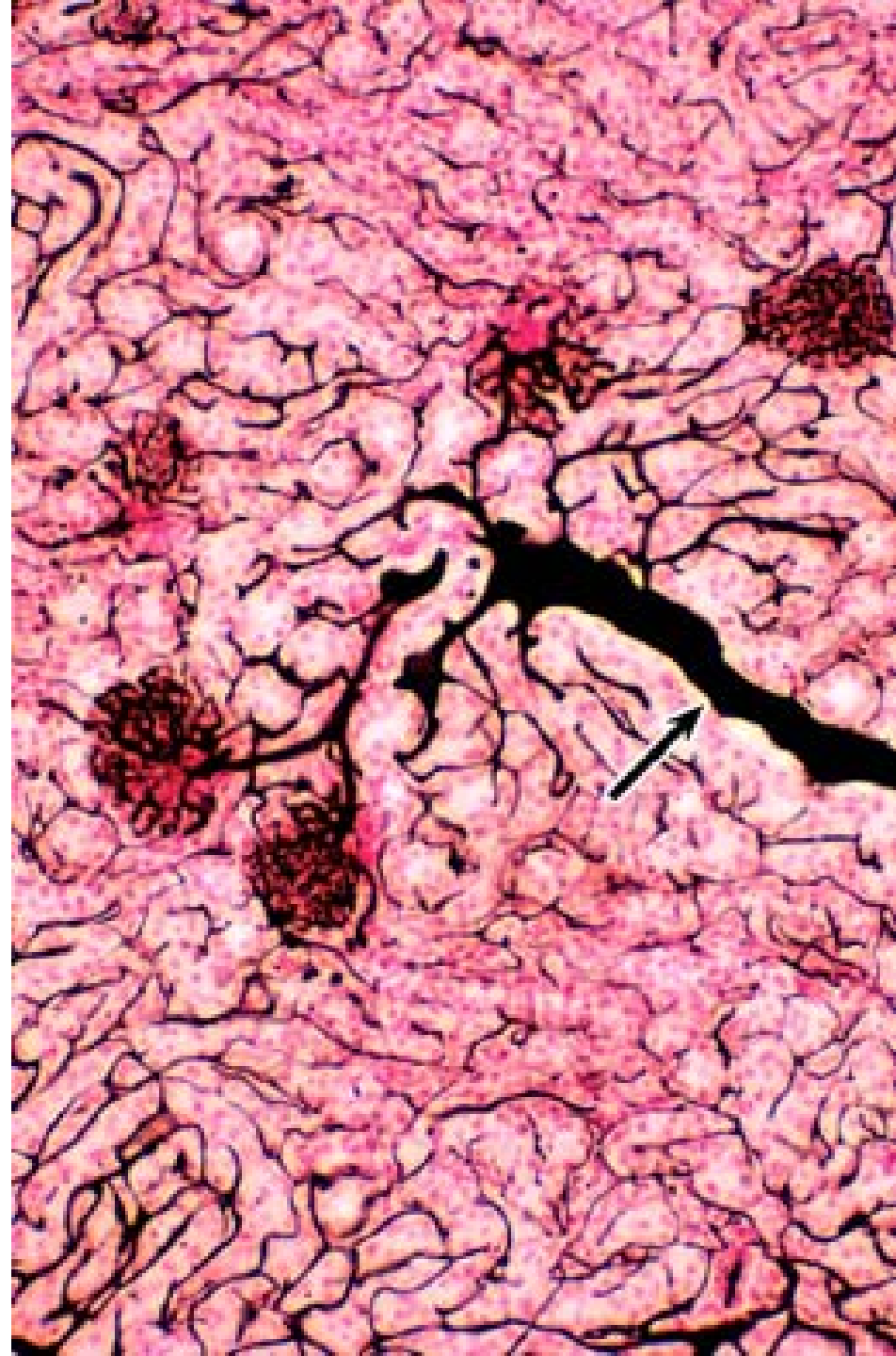
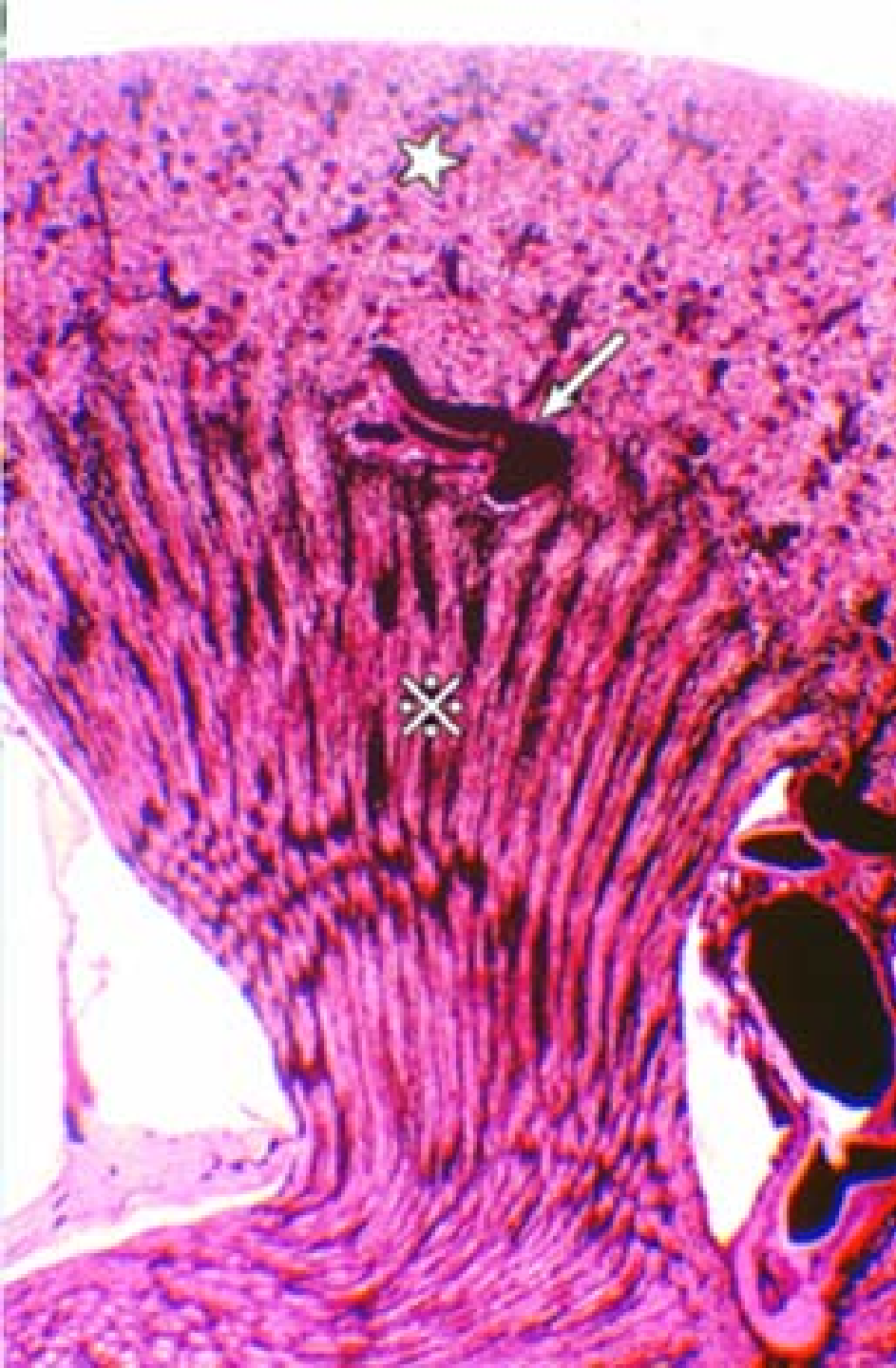
### 间质细胞 (*interstitial cell*)

分布：肾髓质的间质中

形态：星形，有较长突起。胞质中有丰富的内质网，发达的高尔基复合体

功能：形成基质

分泌前列腺素 $E_2$ ——降低血压



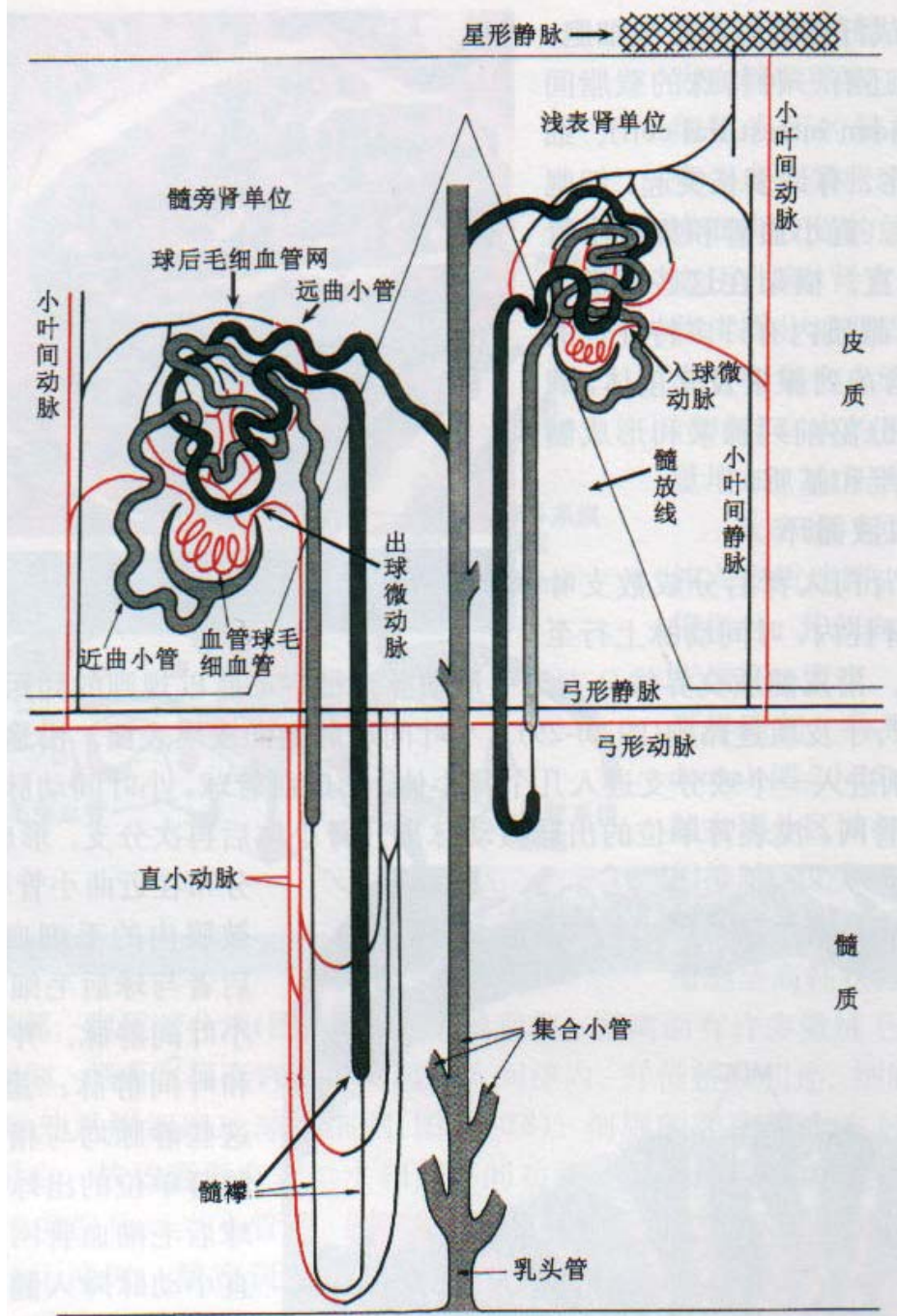
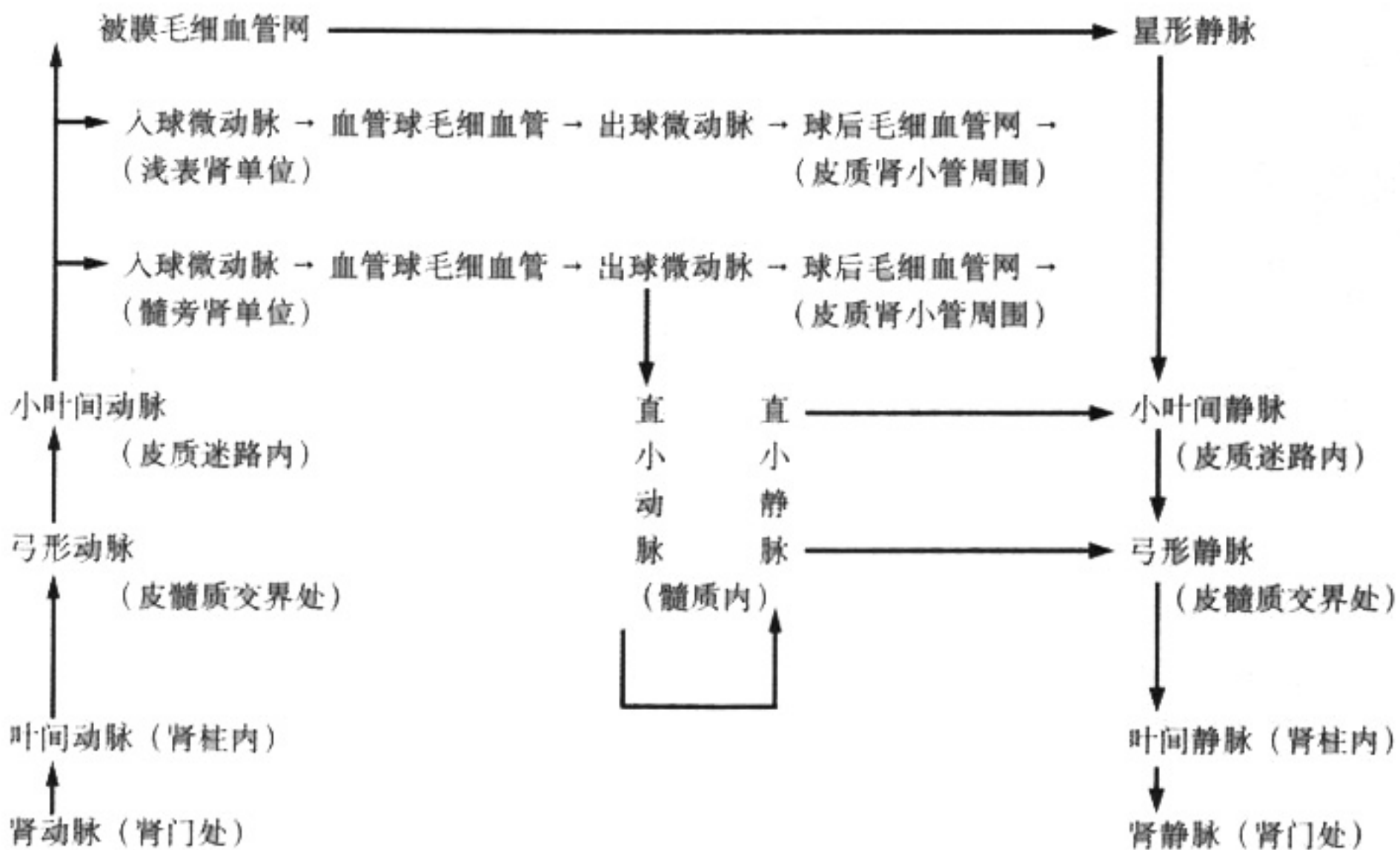


图 20-29 肾血液循环示意图

表 20-2 肾的血液循环





## (五) 肾血循环特点

1. 肾动脉直接起于腹主动脉，血流量大
2. 血管球毛细血管两端皆连于动脉
3. 血管球毛细血管压力高，有利于原尿的滤过
4. 球后毛细血管胶体渗透压高，有利于水重吸收
5. 直小动、静脉形成袢状，与髓袢伴行，有利于水重吸收和尿液浓缩
6. 皮质血流量大，占90%

## 二、排尿器官

- 组成

- 包括肾盏、肾盂、输尿管（ureter）、膀胱（bladder）和尿道等

- 基本结构（三层）

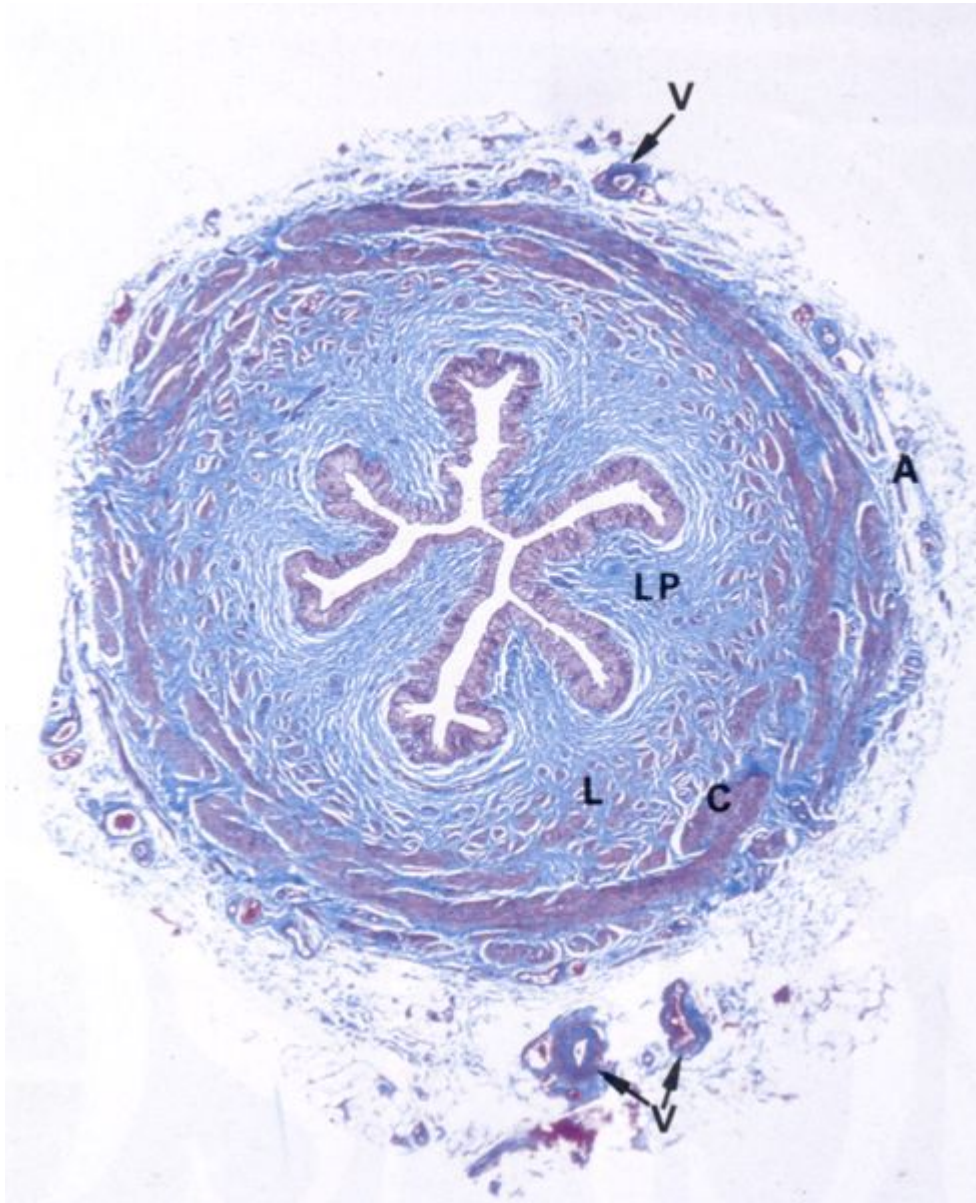
- 粘膜

- 上皮：变移上皮

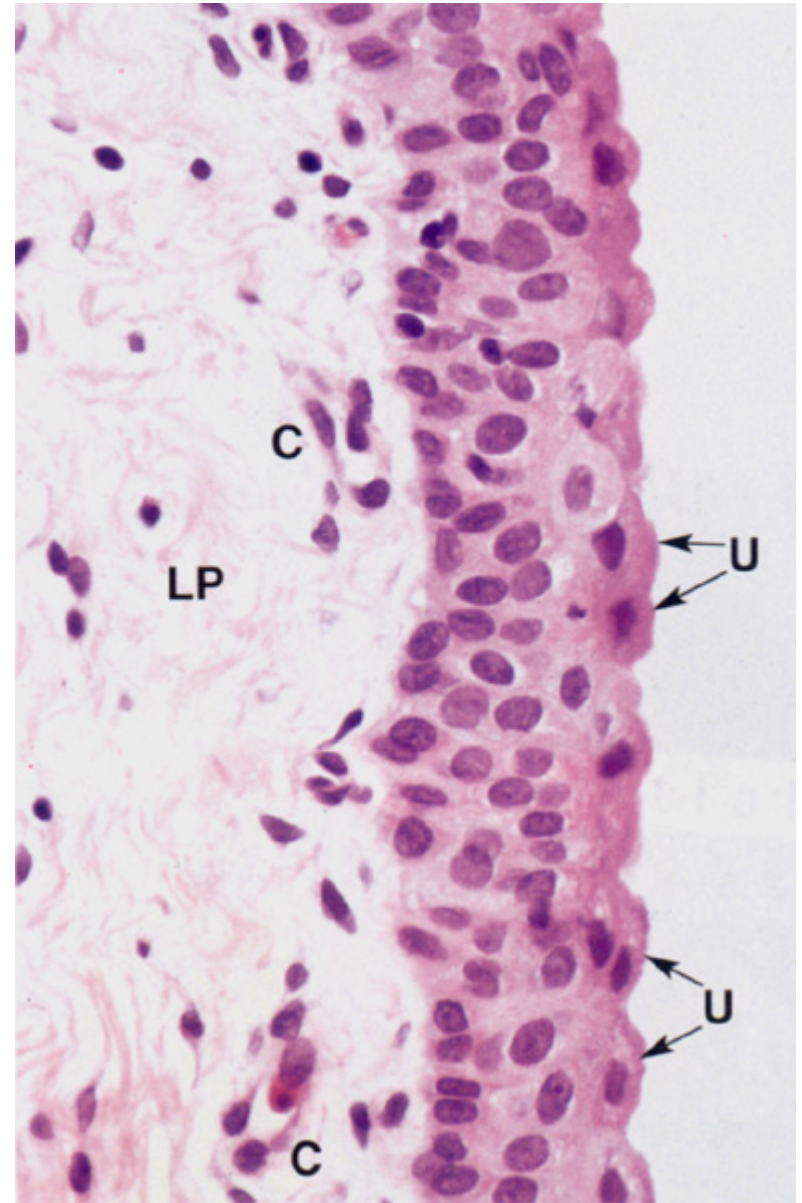
- 固有层：细密结缔组织

- 肌层（平滑肌）

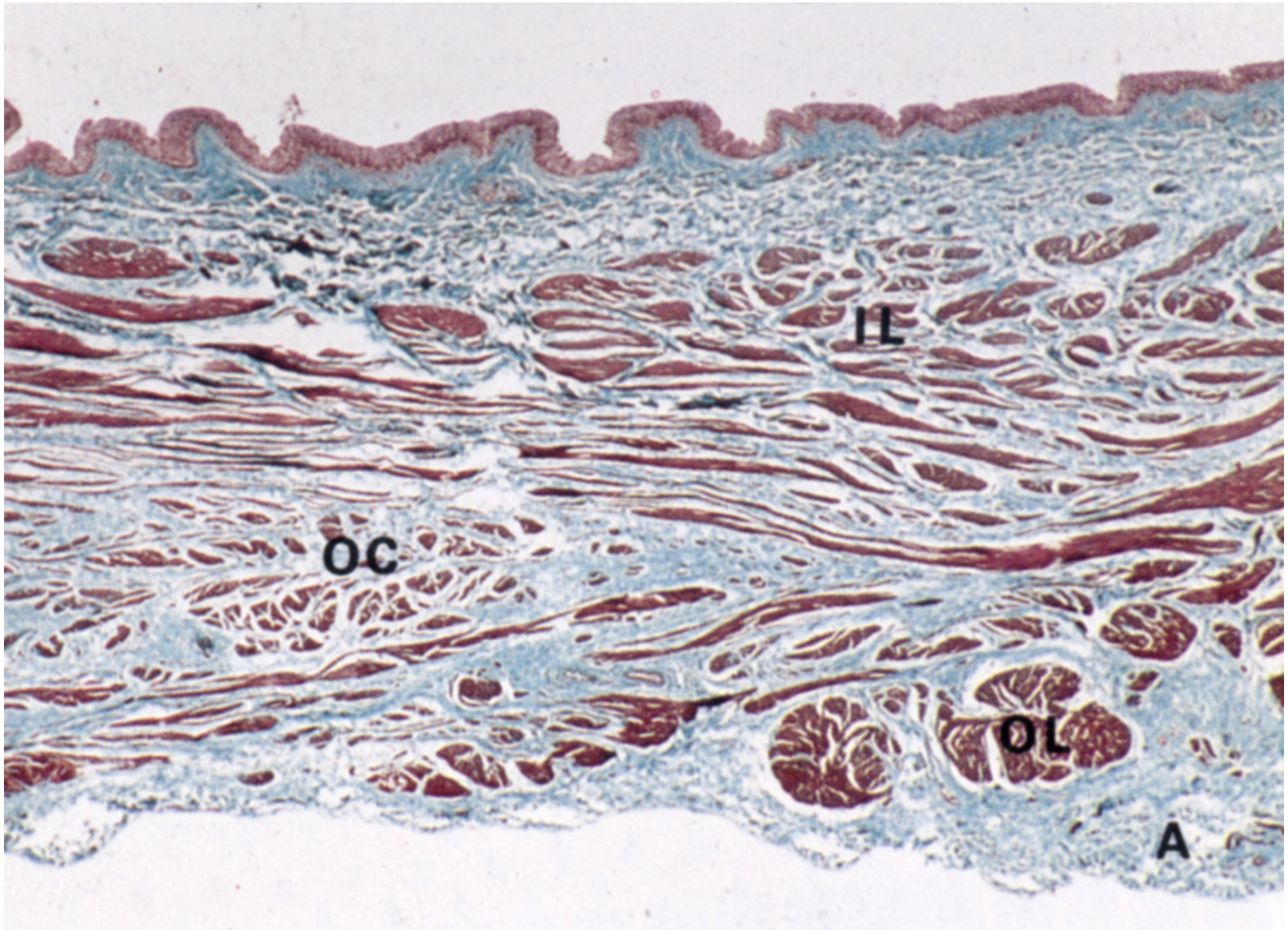
- 外膜



*ureter*



*urinary epithelium*



*bladder (Masson's trichrome)*

## 输尿管

1、 *mucosa*: 变移上皮

固有层结缔组织

2、 *muscularis*: 内纵、外环

3、 *adventitia*: 结缔组织

## 膀胱

1、 *mucosa*: 变移上皮

固有层结缔组织

2、 *muscularis*: 内纵、中环、外纵

3、 *adventitia*: 结缔组织

# 思考题

- 肾单位的组成及各段的结构特点
- 滤过膜（滤过屏障）
- 球旁复合体的组成、形态结构和功能
- 原尿和终尿的形成及相关的组织结构
- 肾间质细胞