

第十五章 泌尿系統

組成:

腎 → 製造尿液 (過濾血液)

輸尿管 → 輸送尿液

膀胱 → 儲存尿液

尿道 → 排出尿液

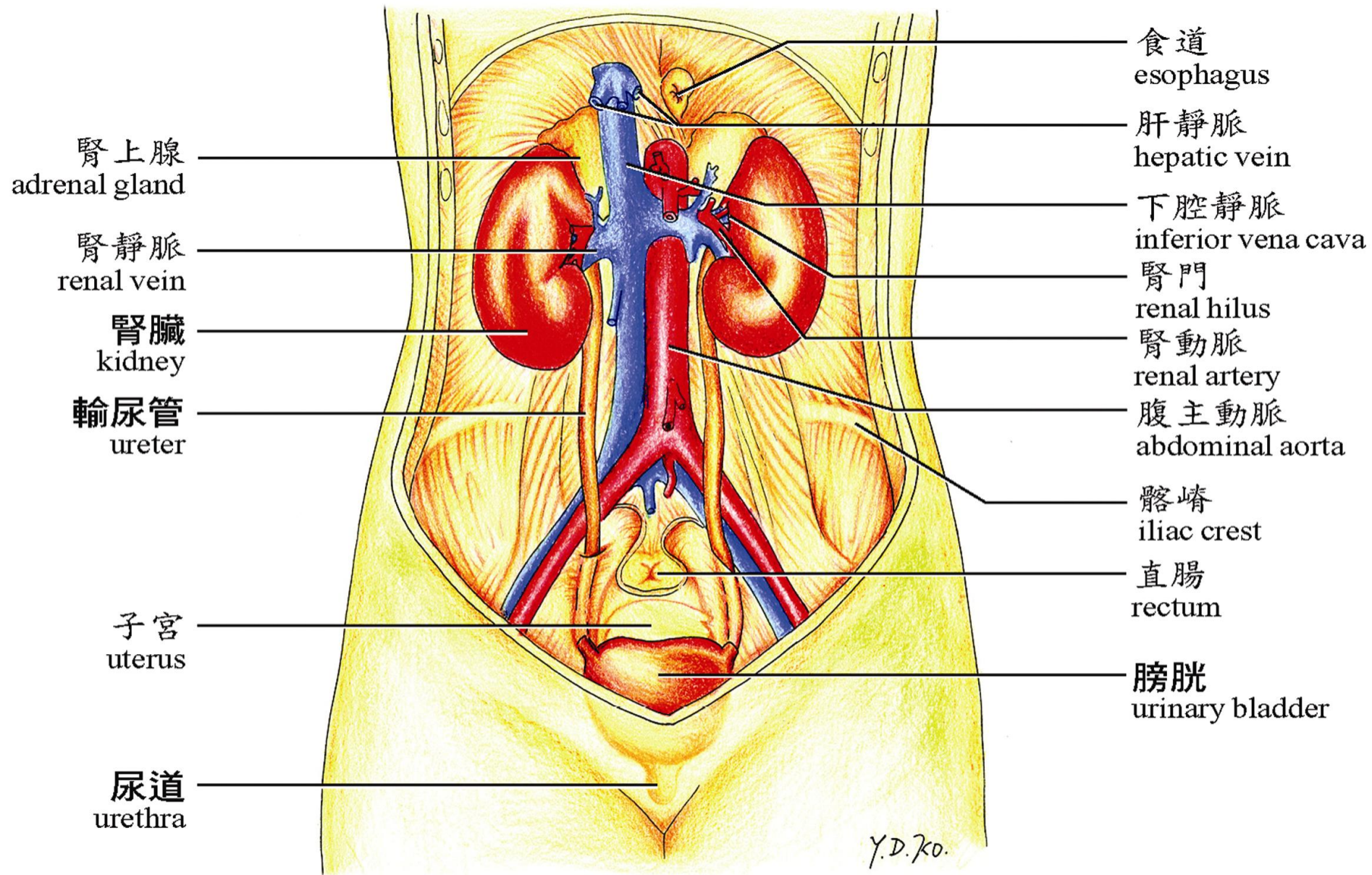


圖 15-1 泌尿系統器官圖

腎臟(Kidney)

(一)大體解剖(Gross Anatomy)

- **外形:** 似蠶豆，成人每個腎臟約重125 ~ 170gm，平均約150gm，長度約10 ~ 12cm，寬度約5 ~ 7.5cm，厚度約2.5cm
- **位置:** 腹膜壁層與後腹壁間的**後腹腔內 (腹膜後器官)**，約第12胸椎至第3腰椎的高度間
- 右腎受**肝臟**的壓迫，較左腎低。
右腰區 → 右腎下2/3
左腰區 → 左腎下1/3
- **左腎前上方與脾相接**

-
- 腎臟之內側面有一凹陷處稱為**腎門(renal hilus)**，**腎動脈、腎靜脈、交感神經 (刺激使血管收縮，尿量減少)**及淋巴管經由此處進出腎臟。在腎門內側的空腔有一囊狀的收集部分稱為**腎盂(renal pelvis)**，是**輸尿管**上方的膨大部分。

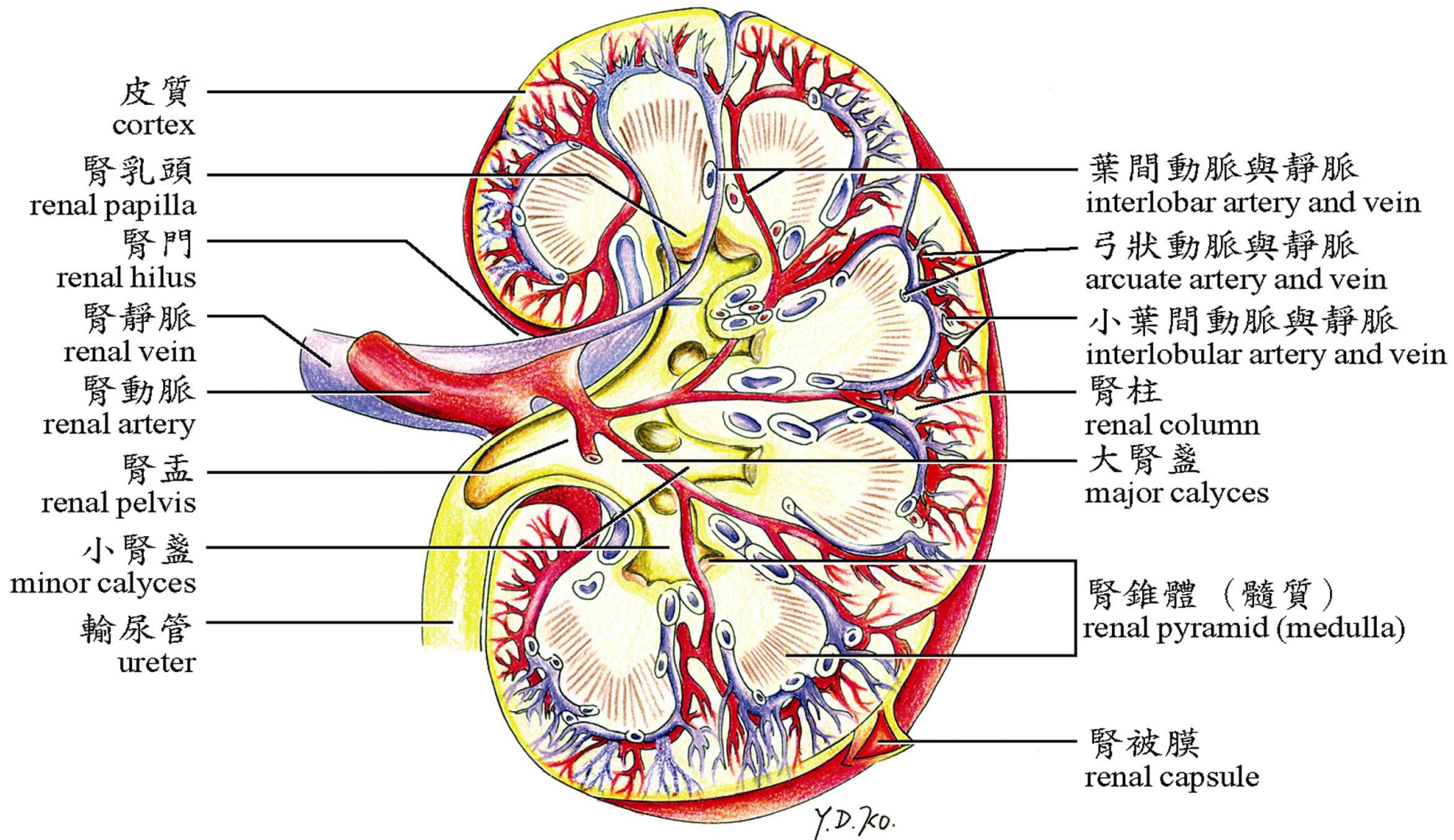


圖 15-2 腎臟之冠狀切面 (顯示其內部構造及血管分布)

外部構造

- 外圍的固定組織由內而外分為三層：
 - (1)腎被膜 → 內層。光滑、透明的纖維性膜
 - (2)脂肪囊 → 中層。最厚，保護腎臟防止外傷
 - (3)腎筋膜 → 外層。緻密性結締組織，固定腎臟並包住腎上腺

內部構造

- 1.皮質(cortex)：
 - 含大量的腎絲球 (特化的動脈血管)，血流量最豐富，其深入腎錐體間的部分稱為腎柱。
- 2.髓質(medulla)：
 - 由8～18個腎錐體組成，腎錐體呈條紋放射狀，其尖端為腎乳頭，是集尿管的共同開口處，且深入腎盞內。
- 3.腎盂(renal pelvis)：
 - 邊緣有2～3個大腎盞及8～18個小腎盞，小腎盞收集由腎錐體之集尿管來的尿液。

-
- 尿液的輸送過程為：
 - 腎錐體集尿管→小腎盞 (8-18)→大腎盞 (2-3)→腎盂→輸尿管→膀胱

(二)顯微構造 (Microscopic Structure)

- 腎元(Nephron)
 - 腎臟製造尿液的功能單位稱為腎元。
 - 每個腎臟約含100萬個腎元
 - 腎元
腎小體 (包氏囊 , 腎絲球) + 腎小管組成。
 - 依腎小體位置的高低可將腎元分成：
 - 1.皮質腎元 → 皮質外層2/3。大部分
 - 2.近髓質腎元 → 皮質內層1/3

腎小體

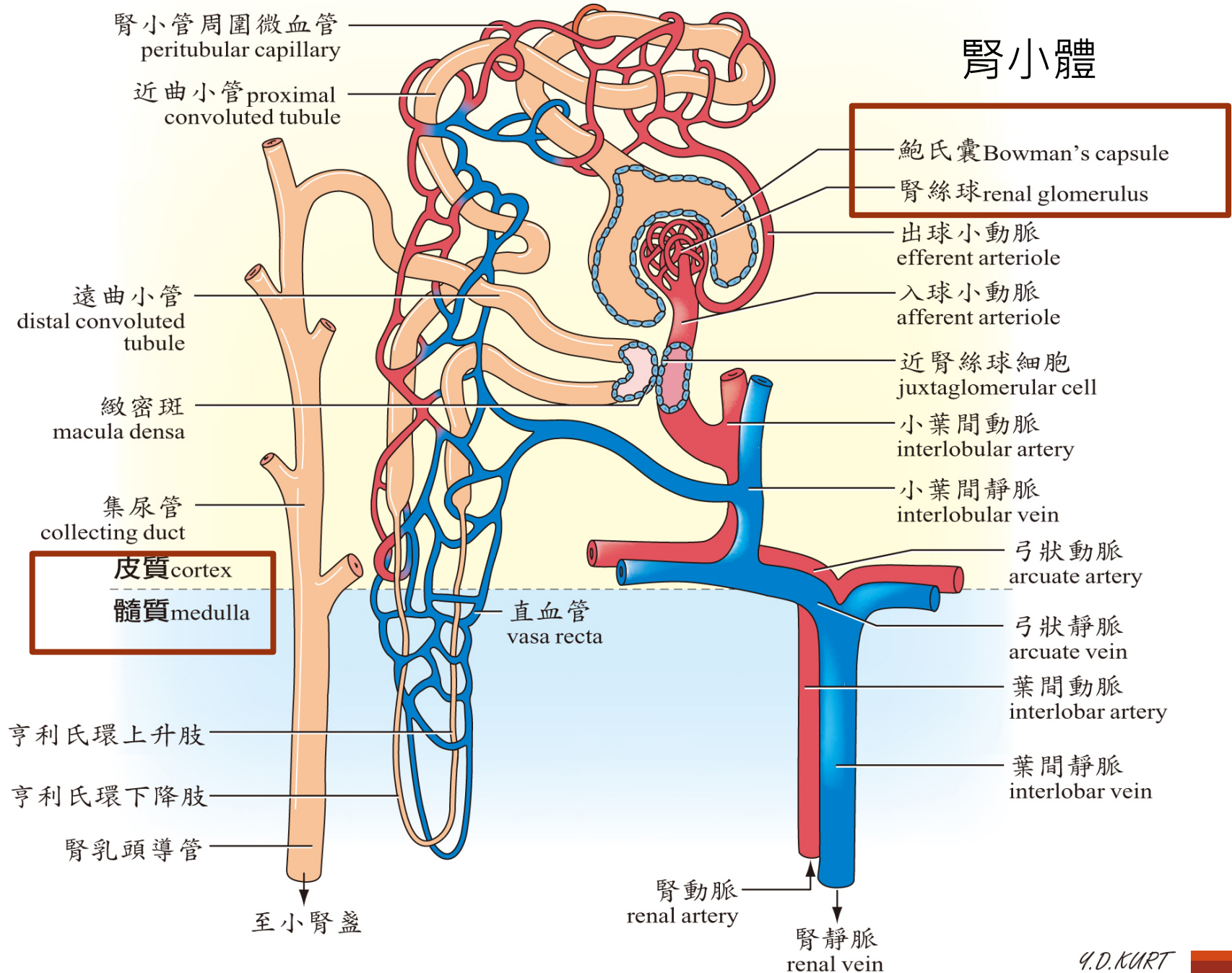


圖 15-3 腎元及血管分布

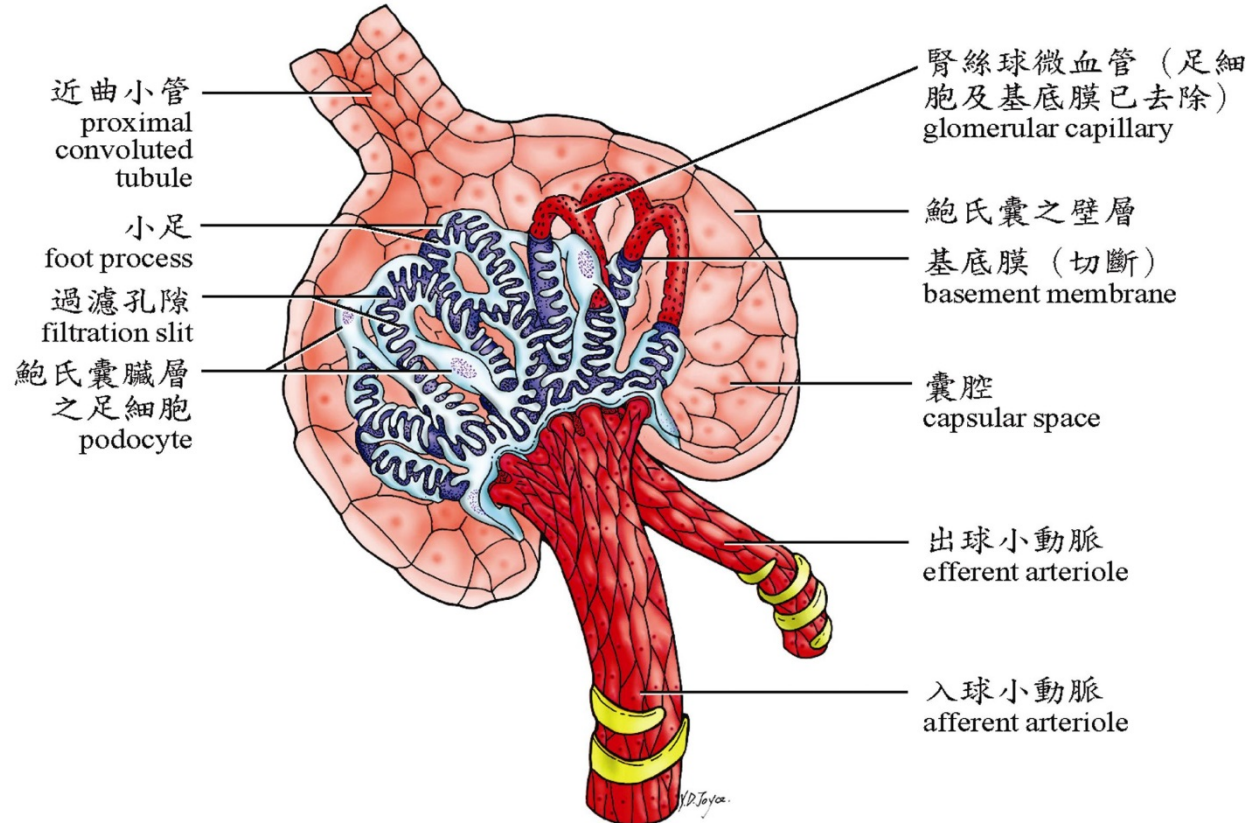
G.D.KURT

腎小體(馬氏小體) 鮑氏囊 + 腎絲球

- 1. 鮑氏囊：又稱腎絲球囊。

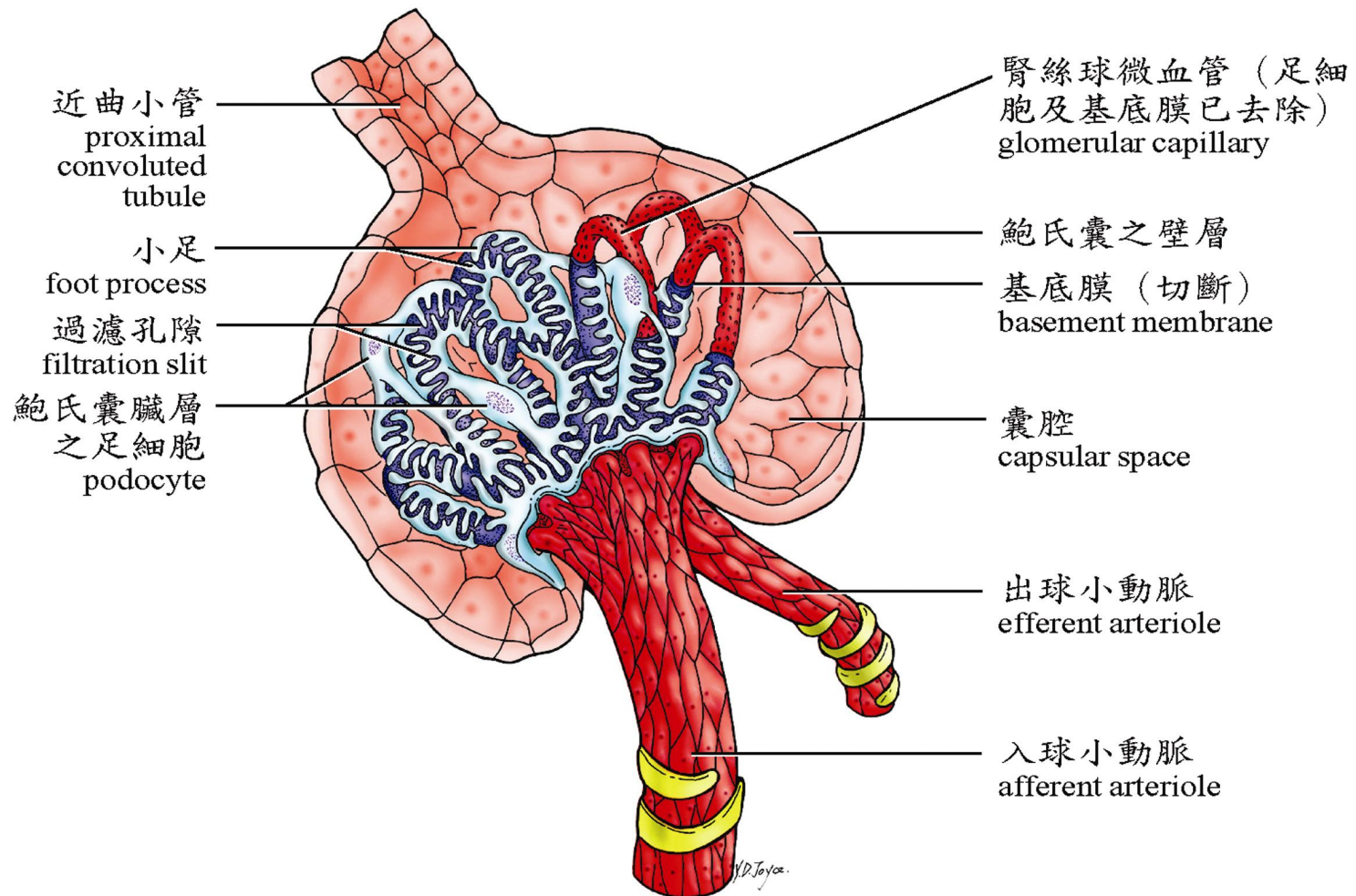
壁層: 單層鱗狀上皮

臟層: 足細胞



◦ 2. 腎絲球(glomerulus) :

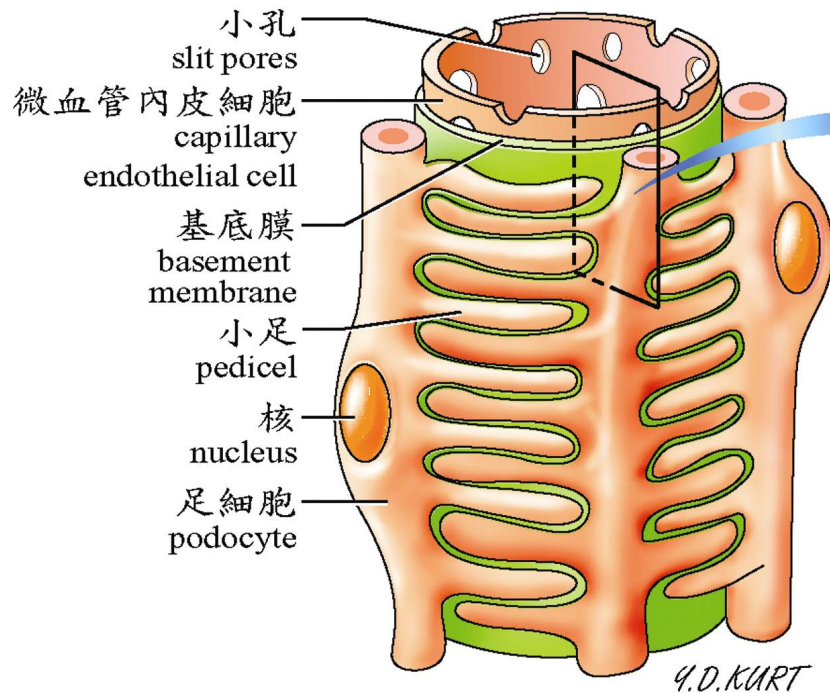
- 由**入球小動脈 (粗)**與**出球小動脈 (細)**之間的微血管網(**窗型微血管**)所組成，由單層的內皮細胞襯於微血管壁。**流速慢、面積大**



- 過濾內皮囊膜：
- 腎絲球微血管的內皮層 → 單層，有開放式的窗孔
- 基底膜 → 不含孔，由纖維蛋白所構成
- 鮑氏囊臟層足細胞的小足 → 足間有過濾孔隙

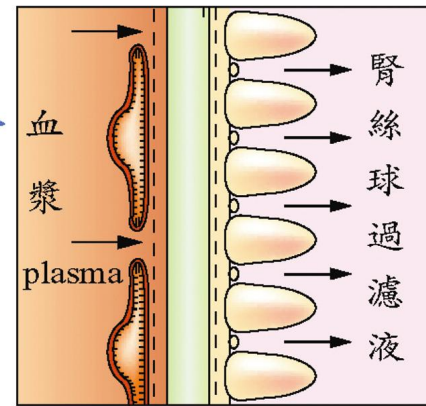
擋下血球與大分子物質(大分子蛋白質)

多孔 → 通透性較其他微血管大100-1000倍



4.D.KURT

② 內皮囊膜



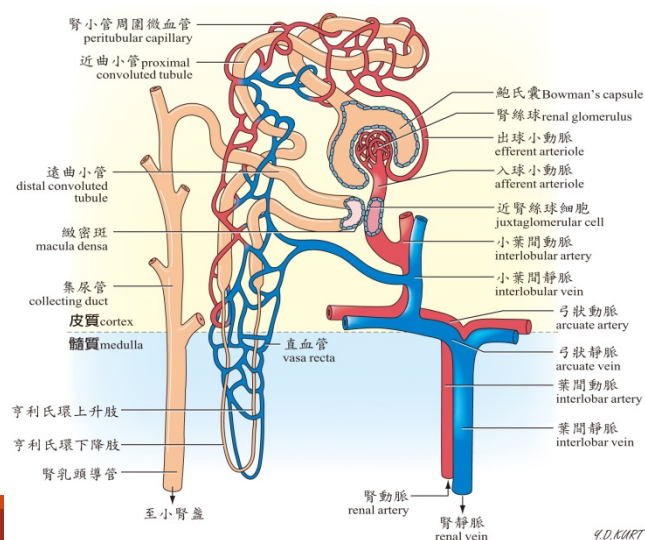
- 腎絲球過濾液
- 小足 (裂孔) pedicel
- 基底膜 basement membrane
- 微血管內皮細胞 capillary endothelial cell
- 微血管腔

③ 過濾液方向

4.D.KURT

腎小管(Renal Tubule)

- 1.近曲小管：位於**皮質**，管壁具有微絨毛的立方上皮（**刷狀緣**）構成、增加**水分**再吸收(75%)及分泌作用的表面積。
- 2.亨利氏環：位於**髓質**，下降肢(先)之管壁由鱗狀上皮所構成，上升肢(後)由立方上皮或低的柱狀上皮(**對水不通透**)所構成。
- 3.遠曲小管：位於皮質，其立方上皮細胞**特化成緻密斑**。無微絨毛，**醛固酮**作用於此



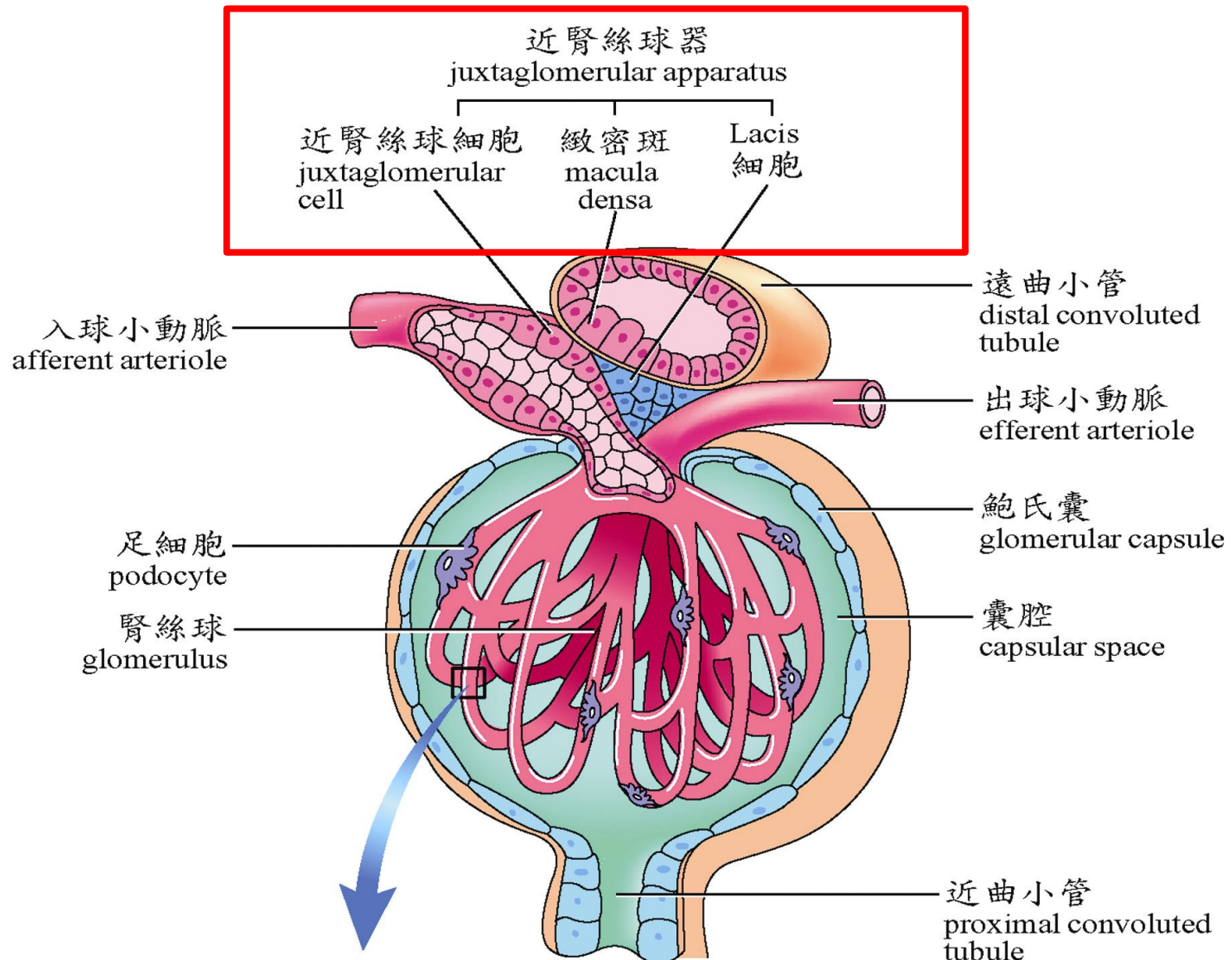
近腎絲球器 (Juxtaglomerular Apparatus)

- 由**近腎絲球細胞**、**Lacis細胞**及**緻密斑**所組成。
 - 1.近腎絲球細胞(J-G cells)：位於入球小動脈，可分泌腎素(**提高血壓**)，與血壓的調整有關。
 - 2.Lacis細胞：位近腎絲球細胞與緻密斑之間的結締組織細胞。
 - 3.緻密斑(macula densa)：**遠曲小管**上皮細胞特化而成。對**血鈉濃度降低敏感**，使近腎絲球細胞分泌腎素。

血流血壓降低時啟動

腎素-血管收縮素-醛固酮系統 (RAA)

留鈉排鉀



① 腎小體及近腎絲球器

Y.D.KURT

圖 15-5 腎小體結構

資料來源：麥麗敏、薛宇哲等 (2007)·新編生理學 (二版, 第 9-5 頁)·台北：永大。

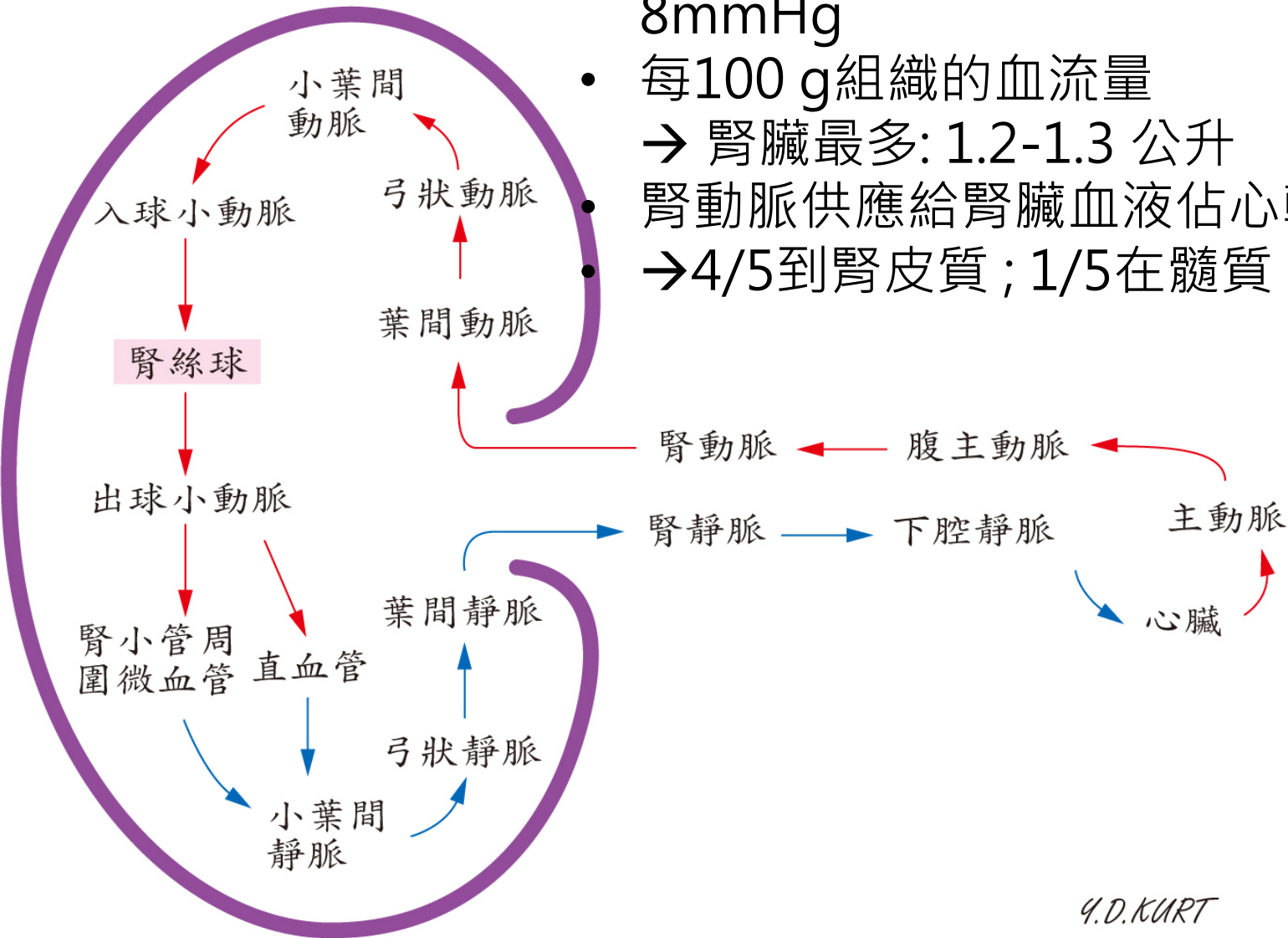
集尿管(collecting tube)

- 多個腎元的遠曲小管匯合到一條集尿管。
- 集尿管再經匯合，而開口於腎乳頭，以將尿液匯流到腎小盞。
- 容易受抗利尿激素(ADH的影響)

(三)血液供應與神經分布(Blood Supply and Nerval Distribution)

- 血液供應(Blood Supply)
 - 左、右兩條腎動脈輸送至腎臟的血液，約為心臟輸出量的四分之一，即每一分鐘約有1,200ml 的血液流經腎臟。
 - 血液在腎臟內之循環途徑可參考。
 - 腎元周圍具有兩種微血管床：
 - 1.腎絲球微血管床。
 - 2.腎小管旁微血管床。

- 血壓: 弓狀動脈 100 mmHg; 腎靜脈 8mmHg
- 每100 g組織的血流量
→ 腎臟最多: 1.2-1.3 公升
- 腎動脈供應給腎臟血液佔心輸出量的 1/4
→ 4/5到腎皮質; 1/5在髓質



Y.D.KURT

圖 15-6 腎臟血液循環的途徑

神經分布 (Nerve Distribution)

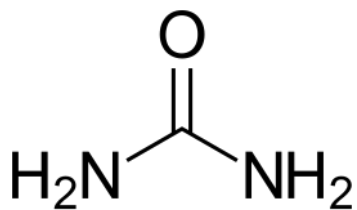
- 腎臟的神經分布是來自**自主神經的腎叢**(renal plexus)，是由脊髓的第十二胸髓至第二腰髓來的交感神經纖維構成。
- 來自腎叢的神經伴隨著腎動脈分支到小動脈的管壁上，故可藉由調控小動脈之管徑來調節腎臟的血液循環。

交感神經: **入**球小動脈收縮 → 過濾力下降

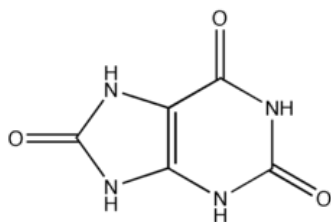
血管收縮素II: **出**球小動脈收縮 → 過濾力上升

(四)生理功能(Functions)

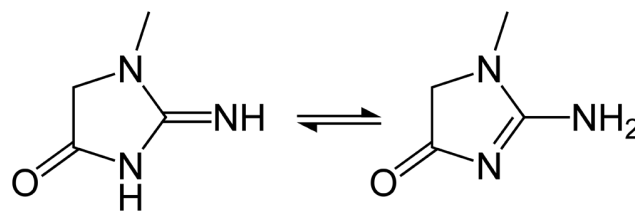
- 1. 製造尿液，排泄廢物。
腎絲球 → 過濾
腎小管 → 再吸收、分泌



尿素



尿酸



肌酸酐(creatinine)

肌酸酐

每日產生量固定
不會被再吸收

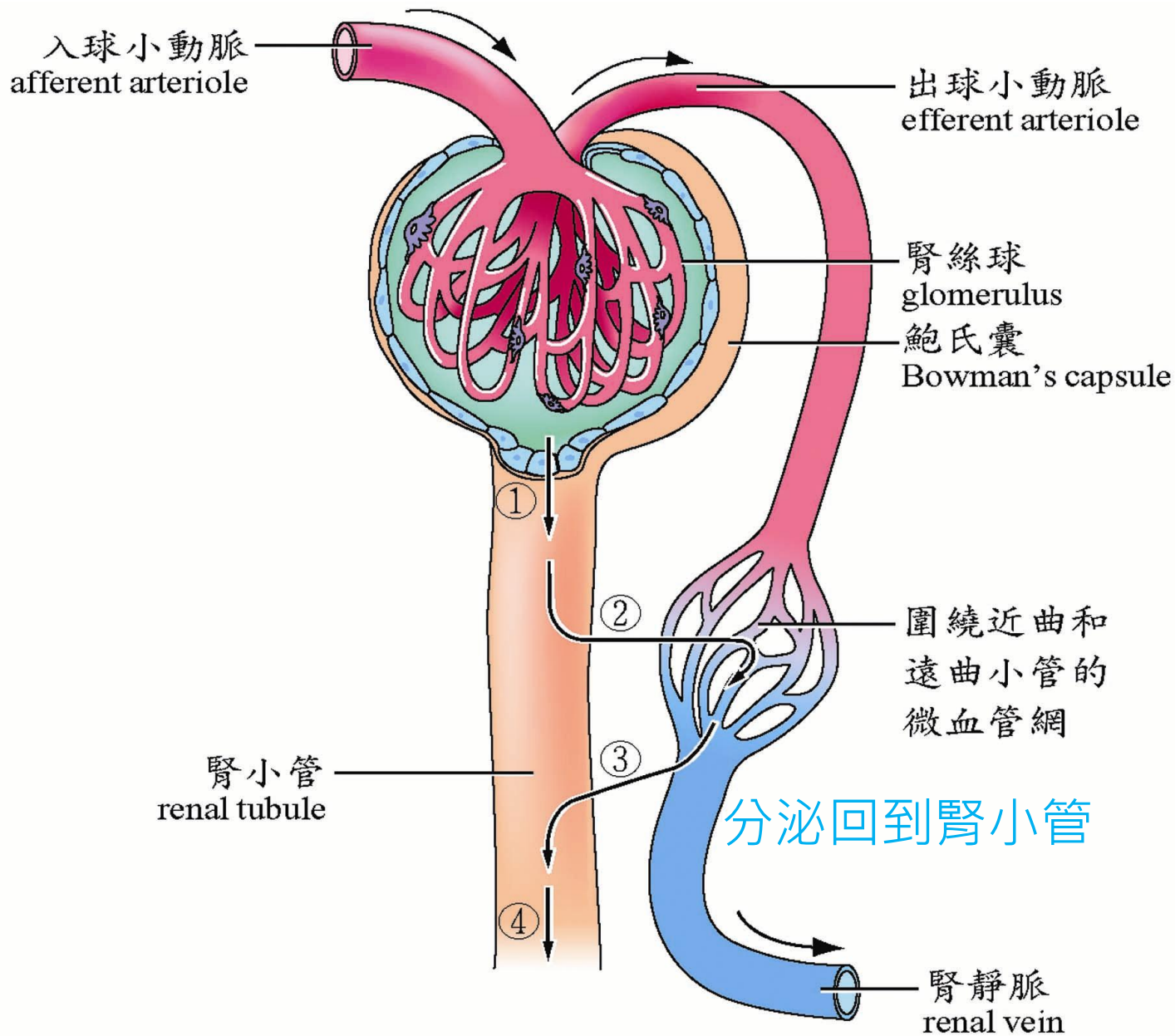


腎功能指標

-
- 2.維持水分與電解質的平衡。
 - 3.維持血液的酸鹼平衡。
近曲小管、遠曲小管、集尿管→ 分泌H⁺
 - 4.分泌內分泌物質。
轉化維生素D
腎紅血球生成因子

尿液的形成

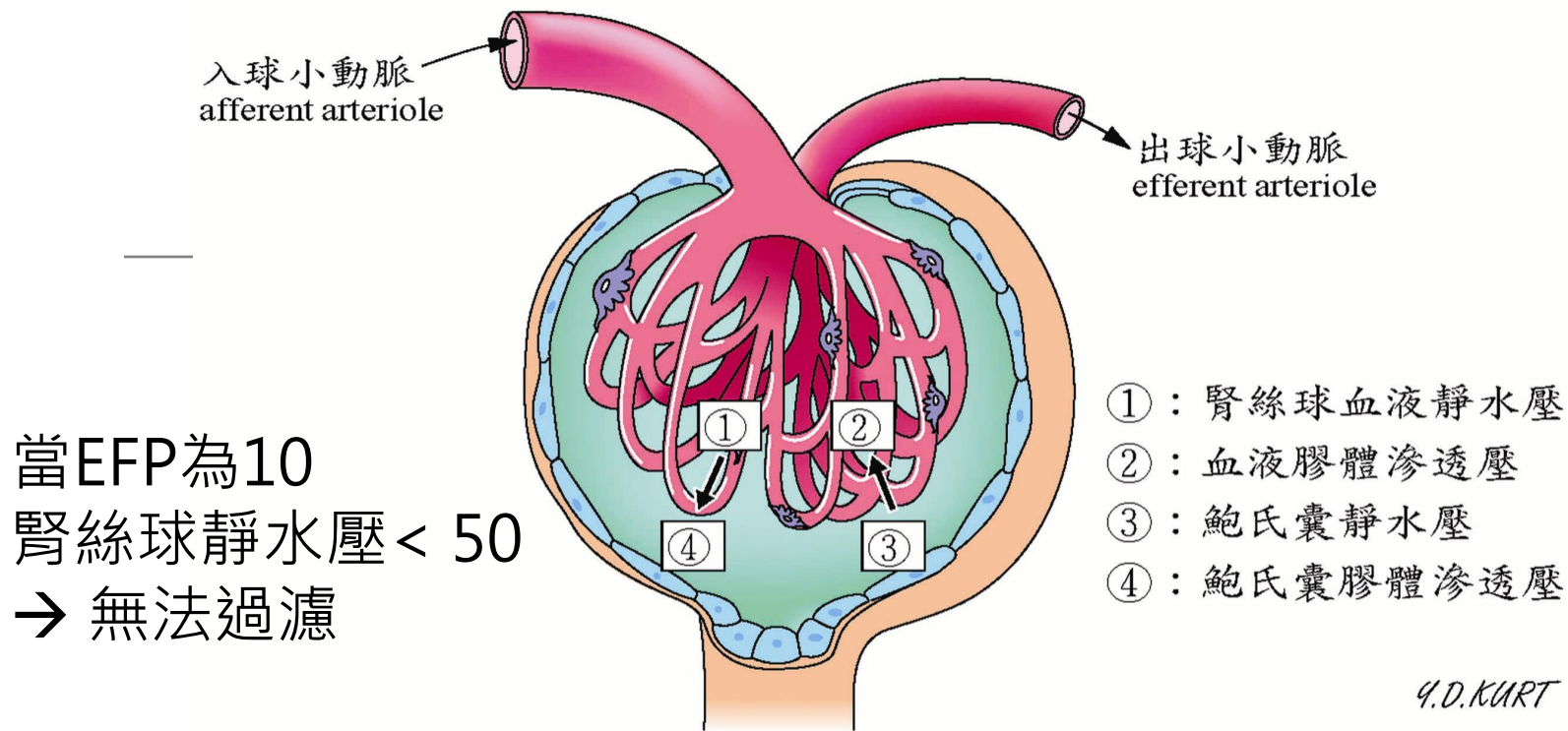
- 腎絲球的過濾作用(Glomerular Filtration)
 - 腎小體過濾的機制
 - 腎小體的構造具有下列幾項適於血液過濾的特點：
 - 1.血管直徑之差異。入球粗、出球細→提高腎絲球血壓
 - 2.高度捲曲的微血管。面積大、流速慢
 - 3.薄膜利於過濾。



①過濾量 - ②再吸收量 + ③分泌量 = ④排泄量

圖 15-7 腎元製造尿液之三個主要步驟

-
- **有效過濾壓**(effective filtration pressure; **EFP**)
 - 腎絲球對血液的過濾作用，可以下列幾個相對壓力而決定，這些壓力的總表現，稱為有效過濾壓(effective filtration pressure; EFP)：
 - 1.腎絲球血液靜水壓 (60mmHg) → 向血管外
 - 2.鮑氏囊靜水壓 (20mmHg) → 向血管內
 - 3.血液膠體滲透壓 (30mmHg) → 向血管內
 - 4.鮑氏囊膠體滲透壓 (接近於0mmHg (不含蛋白質)) → 向血管外



當EFP為10
腎絲球靜水壓 < 50
→ 無法過濾

圖 15-8 腎絲球的過濾作用

EFP = 壓出血管的壓力 - 壓入血管的壓力

$$\begin{aligned}
 \text{有效過濾壓 (EFP)} &= (\text{腎絲球血液靜水壓} + \text{鮑氏囊膠體滲透壓}) - \\
 &\quad (\text{鮑氏囊靜水壓} + \text{血液膠體滲透壓}) \\
 &= (60 \text{ mmHg} + 0 \text{ mmHg}) - (20 \text{ mmHg} + 30 \text{ mmHg}) \\
 &= 10 \text{ mmHg}
 \end{aligned}$$

- 兩個腎臟的所有腎絲球每分鐘所過濾出的液體量稱為腎絲球過濾率 (glomerular filtration rate; GFR)。

◀ 表 15-1 影響腎絲球過濾作用的因素

1. 腎血流量的變化。
2. 腎絲球微血管靜水壓改變：
 - (1)體循環血壓的改變：血壓下降，腎絲球過濾率下降。
 - (2)入球或出球小動脈收縮：
 - ①交感神經興奮使入球小動脈收縮，腎絲球過濾率會下降。
 - ②血管收縮素 - II 使出球小動脈收縮，腎絲球過濾率會上升。
3. 鮑氏囊靜水壓改變：鮑氏囊靜水壓增加，腎絲球過濾率下降。
 - (1)輸尿管阻塞。
 - (2)腎臟被膜內水腫。
4. 血漿蛋白質濃度改變：脫水、低蛋白血症。
5. 腎絲球微血管通透性改變：通透性增加，腎絲球過濾率上升。
6. 有效過濾表面積改變：有效過濾表面積增加，腎絲球過濾率上升。

腎小管的再吸收作用

	近曲小管	亨利氏環	遠曲小管	集尿管	吸收率
主動運輸	Na ⁺	75%	+	+	99.4%
	Cl ⁻	+	+	+	99.2%
	葡萄糖	100%			100%
	氨基酸	100%			100%
	碳酸氫根離子 (HCO ₃ ⁻)	+		+	100%
	磷酸氫根離子 (HPO ₄ ²⁻)	+			85-90%
被動運輸	Ca ²⁺	+			
	尿酸	+			98%
	尿素	+	+	+	53%
	水	75% (專一性)	5% (逆流機轉)	20% (兼性再吸收)	

尿素、尿酸、肌酸酐在肝臟形成

腎小管的再吸收作用(Renal Tubular Reabsorption)

- 主動運輸(Active Transport)

1. 葡萄糖(glucose)：鈉離子與葡萄糖分子同時接於載運體(carrier)上，共同進入腎小管的細胞內再吸收，為「鈉離子—葡萄糖共同運輸」或「次級主動運輸」的方式被近曲小管完全再吸收。

血糖超過180 mg/dL 時，葡萄糖就會出現在尿液中

腎性糖尿病:腎小管攜帶體不正常→血糖正常但尿中有糖

2. 氨基酸(amino acid)：與葡萄糖相同。

3. 鈉離子(Na^+)：鈉離子的再吸收是靠 $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ 幫浦。

所有腎小管(除了亨利氏環下降肢) 主動運輸

-
4. 氯離子(Cl^-)：當 Na^+ 被再吸收到腎小管周圍的血液時，使血液相對於濾液產生瞬間的**正電性**，而吸引 Cl^- 進入血液中。
 5. 鈣與磷酸根離子。 **PTH** → 升**鈣**降**磷**
 6. 碳酸氫根離子。

- 被動運輸(Passive Transport)

- 經被動運輸行再吸收的物質有：

1. 水分：

近曲小管→ **專一性再吸收(75%)**

亨利氏環→ 下降肢經逆流機轉再吸收(5%)

遠曲小管、集尿管→ **ADH導致水分再吸收(20%)**

2. **尿素(Urea)**：水經滲透作用再吸收後，腎小管內的尿素濃度升高，導致尿素依濃度差而**擴散至腎小管外**。

- 被動運輸的吸收速率會受到下面兩個因素的影響：

1. 再吸收水量的多寡。

2. 腎小管細胞膜對溶質的通透力。

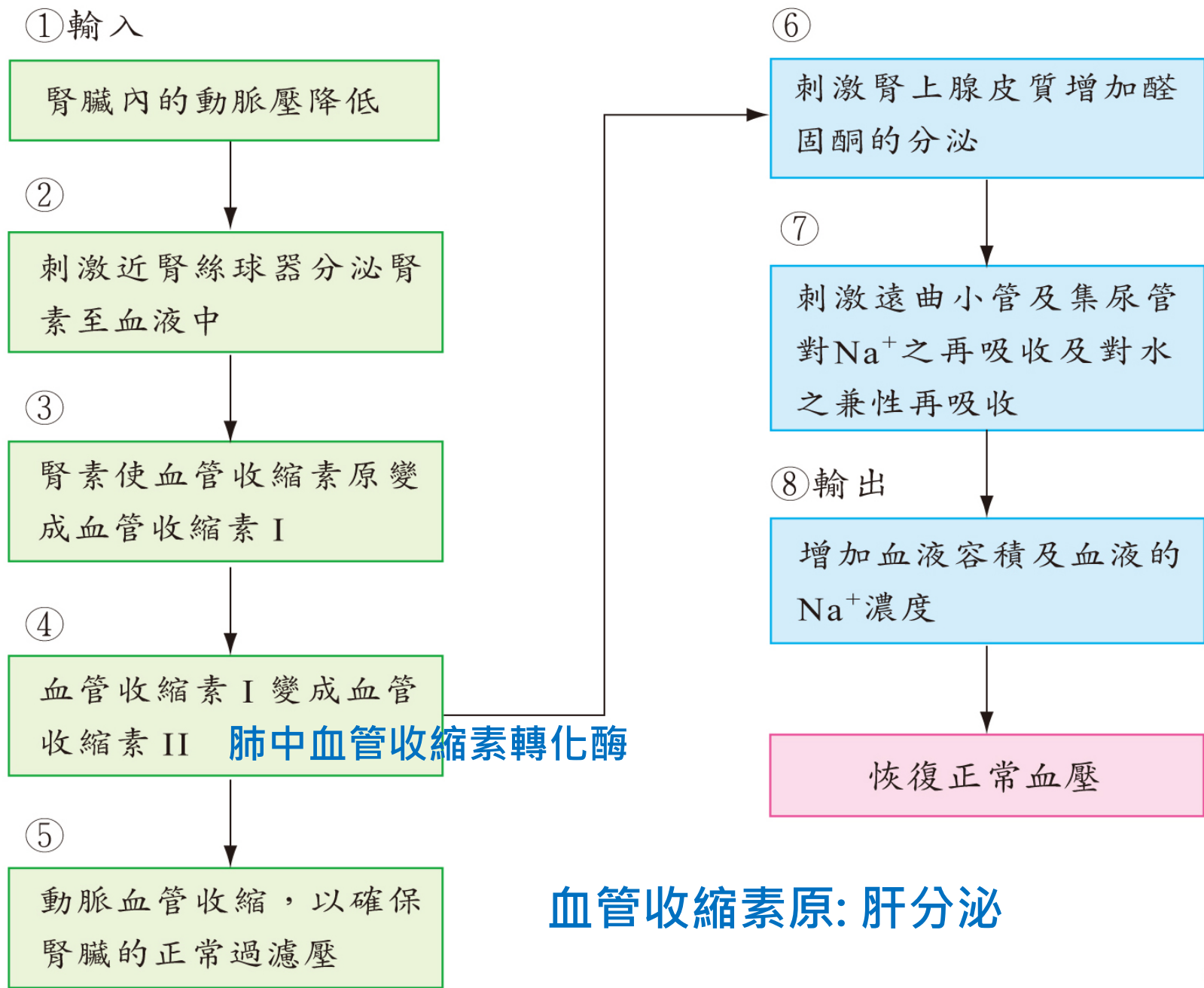


圖 15-9 近腎絲球器維持正常血液容積上所扮演的角色

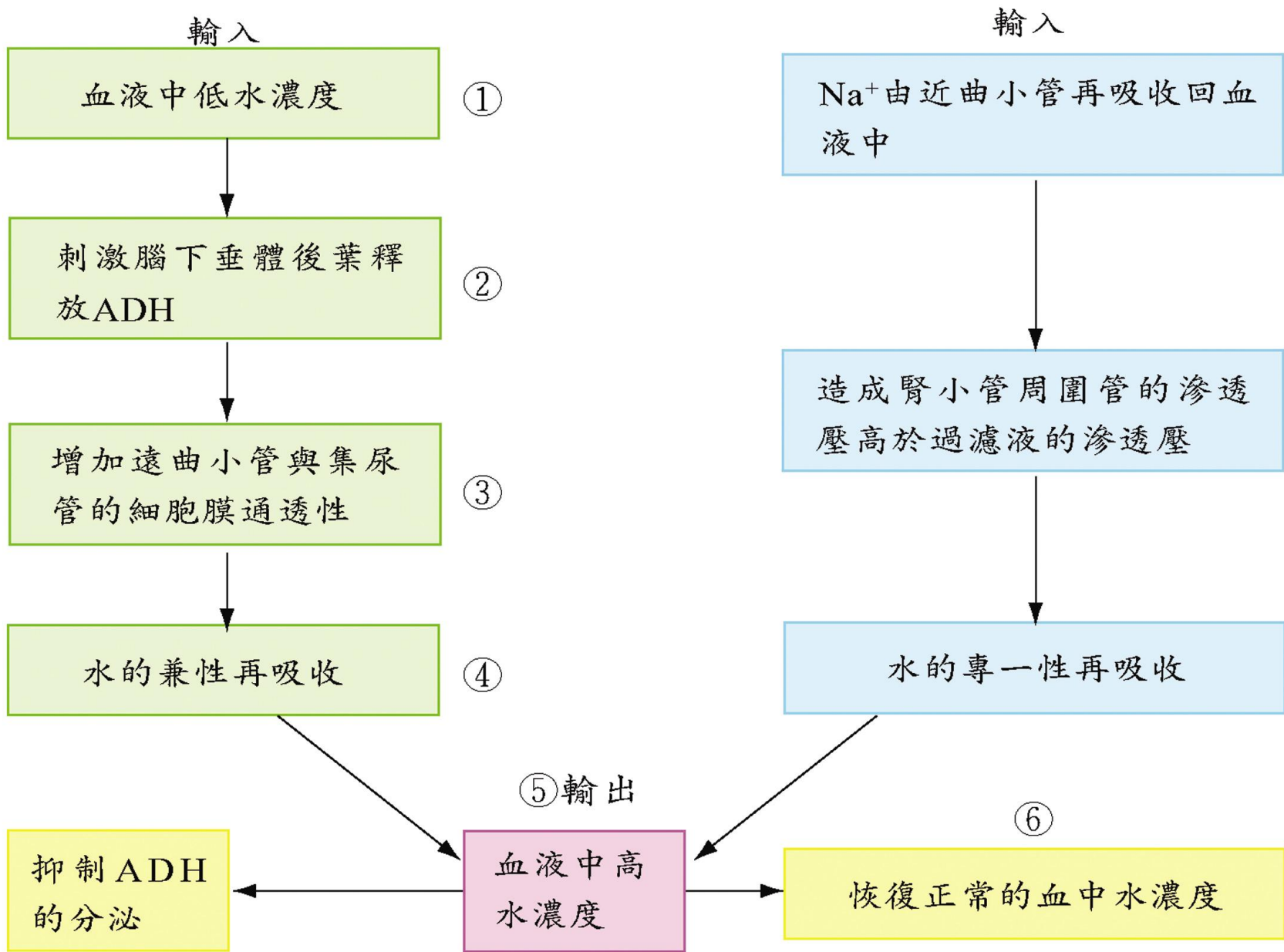


圖 15-10 控制水再吸收之因素

腎小管的分泌作用(Renal Tubular Secretion)

- 腎小管的**分泌作用剛好與再吸收作用相反**，它能將腎小管周圍血液內的一些物質移入腎小管內。
- 各部分排除之物質如下：
 1. 近曲小管：**氨、 H^+ 、 K^+ 、尿酸、對氨基馬尿酸及盤尼西林**。
 2. 亨利氏環：**沒有分泌物質**。
 3. 遠曲小管：**氨、 H^+ 、 K^+ 及肌酸酐**。
受醛固酮影響
 4. 集尿管：分泌物質為**氨、 H^+ 、 K^+** 。

遠曲小管分泌肌酸酐 → 高估腎功能

菊糖 (inulin)：測腎絲球過濾力

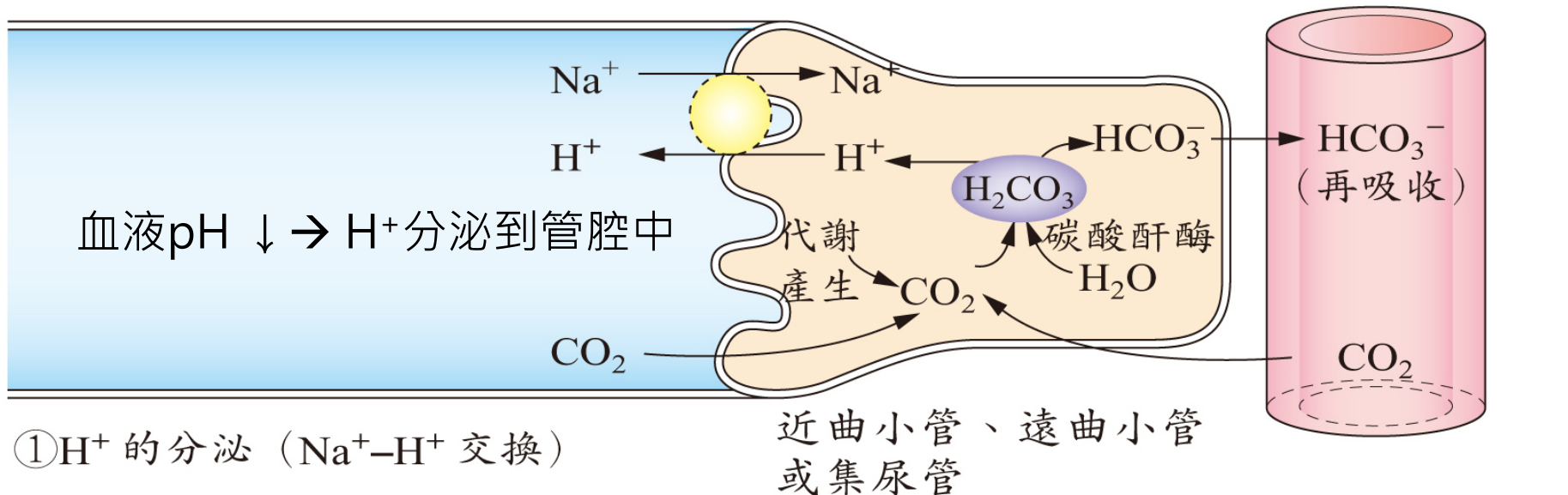
調節酸鹼平衡

- 氫離子的產生與分泌，以交換濾液中的鹼質
- 當 CO_2 由腎小管周圍微血管或管腔內液體擴散到腎小管管壁的上皮細胞，經由碳酸酐酶(carbonic anhydrase)催化與 H_2O 結合成 H_2CO_3 ，然後分解成 H^+ 與 HCO_3^- 。

腎小管管腔

上皮細胞

腎小管周圍微血管

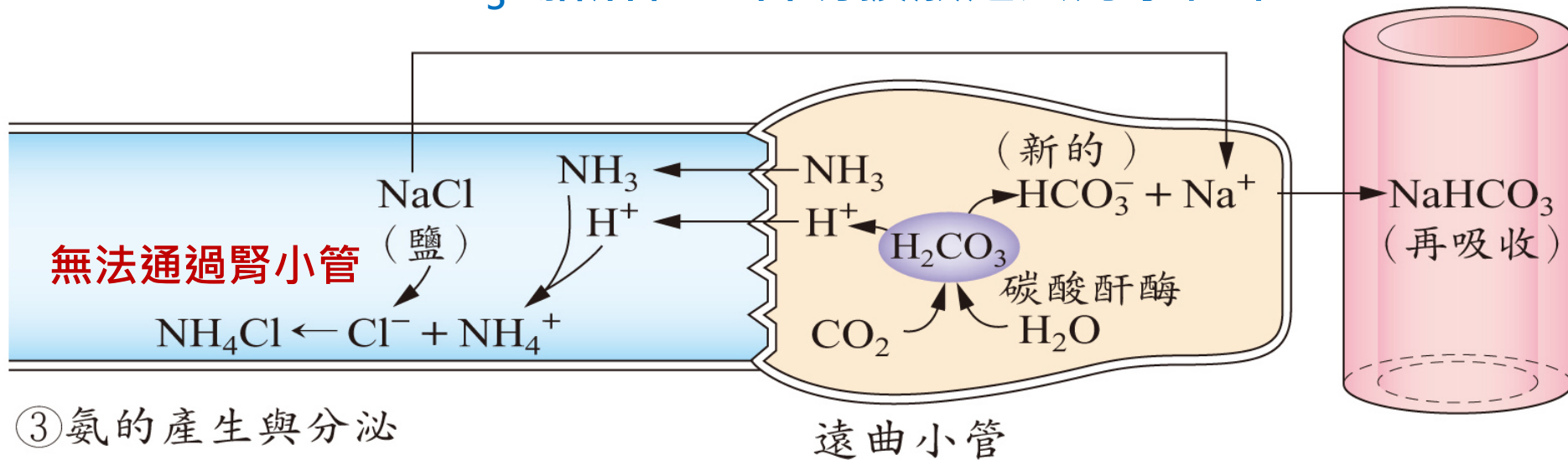


-
- 氨(NH₃)的產生與分泌，與濾液中的H⁺ 結合
 - 在**近曲小管、遠曲小管及集尿管**處的腎小管上皮細胞內之麩氨醯酸(glutamine)經麩氨酸酶(glutaminase)催化轉變成麩氨酸(glutamate)，再經由麩氨酸脫氫酶(glutamic dehydrogenase)催化轉變成α- 酮麩酸(α-ketoglutarate)及NH₃，NH₃ 是脂溶性，易通過脂肪薄膜，擴散入腎小管中與H⁺ 結合。
 - 重碳酸根離子的再吸收 → **近曲、遠曲小管**

調節機轉

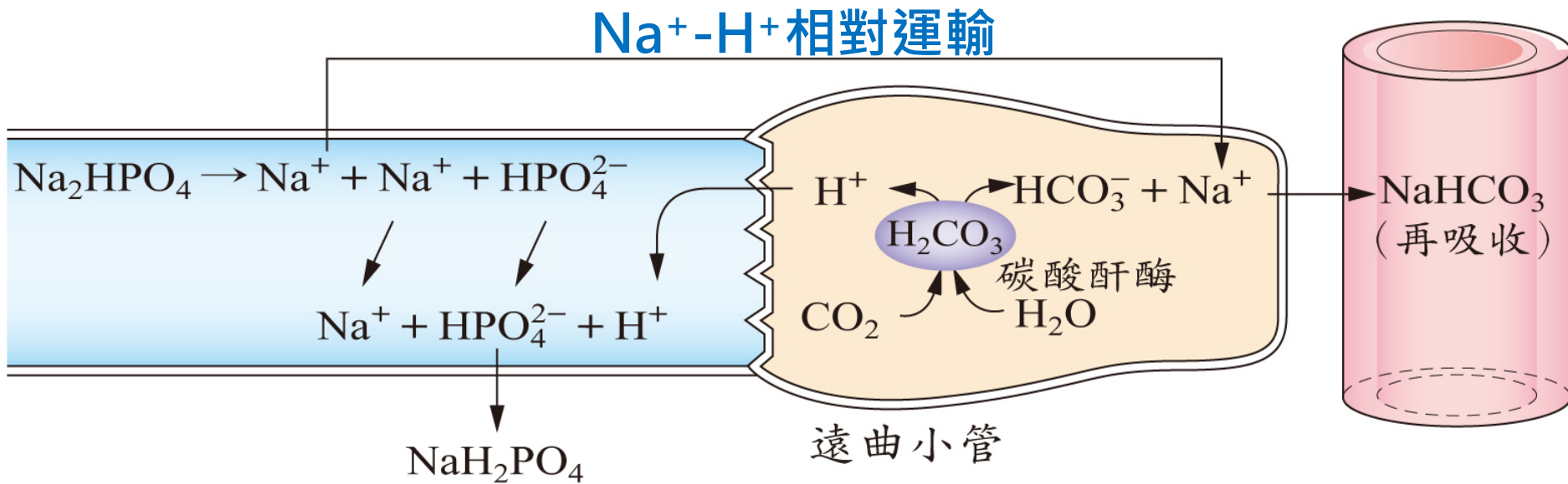
- 1. 藉著腎小管 NH_3 的形成與濾液中 H^+ 結合，以 NH_4Cl 的形態排出。

NH_3 : 脂溶性，容易擴散進入腎小管中



調節機轉

- 2. 利用血漿中之鹼性磷化物的緩衝劑，排出酸性磷酸鹽。

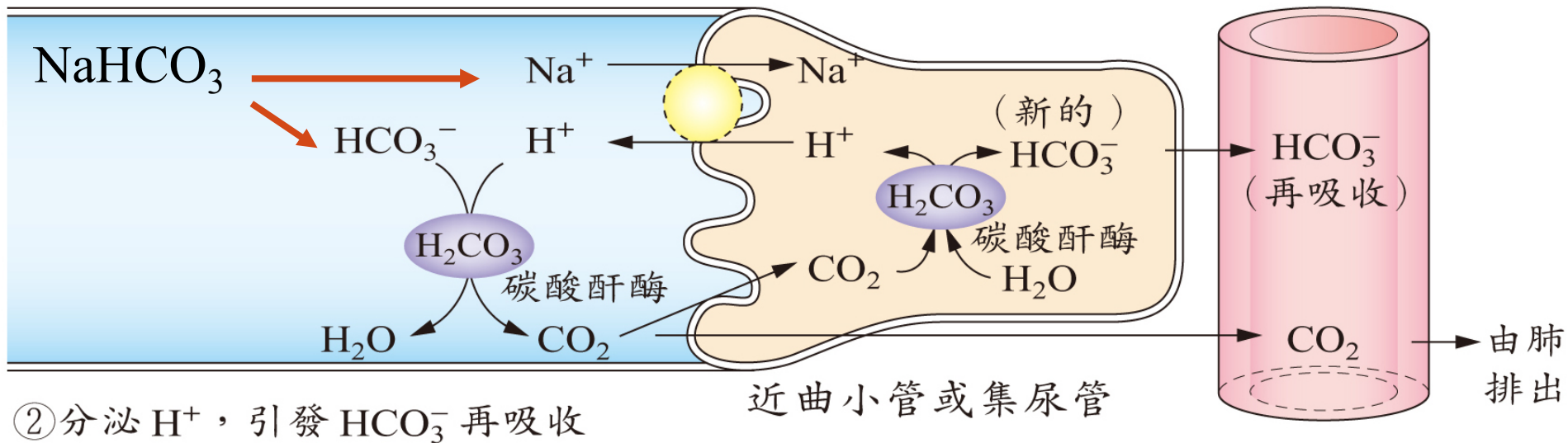


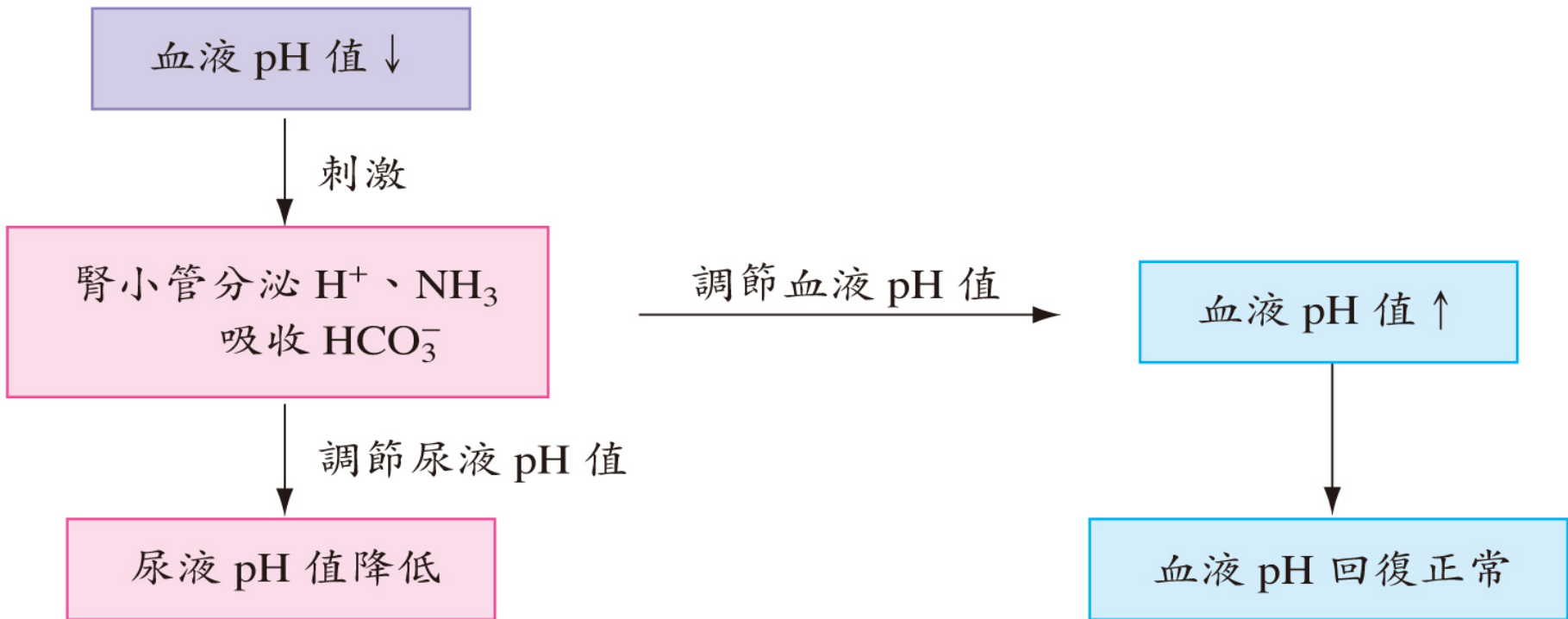
④ 可滴定酸的分泌

Y. D. KURT

調節機轉

- 3. 利用血漿中之重碳酸鈉緩衝劑，分泌酸，保留鹼。
- 緩衝系統必須與呼吸、排泄共同作用，才能移除過多的酸，以維持pH值的恆定。





4.D.

圖 15-12 維持血液 pH 恆定之腎臟機轉

內分泌功能

1. 分泌腎素 (renin) 。
2. 分泌腎紅血球生成因子 。
3. 分泌維生素D 。

(五)尿液濃縮的機轉

(Mechanism of Concentrated Urine)

- 逆流增強裝置—由亨利氏環負責
 - 1. 過濾液在亨利氏環的下降肢與上升肢的流動互為平行，方向卻相反，故為**逆流裝置**。
 - 2. 腎絲球過濾液的滲透壓與血漿相似，為300mOsm/L，是**等張溶液**，但在流經近曲小管，至亨利氏環時，滲透壓已高達血漿的4倍，為1200mOsm/L。
 - 3. 過濾液至亨利氏環**上升肢**時，對**水的通透性不佳**，但對**Na⁺、Cl⁻有較好的通透性**，於是管內濾液的滲透壓漸降低，至遠曲小管時已降至200mOsm/L，為低張溶液。

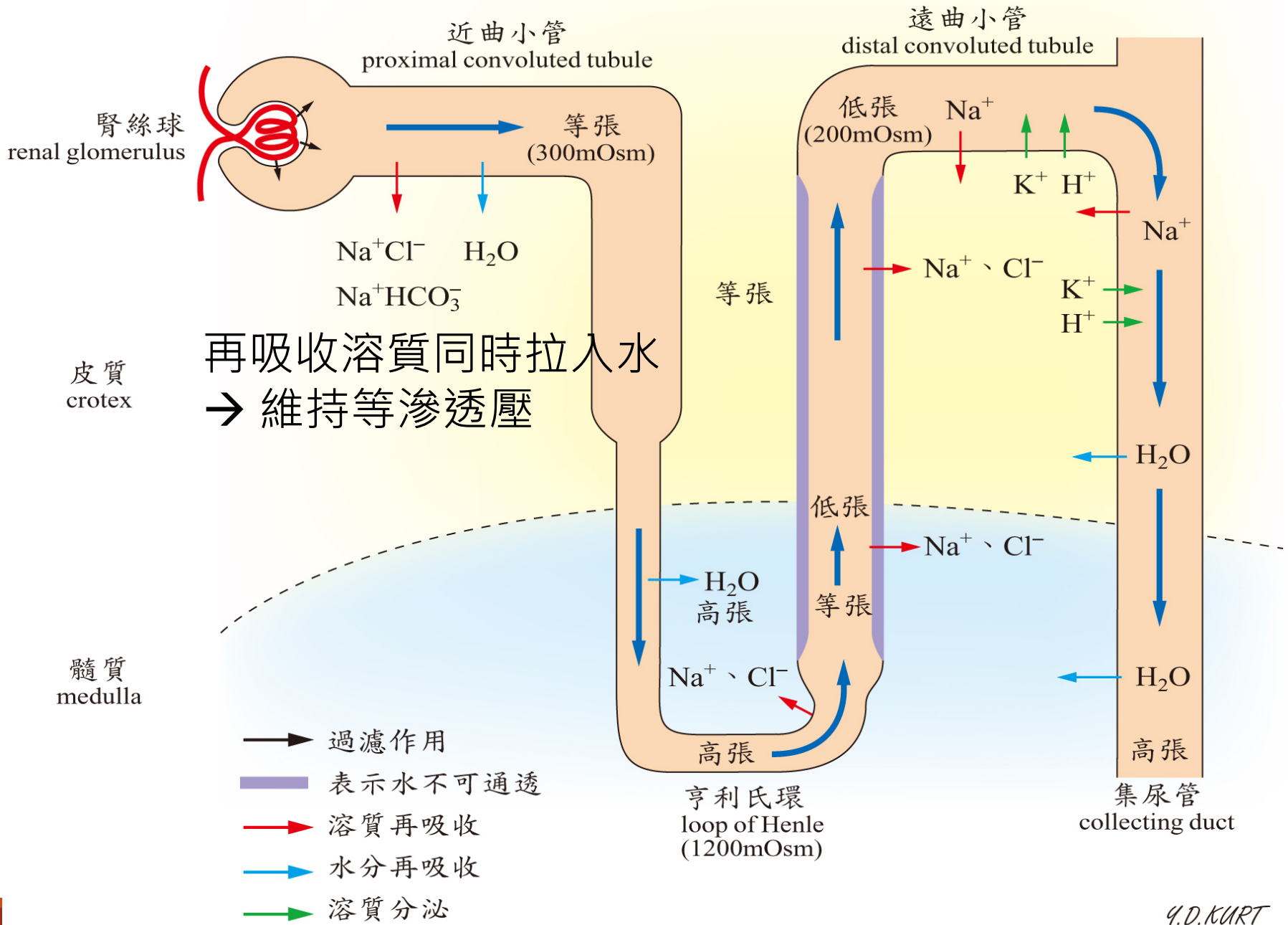
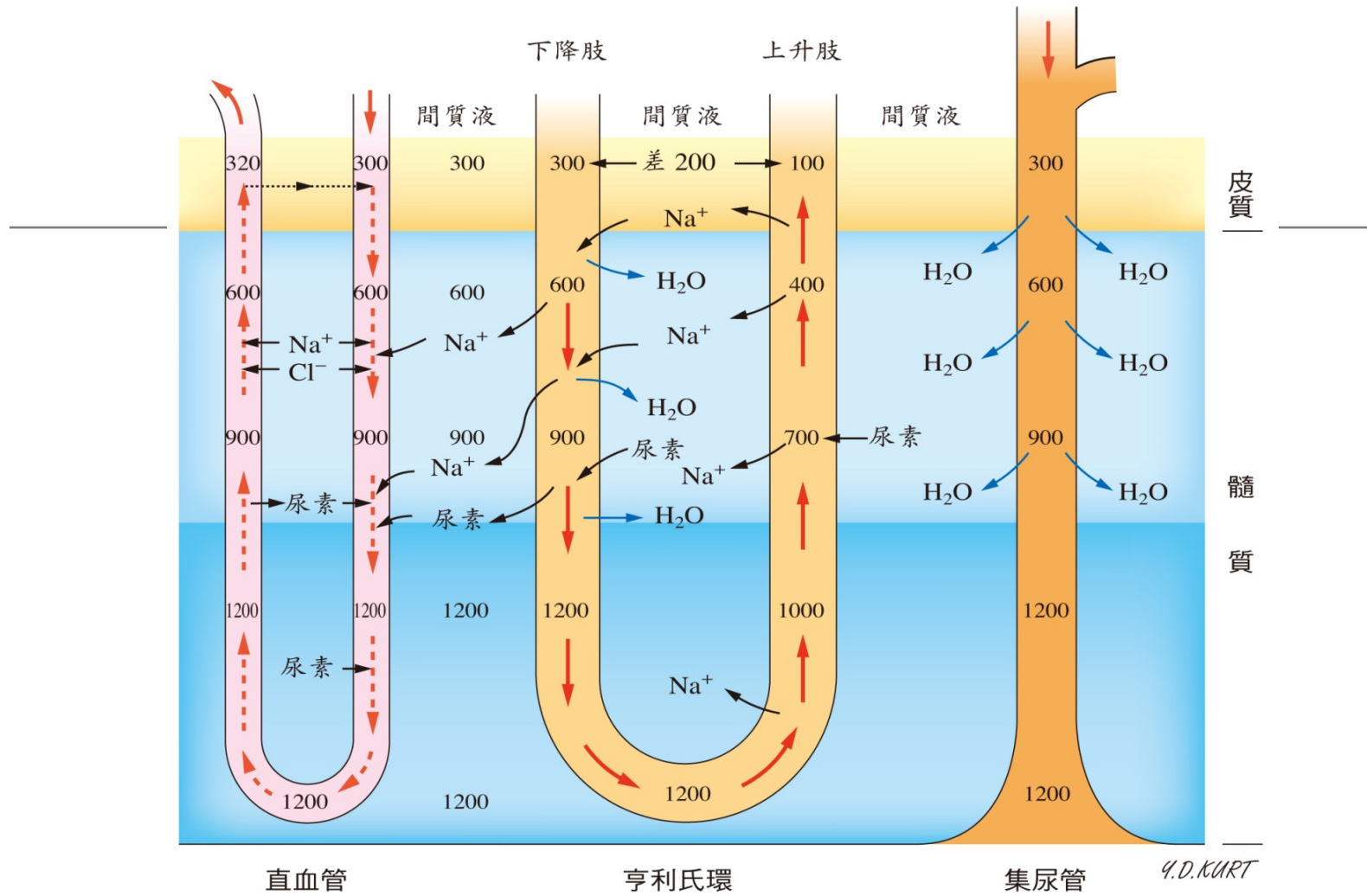


圖 15-13 尿液濃縮之機轉

逆流交換裝置

逆流增強裝置

受ADH影響



維持溶質濃度，讓髓質有高濃度溶質以利尿液濃縮

◦ 逆流交換裝置—由**直血管負責**

- 1.直血管中之血液在流經髓質部分的U型管時，液體及溶質可在直血管與間質液之間互相平行逆流交換，故為逆流交換裝置。
- 2.尿液濃縮的程度主要由**抗利尿激素所調控**。

增加水的通透性

(六)尿液

- 正常成人每天的排尿量
→ 1,000 ~ 2,000ml。

表 15-2 正常尿液的物理特性

項目	物理特性
量（24 小時）	1 ~ 2 公升，但隨液體之攝入量、排汗量及其他因素之影響而有很大的變化。
顏色	黃色或琥珀色，但隨其濃度及食物而有變化。
混濁度	剛排出時為透明或澄清，靜置後變混濁。
氣味	芳香味，靜置後產生氨味。
pH	4.6 ~ 8.0，平均為 6.0；隨食物而有變化（最低為 4.5）。
比重	1.010 ~ 1.030。

- 尿液的化學組成
 - 尿液中約含**95%**的水，其餘**5%**為細胞代謝所產生之溶質及外來物質。
-

 表 15-3 成年男性尿液中之主要溶質

有機溶質	量 (g)	無機溶質	量 (g)
尿素 (urea)	25.0 ~ 35.0	NaCl	15.0
肌酸酐 (creatinine)	1.5	K ⁺	3.3
尿酸 (uric acid)	0.4 ~ 1.0	SO ₄ ²⁻	2.5
馬尿酸 (hippuric acid)	0.7	PO ₄ ³⁻	2.5
酮體 (ketone body)	0.04	NH ₄ ⁺	0.7
尿靛素 (indican)	0.01	Ca ²⁺	0.3
其他物質	2.9	Mg ²⁺	0.1

尿液的異常成分與疾病的關係

- 尿液之不正常成份列舉如下：

1. 白蛋白

- 表示腎絲球的通透性增加。
- 引起蛋白尿的原因包括因疾病使腎絲球的膜受到傷害。

2. 葡萄糖

- 尿中出現葡萄糖稱為糖尿病。
- 當血糖值高於**180mg/100ml**時，尿液中便會出現葡萄糖；但有時血糖值正常，因為腎臟病變而引起尿液中有葡萄糖，則稱為腎性糖尿病。

3.紅血球

- 尿中出現紅血球稱為血尿(hematuria)。
- 造成血尿的原因之一為疾病或腎結石的刺激所引起之泌尿器官急性發炎、腫瘤、傷害及腎之疾病等。
- 若同時尚出現尿圓柱體(urine casts)則是急性腎絲球腎炎最常見的症狀。

4.白血球

- 尿中出現的白血球及膿液之其他成分稱為膿尿(pyuria)，表示腎臟或其他的泌尿器官受到感染。

5. 酮體 脂肪代謝產物，由肝臟產生

- 當其大量出現於尿中時稱為酮症(ketosis)。
- 可能是因**糖尿病**、飢餓或食物中缺乏碳水化合物所引起。

末期糖尿病無法代謝醣類

6. 膽紅素

- 尿中的膽紅素超過正常值稱為膽紅素尿症(bilirubinuria)。
- 如果所增加的是非結合性膽紅素，則與過多的紅血球發生**溶血**有關；如果所增加的是結合性膽紅素，則主要是因為肝功能不良或膽系統的阻塞所引起。

輸尿管

(一)大體解剖(Gross Anatomy)

- 一個人有兩條輸尿管(ureter)，每一條輸尿管均連接腎盂與膀胱
- 輸尿管有三個狹窄的地方：
 - (1)與腎盂交接處。**
 - (2)與髂外動脈及靜脈交叉處。**
 - (3)進入膀胱處。**
- 在膀胱積聚尿液或排尿時，膀胱內的壓力會迫使輸尿管的遠側端關閉，而防止尿液的逆流。

(二)顯微構造 (Microscopic Structure)

- 輸尿管壁有三層組織：
 - 1.黏膜層：位最內層，具有變形上皮→ 分泌黏液
 - 2.肌肉層：**環: 口徑變小；縱:長度變短**
 - 3.纖維層：固定

(三)生理功能(Function)

- 輸尿管之主要功能將尿液由腎盂送至膀胱。
- 尿液能夠在輸尿管內流動，主要是靠輸尿管之**平滑肌層之蠕動**，而靜水壓與重力亦具輔助功能。

(一)大體解剖(Gross Anatomy)

膀胱

○膀胱(urinary bladder)是一個中空的肉質器官，位於骨盆腔內，恥骨聯合後方。

○**膀胱三角(trigone)**即是膀胱後壁，**尿道**的入口位於此三角的頂端。而底部的二個點則為**輸尿管**在膀胱之開口處。

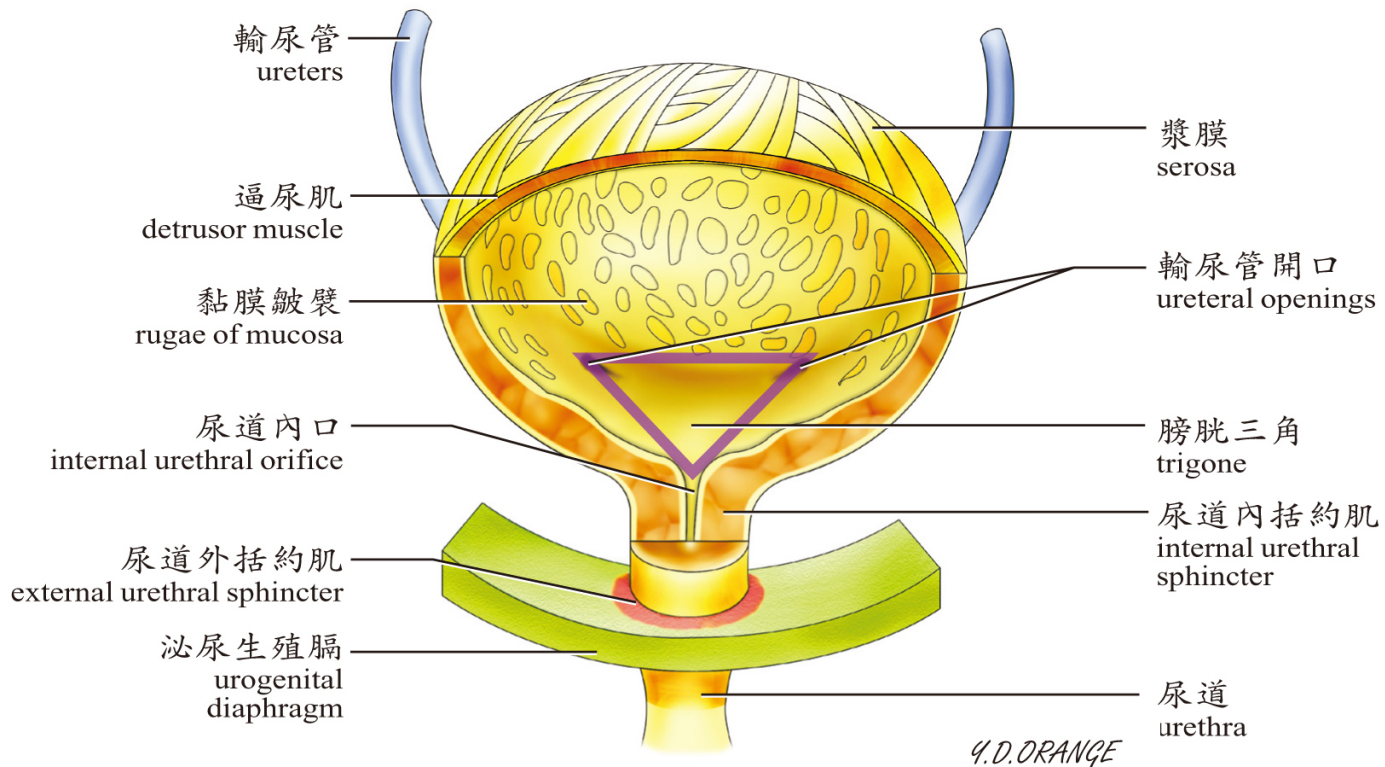


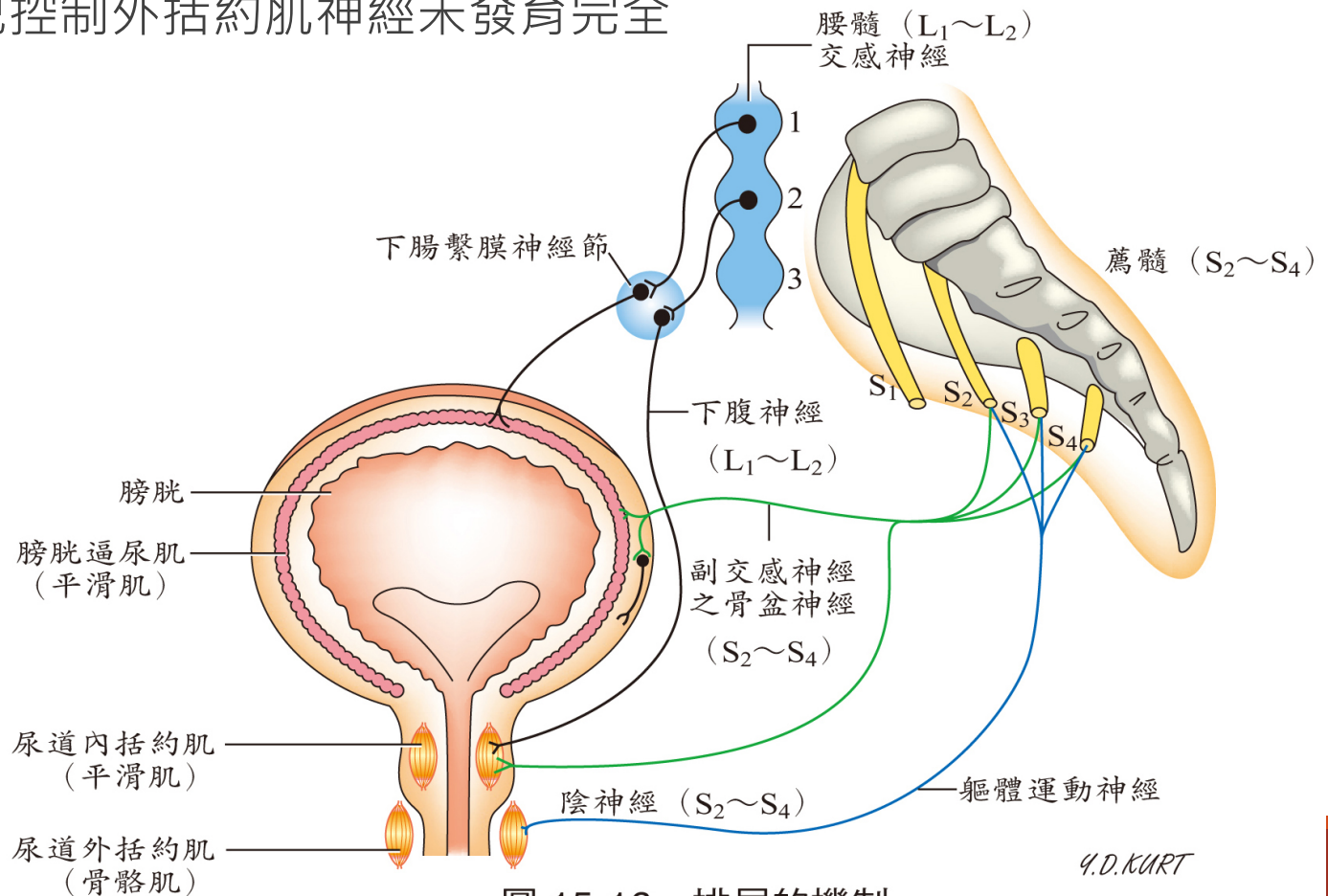
圖 15-15 膀胱與女性尿道

(二)顯微構造 (Microscopic Structure)

- 膀胱壁由四層組織所構成(與消化道類似)：
 - 1.黏膜層：位最內層，表面襯有變形上皮。
 - 2.黏膜下層：連結肌肉層與黏膜層。
 - 3.肌肉層：稱為逼尿肌(detrusor muscle)，是由內層的縱肌、中層的環肌與外層的縱肌所組成。
 - 尿道內括約肌→平滑肌
 - 尿道外括約肌→骨骼肌 (可受意志控制)
 - 4.漿膜層：位最外層。

(三)生理功能(Function)

- 排尿動作是由**隨意**和**不隨意**的神經衝動聯合作用，而將尿液由膀胱經尿道排出體外。
- 喪失了隨意控制排尿動作的能力稱為尿失禁(incontinence)。
- 兩歲以下嬰兒控制外括約肌神經未發育完全



4.D.KURT

圖 15-16 排尿的機制

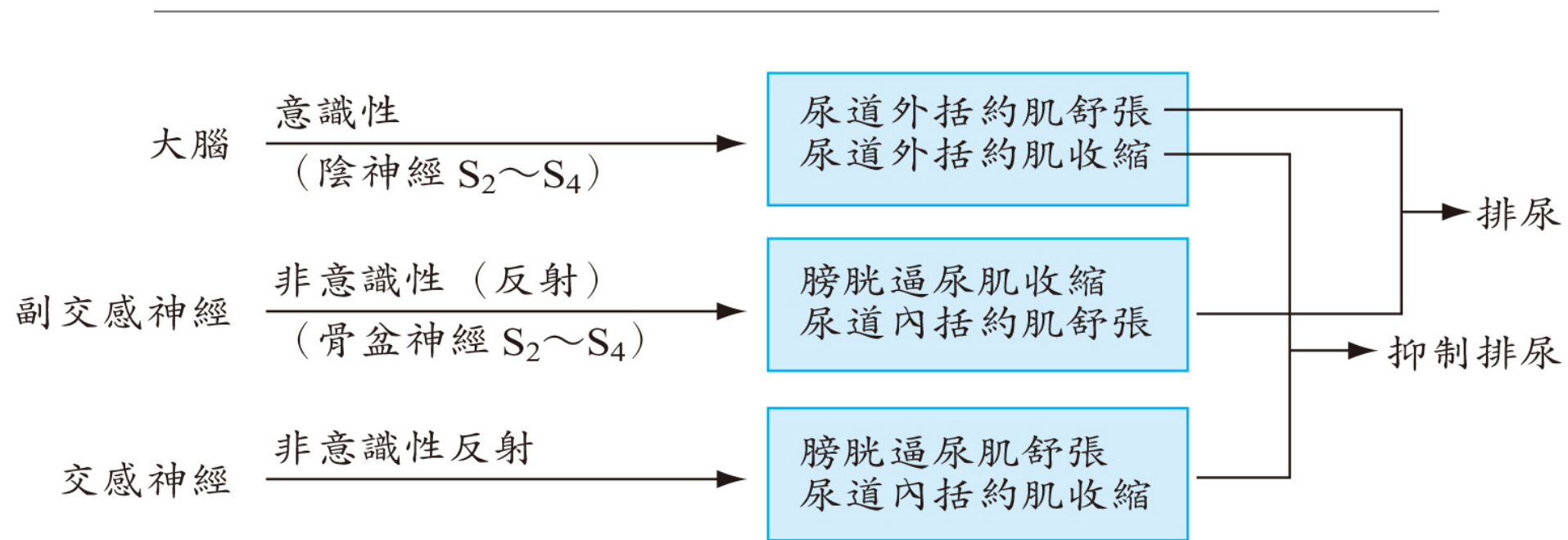


圖 15-16 排尿的機制

尿道(urethra)

(一)大體解剖(Gross Anatomy)

- 男性尿道可分為三部分：
 - 1.前列腺尿道(prostatic urethra)
 - 2.膜部尿道(membranous urethra)
 - 3.陰莖尿道(penial urethra)

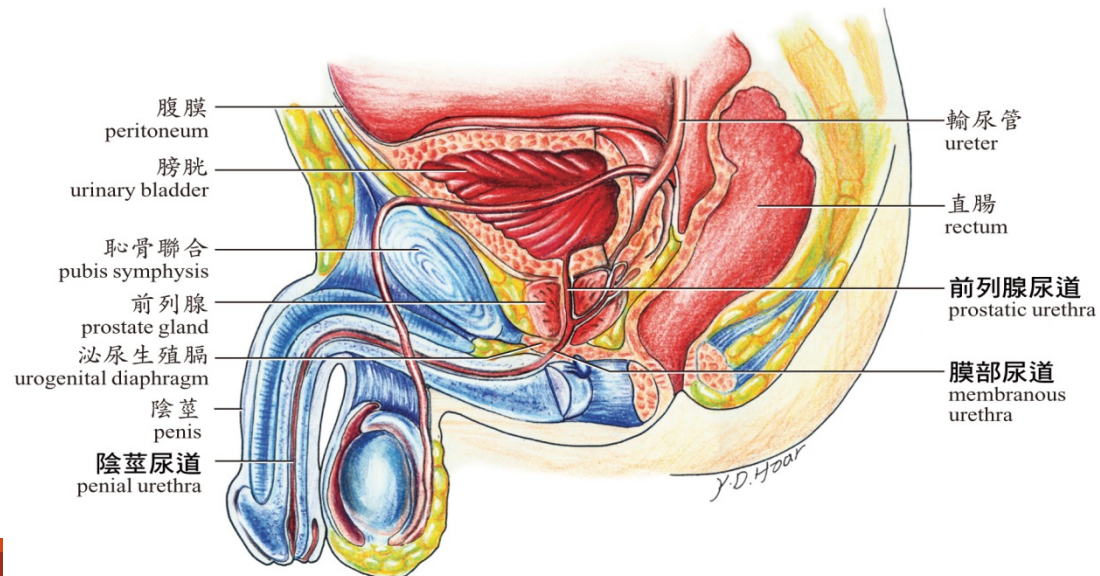


圖 15-18 男性尿道

(二)顯微構造 (Microscopic Structure)

1.女性的尿道壁包括三層構造：

(1)黏膜層：為內層。

(2)海綿組織：為中層。

(3)肌肉層：為外層，由環走的平滑肌所構成的。

2.男性的尿道包括兩層構成：

(1)黏膜層：為內層，為變形上皮組成。

(2)黏膜下層：為外層。

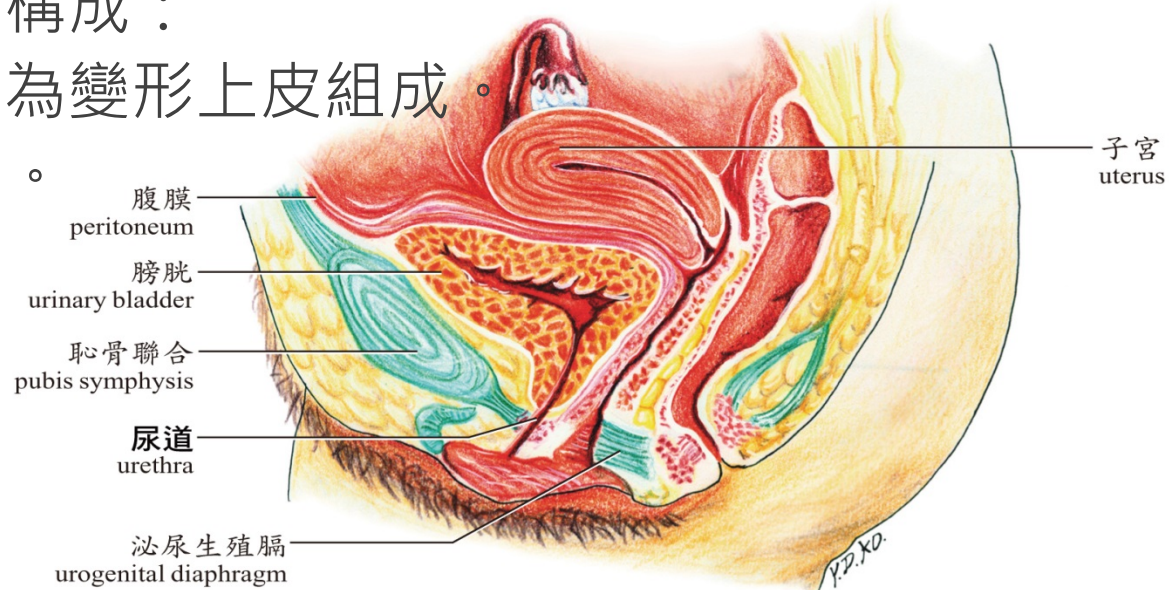


圖 15-17 女性尿道

(三)生理功能(Function)

- 為排尿的通道。
- 男性的尿道同時也是排出精液的通道。因為當**交感神經興奮而引起射精動作時，膀胱的逼尿肌會鬆弛**，尿道內括約肌會收縮，以抑制排尿運動，且可防止精液逆流回膀胱內。