

現代國民基本知識叢書

第七輯

生

物

學

(三)

教育部世界名著譯述委員會

主編

策原著

金 倜 銓 翻 譯

華岡出版有限公司出版

生物學

(三)

目次

第二十一章 排泄系

204. 腎臟及其導管.....	412
205. 尿液之形成.....	413
206. 腎臟之調節機能.....	417
207. 尿液中所含之物質.....	418
208. 腎臟之疾病.....	418
209. 其他類動物之排泄器.....	419
問題.....	421
補充讀物.....	422

第二十二章 皮膚系及骨骼系

210. 皮膚.....	423
皮膚之重要部分.....	424
皮膚之衍生物.....	425
211. 骨骼.....	425
骨骼之型式.....	426
骨骼之重要部分.....	426
關節.....	429
運動之型式.....	431
問題.....	431
補充讀物.....	431

第二十三章 肌肉系

212.	骨骼肌.....	432
213.	收縮之種類.....	436
	單一抽動.....	437
	強直痙攣.....	438
	肌肉強直.....	438
214.	肌肉收縮之化學.....	438
	氧債.....	440
	疲乏.....	441
	收縮之生理作用.....	441
215.	心肌與平滑肌.....	442
216.	低等動物之肌肉.....	443
	問題.....	443
	補充讀物.....	444

第二十四章 神經系

217.	神經原.....	445
218.	神經衝動.....	448
219.	突觸之傳遞作用.....	451
220.	中樞神經系.....	453
	脊髓.....	453
	腦.....	455
221.	腦波.....	460
222.	睡眠.....	461
223.	精神錯亂與神經機能病.....	461
224.	周圍神經系.....	463
225.	反射作用與反射弧.....	465

226.	習慣、記憶與學習	467
	心境與情緒	468
227.	自主神經系	468
	交感神經系	469
	副交感神經系	471
228.	低等動物之神經系	471
	問題	473
	補充讀物	473

第二十五章 感覺器官

229.	刺激—接受之過程	475
230.	感覺之認知	475
231.	刺激之辨位	476
232.	觸覺	476
	肌肉感覺	477
	內臟之感受性	478
233.	化學覺：味覺與嗅覺	478
234.	視覺	480
	人眼	481
	視覺之缺陷	486
235.	耳	488
236.	平衡	493
	問題	495
	補充讀物	495

第二十六章 內分泌系

237.	腺狀腺	497
238.	腺狀旁腺	502

239.	胰臟之胰小島細胞.....	503
240.	腎上腺.....	505
	腎上腺髓質.....	505
	腎上腺皮質.....	506
241.	腦下腺.....	507
	後葉.....	507
	前葉.....	508
242.	睪丸.....	512
243.	卵巢.....	514
	動情週期.....	516
	月經週期.....	516
244.	胎盤.....	518
245.	其他類內分泌腺.....	519
246.	諸內分泌腺之相互關係.....	519
	問題.....	520
	補充讀物.....	521

第二十七章 傳染病與身體之防禦

247.	微生物致病之方法.....	523
248.	身體對疾病之防禦.....	524
	後天免疫性.....	525
	先天免疫性.....	526
249.	過敏反應.....	527
250.	抗生素.....	528
251.	微生物之傳播.....	529
252.	常見之傳染病.....	530
	脊髓灰白質炎.....	530
	斑疹傷寒.....	531

梅毒	531
濕氣	533
變形蟲痢疾	533
條蟲之感染	534
旋毛蟲病	535
問題	536
補充讀物	536

第五篇 繁殖過程

第二十八章 生殖

253. 無性生殖	537
254. 動物之有性生殖	540
雌雄同體	540
單雌生殖	540
受精之類型	541
255. 人類之生殖	542
男性生殖器官	543
女性生殖器官	545
受精作用	546
種植	548
胚之營養	548
256. 胚膜	549
257. 胎盤	551
258. 分娩	552
259. 嬰兒之營養	554
問題	554
補充讀物	555

第二十九章 胚胎之演發

260. 卵之類型	556
261. 分裂及原腸之形成	557
囊胚之形成	558
原腸之形成	558
蛙卵與雞卵之分裂及原腸之形成	559
人卵之分裂及原腸之形成	561
262. 中胚層之形成	563
脊索	566
263. 神經系之發生	566
264. 體形之發育	567
265. 心臟之形成	571
266. 消化管之發生	573
267. 腎臟之發生	573
268. 各胚層之衍生物	576
269. 演發之控制	576
270. 形態之演變	578
271. 畸形發育	580
272. 分娩時之改變	581
問題	583
補充讀物	583

第六篇 遺傳之機構

第三十章 遺傳之物質基礎

273. 遺傳與變異	585
274. 染色體與基因	587

染色體之構造	587
染色體之數目	588
275. 有絲分裂	589
前期	590
中期	591
後期	591
末期	592
有絲分裂之控制	592
276. 減數分裂	593
277. 精子發生	596
278. 卵之發生	599
279. 基因與對偶基因	600
280. 單性雜交	601
281. 外表型與基因型	603
282. Mendel 氏第一法則	604
283. 檢定雜交	605
284. 不完全顯性	606
285. 基因型之推斷	606
問題	608
補充讀物	610

第二十一章

排·泄·系

細胞新陳代謝之正常過程以及蛋白質與核酸之不斷構成與分解，終至產生如尿素、尿酸、肌酸酐（creatinine）及氮等廢物。此類含氮之廢物非僅無用，抑且有毒。腎臟之機能因病而受損時，此類物質迅即堆集於血液及體素中而致死亡。因腎臟一俟體素產生此類物質，立即將之自血液中移除，故其在正常人之血液中維持恆定之低濃度。

排遺（defecation）、排泄（excretion）及分泌（secretion）三名詞時或混淆不清。排遺係指廢物及未被消化之食物——總稱為糞便——自肛門排除而言。未被消化之食物絕未進入任何體細胞中，致其不能參與細胞之代謝作用；因此，其非為新陳代謝所產生之廢物。排泄乃指自細胞及血流經由尿液及出汗而移除不復為身體所利用之物質而言。腎臟對廢物之排泄牽涉到細胞之能之消耗，而排遺之動作却不需腸之內襯細胞放出能。分泌為細胞釋出某種物質，使其為他處之某種生理作用利用之——例如，唾液腺分泌唾液，在口及胃中用以消化。分泌亦與細胞之活動有關，且分泌細胞需要支出能。例如，細胞開始分泌時，則氧及葡萄糖之消耗量顯示增加。

人體之排泄系除腎臟及其導管外，尚包括：皮膚、肺臟及消化管等，此等器官亦具排泄之機能。本書前已述及肺臟排除二氧化碳（最主要之代謝廢物之一）；肝臟排泄胆色素及血紅素之分解產物；及結腸排泄某些種金屬，如鈣等。皮膚之汗腺主司調節體溫，但其亦用為排泄 5—10 % 之代謝廢物。汗液與尿液所含之物質相同——鹽類、尿素及其他有機化合物，但其稀薄，僅具八分之一之固體物質。出汗量因氣溫而異，冷天一日約出汗 500 公撮左右，而熱天一日可多達二或三公升。第二次世界戰爭期中，美國陸軍之試驗發現在高溫下從事最大限度之工作，若干人在一小時中可分泌三至四公升之汗液！

204. 腎臟及其導管

腎臟雖為哺乳動物最重要之排泄器官，約75%之排泄工作由其執掌，但其尚具有若干其他種重要之機能：調節血液中各種溶解物質之濃度、維持酸鹼平衡、及保持血量恆定，因所有體液中物質之濃度大半取決於其在血液中之濃度，故腎臟間接調節所有體液之成分。

腎臟為一對蠶豆形之構造，約四吋長，每一腎臟各位腹腔中央背綫之一側，恰在胃之下方(圖180)。在每一腎臟之中央凹側，為一漏斗形之室，

1. 註字：右腎之剖：Section of right kidney
腎上腺：Adrenal glands
皮部：Cortex
腎盞：Calyces
左腎：Left kidney
腎盂：Pelvis
主動脈：Aorta
髓質：Medullary substance
下腔靜脈：Inferior vena cava
輸尿管：Ureter
膀胱：Bladder
尿道：Urethra
2. 說明：人體之泌尿系(腹面觀)。右腎剖開，示其內部構造。

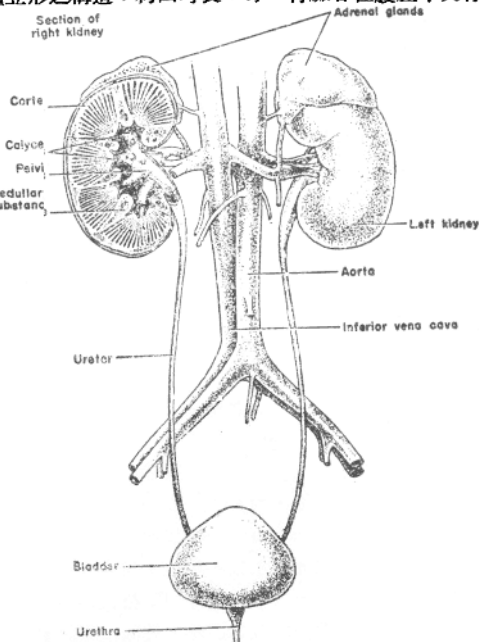


圖 180

曰腎盂 (pelvis)。由腎臟繼續不斷滴下之尿液集納於腎盂而下行至輸尿管 (ureters)，藉輸尿管壁收縮之蠕動使尿液移至膀胱 (urinary bladder)——位於腹腔下端腹面之一個中空、含有肌肉之器官 (參閱圖 180)。膀胱之肌壁鬆弛擴張，供使尿液集存。在輸尿管通入膀胱之開口處有門瓣防止尿液逆流，並阻止存在於膀胱之任何細菌上行至腎臟。膀胱中之尿量增多時，其肌壁擴張刺激位居此處之神經末梢，向腦發生神經衝動，而產生脹滿之感覺。此時，自腦發出神經衝動，使膀胱收縮及使管制膀胱至尿道開口處之括約肌鬆弛，乃得排尿。

腎臟由大量極其微小之腎小管 (tubule) 所排列成之內部核心——髓部 (medulla)，以及外層之皮部 (cortex) 所組成。腎小管配備以豐富之血管，並為纖細之結締體素網所支持。腎臟之功能為移除血液中代謝作用所產生之無用而有毒之廢物，且不使身體所需要之任何物質有所損失。腎小管為腎臟構造及機能之單位；每一條腎小管均擔負排泄每日尿液排出量之一小部分。主動脈之分枝——腎動脈——進入每一腎臟，反覆分枝遍佈於各部分。每一條最終之小動脈行至腎小管之末端，分枝成一球形之微血管叢，稱作腎小球 (glomerulus) (圖 181)。每一腎小管之末端為一雙重壁細胞之空囊，曰 Bowman 氏囊 (Bowman's capsule)。腎小球即為此囊所圍繞。Bowman 氏囊之內壁由扁平之上皮細胞所組成，緊貼於腎小球之微血管，致使物質易自微血管擴散進入 Bowman 氏囊之腔中。

205. 尿液之形成

過濾 (filtration)、重吸收 (reabsorption) 及增加 (augmentation) 三種作用之聯合，使腎臟能移除血中之廢物而保存其有用成分。過濾作用在腎小球之微血管與 Bowman 氏囊壁之接聯處發生之。血液流過腎小球之微血管時，被「過濾」致使血中之水、鹽類、糖、尿素及其他一切物質 (血球及如血漿蛋白質之類之大分子除外) 穿過此接聯處而進入 Bowman 氏囊之腔中，而成為腎小球濾液 (glomeru-

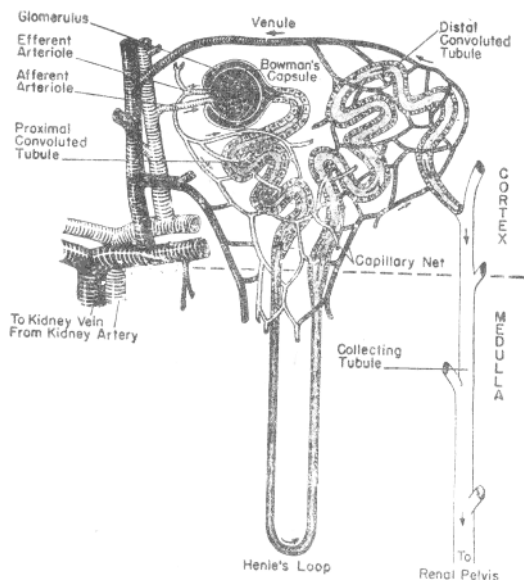


圖 181

1. 註字：腎小球：Glomerulus 小靜脈：Venule 遠曲小管：Distal Convoluted Tubule 輸出小動脈：Efferent Arteriole 輸入小動脈：Afferent Arteriole Bowman 氏囊：Bowman's Capsule 近曲小管：Proximal Convoluted Tubule 微血管網：Capillary Net 皮部：Cortex 通至腎靜脈：To Kidney Vein 來自腎動脈：From Kidney Artery 集尿管：Collecting Tubule 髓部：Medulla Henle 氏蹄系：Henle's Loop 通至腎盂：To Renal Pelvis

2. 說明：單一腎小管及其血管之圖解。

lar filtrate)。每分鐘流過腎臟之血液之總量約為 1200 公撮，或為心臟所壓出總血量之四分之一！血漿通過腎小球時約損失其容積之 20% 至腎小球濾液中；其餘之血漿則自腎小球進入離腎小球之血管。此種

作用之基本機構純爲物理之過濾作用，係賴於進入腎小球之小動脈較離出者爲大之事實。職是之故，腎小球微血管之血壓比較高，一部分血漿乃得滲入 Bowman 氏囊中。美國賓夕瓦尼亞大學 (University of Pennsylvania) 之 A. N. Richards 博士用一纖細之玻璃注射器插入蛙腎臟之 Bowman 氏囊中而實際收集及分析腎小球濾液，證明出該濾液中尿素、鹽類、葡萄糖等物質之濃度與血漿相同，惟缺少血漿之蛋白質耳。Bowman 氏囊之細胞甚薄且不能自微血管移出物質；因此由血漿將濾液送入囊中之工作乃爲心臟所完成者。由實驗可證明出因血壓及因而產生之濾過壓之昇降，遂使腎小球濾液量不同，濾液之量數亦爲通入及通出腎小球之小動脈之收縮或弛張所調節。通出之小動脈收縮及通入之小動脈擴張，使濾液量增加。

倘使排出尿液之成分與腎小球濾液之成分相同，則排泄將爲一種浪費之作用，而大量之水分、葡萄糖、氨基酸及其他有用之物質將損失不貲矣。然而事實上，尿中所含物質之種類及量數與血漿及腎小球濾液，截然不同。濾液由位於皮部之每一 Bowman 氏囊先通過近曲小管 (proximal convoluted tubule) (亦存在於皮部)，隨之經過長形之髓系進入髓部并重返回皮部，然後經過皮部之第二個區域——遠曲小管 (distal convoluted tubule)，終於注入集尿小管，由此小管而通至腎盂 (參閱圖 181)。尿液自腎臟之腎盂通過輸尿管、膀胱及尿道時，其濃度不再有所改變；濃度之改變在物質自 Bowman 氏囊通過長而彎曲之小管至集尿小管時發生之。

腎小管壁爲由單層之扁平或骰形上皮細胞所構成，此等上皮細胞在濾液通過時移除或重吸收大量之水分以及身體所需之所有物質如葡萄糖、氨基酸及其他物質，使其返回血流。此種作用因離開腎小球之小動脈并非直接通向靜脈，而係與另一圍繞近曲小管及遠曲小管之微血管網相聯，故可產生之 (參閱圖 181)。因此，腎臟中之血管經路與所有其他器官中之血管不同——血液由腎動脈通入腎靜脈必經過二組微血管。腎臟排泄尿液及調節血液成分之能力，端賴乎此。各種物質

之被重吸收進入血流依身體當時之需要而有選擇性；若血中已有過量之葡萄糖（如糖尿病患者之血液），則葡萄糖并不被重吸收，而前行進入尿液。腎小管內襯細胞必擔負使各種物質返回血流之工作，通常以反擴散差度方向進行之。事實上，一定量之腎臟體素較等重量之心臟肌每小時所消耗之氧量為多，此表示腎臟之工作較心臟為重。腎臟自醣類之氧化而獲得能，以從事其重吸收之工作；腎臟缺氧之供應時，重吸收作用（雖非過濾作用）即告停止。

人類之腎臟每形成一公升之尿液，乃自12.5公升左右之濾液中所得者；其餘12.4公升為被重吸收之水。依此，濾液向下通過腎小管時，廢物（如尿素等）遂特形濃縮。尿液中尿素之濃度約為腎小球濾液中所含者之六十五倍，甚至更濃；除非少量尿素為腎小管重吸收。重吸收之水之量數亦視身體當時之需要而定。若欲進大量之水或啤酒，則重吸收之水較少，於是排尿量多而稀釋，若飲水不足，則腎小管之細胞為保存水量供身體之需，而重吸收大量水分，於是尿量少而濃。

腎小管之細胞不僅由濾液移除物質，使其返回血流，抑且由血流排泄另外之廢物而至濾液中。此種作用，稱曰增加（augmentation），此或在人類腎臟之功能方面不佔重要之地位，但在如琵琶魚之類之動物，因其腎臟不具腎小球及Bowman氏囊，腎小管之排泄端賴此法行之。人體之血壓以及由其所產生之過濾壓降低至某一點時，雖然仍由腎小管之排泄而形成尿液，但過濾作用停止。將染料注射入試驗動物體中，可見其自血流經腎小管之內襯細胞而釋入尿液。試驗已顯示出如配尼西林（penicillin）及阿的平（Atabrine）等藥物藉腎小管之增加作用自血流移出而排泄之。因此，人類及其他動物均能發生增加作用無疑，惟其對於排泄通常究竟發生如何重要之作用，尙不得而知。

當腎小球濾液到達遠曲小管之末端，若干物質已被重吸收及若干物質被增加時，此液體即成尿液矣。

206. 腎臟之調節機能

腎臟依其排泄某些物質及重吸收另外一些物質之選擇性，故其對於血液及其他體液成分之調節，佔極重要之地位。新陳代謝所釋出之任何過量之酸或鹼，均由腎臟排泄，藉以維持血液適當之 pH 值。腎臟藉調節血中鹽類之濃度而對浸潤體細胞之體液之滲透壓有所調節。此種調節作用頗為重要，因若體液中鹽類之濃度大於細胞內之濃度時，水則自細胞滲出，以致細胞萎縮而死亡。倘或體液中鹽類之濃度低於細胞內之濃度時，水則滲入細胞，使其脹，以至破裂。

腎小球濾液中雖有葡萄糖，惟因其為腎小管之細胞所重吸收，通常在尿液中並不含有之。但若血液中所含之葡萄糖量數甚多，腎小球濾液中（如糖尿病患者之濾液）之量數必然亦多，致當濾液通過腎小管時不能全部被重吸收，而在尿液中呈現有若干葡萄糖。當血液中葡萄糖之濃度達於此點時，則稱之為達於「腎閾」（kidney threshold），葡萄糖之腎閾每 100 公撮血液約為 150 毫克。尚有許多其他物質亦有「腎閾」，惟各物質開始出現於尿中之腎閾濃度，並不一致。

腎臟亦調節總血量以及血中溶解物質之濃度，出血後總血量減低時，血壓亦隨之減低。因濾過壓之高低視血壓而定，故血壓降低，濾過壓亦降低，致經過腎小球過濾至 Bowman 氏囊中之液體亦較少。此時，腎臟所增生之尿量少，而保存體液。若飲大量液體時，使血量、血壓及過濾壓增高，於是形成大量之尿液，而使血量恢復正常。

排泄尿液之量數不僅依所消耗液體量數之多寡而定，尚且依由血液所需要排泄之鹽及其他固體之量數而定。若食物含鹽分過多時，腎臟必成比例排泄較多量之鹽，以維持血液，故其量數增加則需要較多之水以使其通過。此為糖尿病（diabetes）——尿中有糖存在為其主要病徵之一——亦排泄大量尿液之理由。腎小球濾液中溶解之固體物質增多，則使其滲透壓增高，因而減低水分之重吸收率，終至尿量增多。此種機構使腎臟能適應血中尿素及其他廢物濃度之增加，因高濃

度本身即可刺激排尿及廢物之排泄。

管制尿量之另一種因素爲由腦下腺後葉所分泌之一種激素——通稱「抗利尿激素」(antidiuretic hormone)，控制腎小管重吸收水分之速率。一種比較不常見之疾病——尿崩症(diabetes insipidus)——乃由於缺乏此種激素所致，患者之排尿量一日可達三十或四十公升，而非爲正常之 1.2—1.5 公升，同時感覺乾渴異常。

207. 尿液中所含之物質

腎臟除排泄代謝之正常產物之外，尚排泄大半進入體內或由身體形成之不正常物質，是以分析尿液爲測定身體一般代謝狀況之一種可靠方法，正常尿液約有 96% 水、1.5% 鹽類、及 2.5% 有機廢物（主爲尿素）。尿中之鹽與血液及原生質中者盡同，以氯化鈉爲主，以及微量之鉀、鈣、鎂、硫酸銨、磷酸鹽及碳酸鹽。尿中所排泄之鹽之量數與種類，爲腎上腺皮質所分泌之一種激素——醛固酮(aldosterone)——所控制。

每日所排泄之 1200—1500 公撮尿液中，約含有 60 克之固體；其中一半爲由蛋白質之去氨基作用所產生之尿素(urea)。尿液其他之正常成分爲尿酸(uric acid)——爲核酸及肌酸酐(creatinine) (肌肉之代謝產物) 之分解產物。

尿液呈黃色非由上述各物所致，而係視尿色素(urochrome) 是否存在而定，此種色素爲血紅素之分解產物，與膽色素有關。

208. 腎臟之疾病

腎細胞因細菌之感染而引起疼痛并常可致命之腎臟炎(nephritis)。細菌通常侵害腎小球，使其比正常具較高之通透性，以致蛋白質，甚至完整之血球進入尿中。因爲蛋白質不斷自血液丟失，血漿自微血管周圍之體液液重吸收水分之能力減低，於是發生水腫(edema)，特別在腿之下部爲顯著。在此症後期時，身體所形成之尿液顯著減

少，而正常由腎臟排泄之廢物則堆集於血中，稱為尿毒症（uremia）。因此等堆積之物質中若干為毒質，若不立予治療，則可致死。

腎臟之損傷常與高血壓相關聯，因為異常之血壓易使腎小球傷損，而由於動脈之收縮致引起供應腎細胞之血液減少，亦可使其受傷。最近之試驗已證明出受傷之腎臟釋出一種使血管收縮之物質曰腎壓酶（renin），因而使血壓增高藉以完成此互為因果之循環。

通常存在於尿液中之若干固體物質——尿酸及磷酸鈣——甚不易溶解，當其在尿中之量數增多時，則可在泌尿通路中沉澱成「腎結石」。若此類結石甚大而阻塞尿液之通路，必須施以外科手術將之移除，因其一經形成，則不能使其再溶解。

209. 其他類動物之排泄器

一切生物均須解決排除代謝廢物之問題。原生動物，如變形蟲及草履蟲，其廢物僅係經細胞膜擴散至低濃度之外界環境中，生活於淡水中之原生動物因其原生質對池水為高張溶液，有繼續不斷吸水之傾向，故其面臨一特殊排除水份之問題。此類動物為控制此種情況（若不加以控制則細胞終將膨脹以至破裂），在原生質中具有一形小之伸縮胞（contractile vacuole），儘其全速自細胞內部攝入水份。水螅及其他種腔腸動物亦藉擴散作用，透過細胞直接排泄廢物。

較大之動物藉擴散作用排除廢物對防止毒物之堆積并不能勝任，而需要種類繁多之排泄器。扁形動物具特化之焰細胞（flame cell）（圖 182）。此單一之細胞自其周圍空隙吸收液體，將其排入排泄小管中。焰細胞上有一簇纖毛，藉其打動而使液體下行至排泄小管中。數個焰細胞所通之排泄小管彼此相聯，終經排泄孔與外界相通。纖毛之打動酷似燭光之顫動，故有焰細胞之名。

蚯蚓在其身體之每一節中均具有一對特化之器官，稱環節腎（nephridia），具排泄之功能。環節腎與扁形動物之焰細胞不同，為一兩端開口之細管，內端藉生有纖毛之漏斗與體腔相通（圖 183）。每一