

當代生理學

DE 99/14

華僑專生理學教材
華僑專生理學講義



華杏出版股份有限公司

當代生理學

Contemporary Physiology

作者：洪敏元 (Hung, Min-Yuan) • 劉良慧 • 林育娟 • 何明聰 • 賴明華

發行所：華杏出版股份有限公司 Farseeing Publishing Co., Ltd.

行政院新聞局局版臺業字第2188號

發行人兼董事長：蕭 豐富

社長：李 秋 美 海外部社長：蔡 秉 琴

文字編輯：張 靖 祺 • 李 佳 玲 組長

電腦繪圖：何 明 聰

美術編輯：黃 怡 恩 A1) • 王 玉 琪 組長

電腦排版：王 玉 琪

封面設計：湯 士 倫

本刷負責文編：張 少 文 • 吳 瑞 容 小組長 • 張 佳 雯 組長

版務編輯：郭 春 輝

總管理處：台北市100新生南路一段50-2號七樓

ADDRESS：7F., 50-2, Sec.1, Hsin-Sheng S. Rd.,

Taipei 100, Taiwan

信箱 E-mail：fars@ms6.hinet.net

電話總機 TEL：(02)2392 1167

訂購專線：分機723

申訴專線：分機211

傳 真 FAX：886-2-2322 5455 (會計部)

886-2-2322 5456 (編輯部)

郵政劃撥：戶名：華杏出版股份有限公司

帳號：0714 1691號

出版印刷：1998年1月初版二刷

初版一刷：1997

製版、印刷、裝訂：華欣綜合印製工業股份有限公司

法律顧問：蕭雄淋律師

中港澳總代理：華港文化事業有限公司

港幣定價：200元

地 址：香港中環德輔道中84-86號章記大廈405A室

電 話 TEL：(852)2805 2330

傳 真 FAX：(852)2805 2331



定價：500元

ISBN 957-640-300-6 C2420

※有著作權 • 侵權必究※

序

DE 90/14

自醫學院畢業後，從事臨床工作有三十餘年，最近幾年來更在中華醫專擔任基礎醫學的教學。由於往昔的課程定為解剖生理學，因此在教學時數之限制下，一方面要解說解剖學，同時也要說明生理現象，對學生而言負荷頗重，實在難以全盤領會。

前年教育部重新頒布課程標準，將解剖學及生理學分開，於上下兩學期各自修完課程。然而對於課本的選用仍有許多困難，因坊間雖有許多很好的生理學書籍，但大部分皆是醫學系所採用的，對某些非醫學系的學生而言，此類書籍是較艱深而繁瑣的，尤其因每週上課時數所限，欲使其全盤了解實在很困難。

為了配合教育部的課程標準，經與校中任教多年的何明聰、劉良慧、賴明華、林育娟諸位老師，在校內生理學教學研討會中多次研討，按個人之專長與教學經驗，以深入淺出的方式彙編了這本書籍，將生理學作有系統的介紹，以利初學者的學習。

本書是依教育部的課程標準，以每週三小時的教學為基準，分十五章，其內容為介紹各系統器官的簡略解剖位置、生理現象、生理功能和一些器官常見的臨床病變機轉，並涵蓋幼兒生理現象等問題的說明（書中若有☺出現，即為幼兒生理現象之敘述），使初學者有一概括認識與了解，將來應用於臨床實習上更熟能生巧、嘉惠病患，此實為編者群最大的心願與祈望。

本書是各作者以多年之教學經驗，於百忙中日以繼夜完成的，且各章都是經由五位作者共同校正多次討論的辛苦結晶，因此本書的特色是內容具有連貫性、條列分明、淺顯易懂及精美的電腦繪圖。至於在撰寫方面經驗仍嫌不足，致有遺漏、錯誤與缺失者，在所難免，尚祈各位先進不吝賜教，俾使其再版時之改進。

本書各作者之辛勞及其家人全力之配合，時申感激之誠，尤其是何明聰老師，採電腦繪圖方式獨力完成全書中之插圖，而血液、心臟、血管及淋巴系統三章的插圖，係由中華醫專檢驗科梁洋誠及何維修兩位同學製作，更是辛勞倍至，並感謝吳慶明老師、郭全明醫師、郭靜香老師幫忙校稿及華杏出版社鼎力協助，始得如期付梓完成，併致謝忱。

洪敏元 謹序

1997年8月

目 錄

第一章 細胞生理學.....洪敏元.....	1
第一節 人體構造之各個層次.....	2
第二節 細胞的化學成分.....	3
第三節 細胞的構造及功能.....	7
第四節 細胞分裂.....	20
第五節 物質通過細胞膜的運動.....	23
第六節 體液的組成及恆定狀態.....	26
第二章 神經組織.....劉良慧.....	31
第一節 神經細胞.....	32
第二節 膜電位的產生.....	35
第三節 動作電位.....	38
第四節 突觸.....	42
第三章 肌肉系統.....林育娟.....	47
第一節 肌肉組織的特性、功能與種類.....	48
第二節 骨骼肌的結構.....	49
第三節 骨骼肌收縮的生理學.....	52
第四節 肌肉收縮的形式.....	56
第五節 骨骼肌纖維的種類.....	58
第六節 心肌的特性.....	59
第七節 平滑肌的特性.....	60
第四章 中樞與周邊神經系統.....何明聰.....	65
第一節 神經系統之組成.....	66
第二節 中樞神經系統—腦.....	68

第三節	中樞神經系統－脊髓·····	88
第四節	周圍神經與中樞神經的聯繫及整合·····	93
第五章	自主神經系統·····劉良慧·····	105
第一節	自主神經系統的結構·····	106
第二節	自主神經的神經傳遞物質與接受器·····	111
第三節	自主神經系統的作用·····	114
第四節	內臟的自主反射·····	116
第六章	特殊感覺·····洪敏元、劉良慧·····	119
第一節	嗅覺·····	120
第二節	味覺·····	122
第三節	聽覺及平衡覺·····	125
第四節	視覺·····	130
第七章	血液·····賴明華·····	141
第一節	血液的功能·····	142
第二節	血液的成份與特性·····	142
第三節	止血·····	154
第四節	血型及輸血·····	157
第八章	心臟·····賴明華·····	163
第一節	心臟的構造·····	164
第二節	心臟的幫浦功能·····	169
第三節	心肌電生理及動作電位·····	172
第四節	心電圖及心律不整·····	174
第九章	血管與淋巴系統·····賴明華·····	177
第一節	血管的種類和構造·····	178

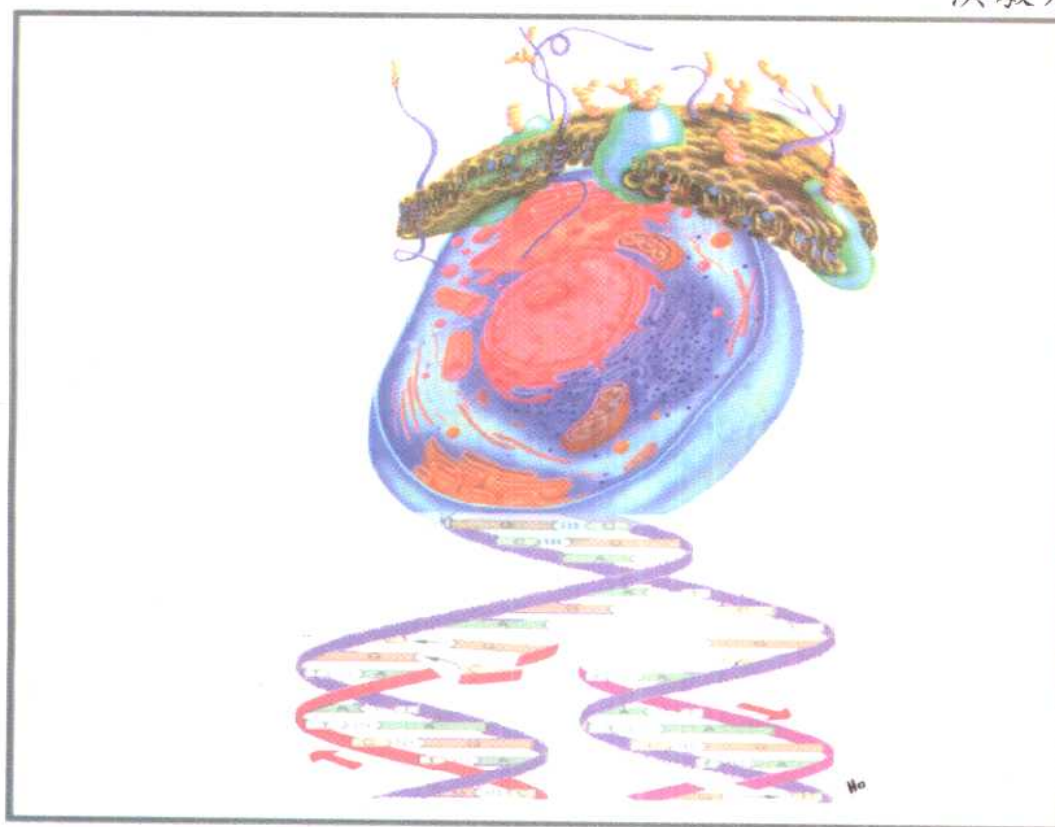
第二節	動脈血流及血壓調節·····	182
第三節	微血管的交換·····	186
第四節	靜脈的生理功能·····	188
第五節	淋巴交換及淋巴組織·····	189
第六節	淋巴組織及淋巴器官·····	192
第十章	呼吸系統·····洪敏元·····	197
第一節	呼吸器官的生理學·····	199
第二節	呼吸作用·····	207
第三節	呼吸氣體的輸送·····	213
第四節	呼吸的控制·····	217
第十一章	消化系統·····洪敏元·····	223
第一節	消化道的構造及功能·····	224
第二節	消化道的管制系統·····	234
第三節	消化道的運動·····	240
第四節	消化道的消化及吸收·····	244
第十二章	新陳代謝·····何明聰·····	251
第一節	能量的轉換和利用·····	252
第二節	荷爾蒙對新陳代謝之調節·····	257
第三節	代謝率及體溫的調節·····	258
第十三章	泌尿系統·····林育娟·····	263
第一節	腎臟的構造·····	264
第二節	尿液的形成·····	269
第三節	尿液濃縮機轉·····	275
第四節	尿液的排除·····	277

第五節	酸鹼值的恆定.....	279
第十四章	內分泌系統.....林育娟.....	287
第一節	內分泌概論.....	288
第二節	下視丘.....	293
第三節	腦下腺.....	294
第四節	甲狀腺.....	300
第五節	副甲狀腺.....	304
第六節	腎上腺.....	306
第七節	胰臟.....	310
第八節	性腺.....	313
第九節	松果腺.....	313
第十節	胸腺.....	314
第十一節	其他內分泌組織.....	314
第十五章	生殖系統.....劉良慧.....	317
第一節	男性生殖系統的構造.....	318
第二節	精子的形成.....	320
第三節	男性荷爾蒙.....	322
第四節	女性生殖系統的構造.....	325
第五節	卵子的形成.....	326
第六節	女性荷爾蒙.....	328
第七節	月經週期及排卵.....	329
參考資料.....		335
索 引.....		337

第一章

細胞生理學

洪敏元 著



本章大綱

- 第一節 人體構造之各個層次
- 第二節 細胞的化學成分
- 第三節 細胞的構造及功能
- 第四節 細胞分裂
- 第五節 物質通過細胞膜的運動
- 第六節 體液的組成及恆定狀態

細胞生理學

前言

生理學是研究人體各項功能的一門科學。人體能夠繼續生存及生長，必須依賴體內各系統器官的共同協調作用。各器官是由兩種以上的組織為執行共同機能結合而成的，而各種組織是由相同結構及功能的細胞結合而成的，細胞為生存及生殖的最小單位，故細胞為人體最基本的功能單位。本章主要是探討人體構造上機化作用的層次、細胞的構造及功能、細胞如何存活於其周圍的體液內、體液的組成及其如何保持穩定狀態。

第一節 人體構造之各個層次

人體構造的機化(organization)可分為數個層次，這些層次由最低級至最高級分別為：

- 1.化學層次：為機化的最低階層，包括維持生命所必須的化學物質。如水、氧、鉀、鈉、磷等礦物質及一些有機化合物。
- 2.細胞層次：細胞為人體最基本的構造及功能單位。人體有很多種不同的細胞，具不同的構造且執行不同的功能。如神經細胞、肌肉細胞及紅血球。
- 3.組織層次：組織是由數群功能及構造相似的細胞與其細胞間質形成相當緊密的結合所構成的，可執行特殊的功能。人體內有四種主要組織：上皮組織，如皮膚。結締組織，如軟骨、脂肪。肌肉組織，如骨骼肌、心肌。神經組織，如脊髓、腦等。
- 4.器官層次：由許多不同種類的組織，為完成某一特定或相關的功能而組成，器官經常有一可確認的外形。如胃、心臟、肺臟等。
- 5.系統層次：系統由一系列具有共同功能的相關器官所組成，如呼吸系統由鼻、咽、喉、氣管、肺等器官所組成。
- 6.個體層次：為人體器官化的最高層次，人體所有的部門相互配合以執行功能並構成生命的個體。

人體具有11個主要系統，其主要功能及主要器官組織如表1-1：

表1-1 人體主要系統

器官系統	主要功能	主要器官組織
皮膚系統	體溫的調節、身體保護、接受痛、溫度、壓力的刺激。	皮膚及其附屬物（如汗腺、皮脂腺、毛髮、指甲等）。
骨骼系統	支持身體、保護內臟、造血功能。	硬骨、軟骨及相關關節等。
肌肉系統	參與動作及運動、維持姿勢。	骨骼肌、內臟肌、心肌等。
神經系統	經由刺激傳送訊息而調節各器官的反應。	腦、脊髓、神經及感覺器官等。
內分泌系統	分泌激素，調節各器官的活動。	腦下垂體腺、甲狀腺、胰島腺等。
循環系統	經由血液輸送氧、營養物、二氧化碳及廢物的功能。	心臟、血管、血液。
淋巴系統	製造淋巴球、過濾血液、免疫功能。	淋巴結、淋巴管、胸腺等。
呼吸系統	氧氣、二氧化碳的交換輸送及酸鹼平衡的調節。	鼻、咽喉、氣管、肺等。
消化系統	食物分解、消化、吸收及排泄功能。	口腔、食道、胃腸、肝、胰等。
泌尿系統	排除廢物、調節體液電解質及體內酸鹼平衡。	腎、膀胱、尿道等。
生殖系統	生物體繁殖。	睪丸、卵巢及子宮等。

第二節 細胞的化學成分

構成細胞的各種物質總稱為原生質(protoplasm)，原生質主要是由五種基本的物質所組成，水、醣類、脂肪、蛋白質及電解質。組成細胞的必要元素大約有24種，其中以氫、氧、碳和氮含量最多，佔細胞總元素量約99%以上。其次為鈣、磷、鉀、硫、鈉、氯和鎂等，此外還有一些微量元素如：鐵、銅、鋅、碘等。這些元素以共價結合的方式，形成不同化合物存在細胞中。茲將細胞重要基本化合物的特性及功能略述如下：

一、水

水是細胞內含量最多的成分，一般細胞的含水量都在60%~70%左右。而人體

內的水約佔體重的2/3。以下對水功能的介紹，可以解釋為何水在生命系統中是如此重要的一種化合物。

- 1.水是最佳的溶劑：細胞內的化學反應通常是在水溶液中進行，故細胞的代謝作用會因含水量的減少而降低。水可將營養物質帶給細胞，亦將細胞的廢物排出。
- 2.水可以解離：水可以解離產生氫離子(H^+)及氫氧離子(OH^-)，以供應細胞內氧化還原所需的電子。也可決定溶液的酸鹼度，及影響細胞內的酵素作用。
- 3.水具有較高的吸熱、放熱能力：可當調節溫度的物質。如人體代謝過程所產生的熱量，多由體內水分所吸收，用於維持體溫的恆定。當熱量過多時就由汗液中的水分蒸發到體外，因此水具備了良好的冷卻功能。
- 4.水在體內是黏液及其他潤滑劑的主要成分：在體內器官相互接觸和相互滑動的地方，特別需要潤滑作用。如關節腔內液、胸膜腔內液。

二、醣類

醣類為細胞內供應能量和儲藏能量的主要物質，由碳、氫、氧等元素組成的化合物，其分子式為 $[CH_2O]_n$ 的倍數。因此醣類又稱碳水化合物，其種類有單醣、雙醣、多醣。分別敘述如下：

- 1.單醣：為最簡單的醣類，其分子式 $C_6H_{12}O_6$ ，如葡萄糖、果糖、半乳糖等，又稱六碳醣。葡萄糖是人體內含量最多的單醣。人體攝食的醣類食物通常皆轉變為葡萄糖，然後才被吸收利用，在醫學上常以注射葡萄糖來補充病人體內的糖分。另有一種單醣稱五碳醣，如核糖、去氧核糖，兩者是組成核酸的成分。
- 2.雙醣：雙醣是由兩個分子單醣結合並失去一分子的水而成的，如麥芽糖、蔗糖、乳糖等。其分子式為 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。
- 3.多醣：多醣是由三個以上的單醣組合而成，由於其中單醣的分子數目無法確定，所以多醣的分子式為 $[C_6H_{10}O_5]_x$ ， $x \geq 3$ 。如肝醣是一種主要的多醣類。

三、脂質

脂質與醣類一樣，是由碳、氫、氧所組成，其種類有：

- 1.中性脂肪：三分子脂肪酸與一分子的甘油脫去三分子的水酯化而成。這是細胞中常見的脂質，一公克脂質氧化可產生9仟卡能量。
- 2.磷脂：多由二分子脂肪酸、一分子甘油、一分子磷酸以及其它水溶性有機分子共同結合而成的。它與細胞膜的構成有關，如細胞膜含有多量的磷脂質。
- 3.固醇：它是由四個環狀的碳氫鏈構成的，如膽固醇是構成細胞膜的成分之一。且其與心臟疾病及動脈粥狀硬化有關，也為膽鹽、維生素D及類固醇激素的前驅物。

四、蛋白質

蛋白質的基本構造單位為胺基酸(amino acid)，而蛋白質為胺基酸的聚合物。人體內常見的胺基酸有20多種，每一種胺基酸主要由碳、氫、氧、氮等元素所構成，少數幾種含有硫及磷等。胺基酸必須具胺基(NH_2)及羧基(COOH)。

胺基酸合成蛋白質時，是由胺基酸彼此間脫去一分子水先形成胜肽鍵(peptide bonds)，許多胺基酸以胜肽鍵互相串聯成為多胜肽鏈(polypeptide)。蛋白質可以是一個多胜肽鏈所構成，也可以由多個多胜肽鏈組合而成。蛋白質所含的胺基酸的數目一般在300~3000個之間，如血紅素是一種蛋白質，約由600個胺基酸組成。蛋白質的種類是由不同數目、不同種類以及不同順序的胺基酸來決定，因此蛋白質的種類極其繁多。依其功能所做的分類如表1-2：

表1-2 蛋白質依功能所做的分類

蛋白質的種類	功 能	例 子
結構蛋白	是體內含量最多的蛋白質，可為身體組織的結構支架。	如皮膚、指甲的角蛋白(keratin)、結締組織的膠原蛋白(collagen)。
調節蛋白	調節人體生理過程之激素功能。	如胰島素可調節血糖。
收縮蛋白	存於肌纖維內，具有收縮能力。	如肌凝蛋白及肌動蛋白。
免疫蛋白	當作抗體，具有對抗微生物侵襲的免疫功能。	如 γ -球蛋白。
輸送蛋白	存在於細胞膜或血紅素上。	如細胞膜上的攜帶蛋白可輸送葡萄糖；血紅素可攜帶氧氣及二氧化碳。
催化蛋白	控制體內各種生化反應的酶。	如澱粉酶、蛋白酶、脂肪酶。

五、核酸

核酸(nucleic acid)首先在細胞核中發現，因其呈酸性故名核酸。其成分為碳、氫、氧、氮及磷所形成的巨大有機分子。它們分成兩大類：去氧核糖核酸(deoxyribonucleic acid; DNA)為構成基因的成分，是細胞遺傳物質。核糖核酸(ribonucleic acid; RNA)可控制蛋白質的合成。其主要構造單位為核苷酸(nucleotides)，其是由含氮鹽基、五碳糖及磷酸構成，如圖1-1。

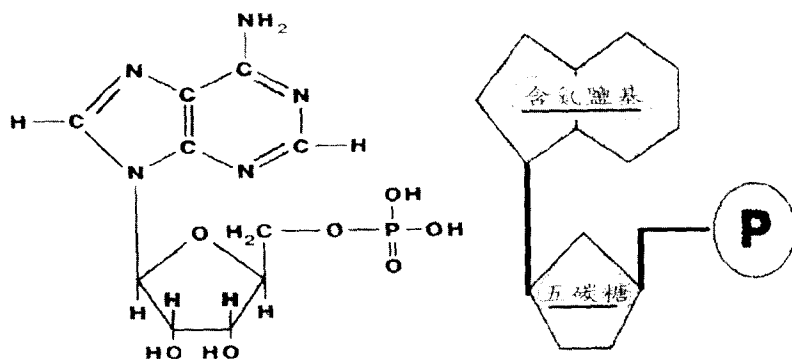


圖1-1 核苷酸分子結構及其簡圖

1.含氮鹽基：可分嘌呤類(purines)及嘧啶類(pyrimidines)。嘌呤類有鳥糞嘌呤(guanine; G)，腺嘌呤(adenine; A)。嘧啶類有胸腺嘧啶(thymine; T)，胞嘧啶(cytosine; C)。嘌呤及嘧啶的基本結構如圖1-2。

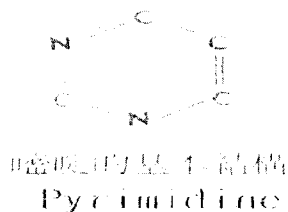
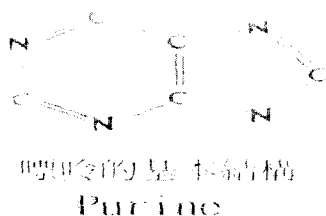


圖1-2 嘌呤與嘧啶的基本結構

2.五碳醣：包括有去氧核糖及核糖，其分子結構如圖1-3：

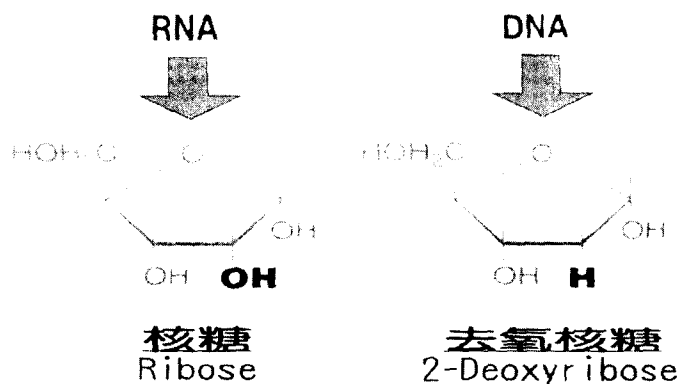


圖1-3 核糖與去氧核糖的結構

3.磷酸根： PO_4^{3-} ，為細胞內氧化時產生高能量分子ATP的成分之一。

六、電解質

當無機酸、鹼及鹽的分子溶解於細胞內液及體液時會分解成離子。因其水溶液會導電所以又稱為電解質。人體內有很多鹽類，有些存在細胞內，有些則在體液內（血液和細胞外液）。在細胞外液中，氯和鈉離子的濃度較其他離子高，而在細胞內液中，磷和鉀離子的濃度較其他離子高。此外鈉、磷、鉀、碘等化學元素在體內僅能和其他化學元素結合或以離子形式存在。

第三節 細胞的構造及功能

所有生物的構造及功能的基本單位為細胞。生物體的生長及生命維持或病變發作，其過程都可顯示於細胞內。因此對於細胞方面的探討研究是非常重要的。以下乃是對於細胞的構造及功能的探討。細胞的構造一般分為細胞膜、細胞質、胞器及細胞核四部分。如圖1-4。

壹、細胞膜

細胞膜(cell membrane)為分隔細胞質與間質液之間的一層薄膜。其厚度約 $60 \sim 100 \text{Å}$ （ $1 \text{Å} = 10^{-10} \text{m} = 10^{-7} \text{mm}$ ；測量細胞及細胞內的胞器以 μ 為單位，病毒以 $\text{m}\mu$ 為單位，測量膜的厚度以 Å 為單位）。構成細胞膜的主要物質為脂質、蛋白質、磷質及少量的醣類。

細胞膜的基本架構是雙層的磷脂質分子所構成的。磷脂質的分子包含一親水性的頭部（含磷酸根的極性化合物）朝向細胞外與間質液接觸，及疏水性的尾部（含脂肪酸）朝向膜內部，兩層尾部相向形成中間的親脂性區域，使水溶性物質通透不良，而無法進入膜內部。

膜上的蛋白質有二種：本體蛋白質(integral proteins)及周邊蛋白質(peripheral proteins)。本體蛋白質在磷脂雙層之間，有的位於膜的內表面或外表面；有的完全貫穿雙層磷脂而形成通道，常為接受器(receptor)、攜帶者(carrier)及幫浦(pump)。而周邊蛋白則鬆鬆地結合在膜表面，可作為催化細胞化學反應的酶。膜上的醣分子與蛋白結合為醣蛋白，通常是接受器的位置，使細胞能辨認外來的訊息。膜上的膽固醇其主要功能為限制本體蛋白質的側面移動。如圖1-5。

鑲嵌在細胞膜上的蛋白質，隨著膜上的脂質到處漂流，隨時都會改變位置，因此細胞膜上的構造也會隨時改變，所以細胞膜是一個動態的構造，此即流體鑲嵌模型說(fluid mosaic model)。

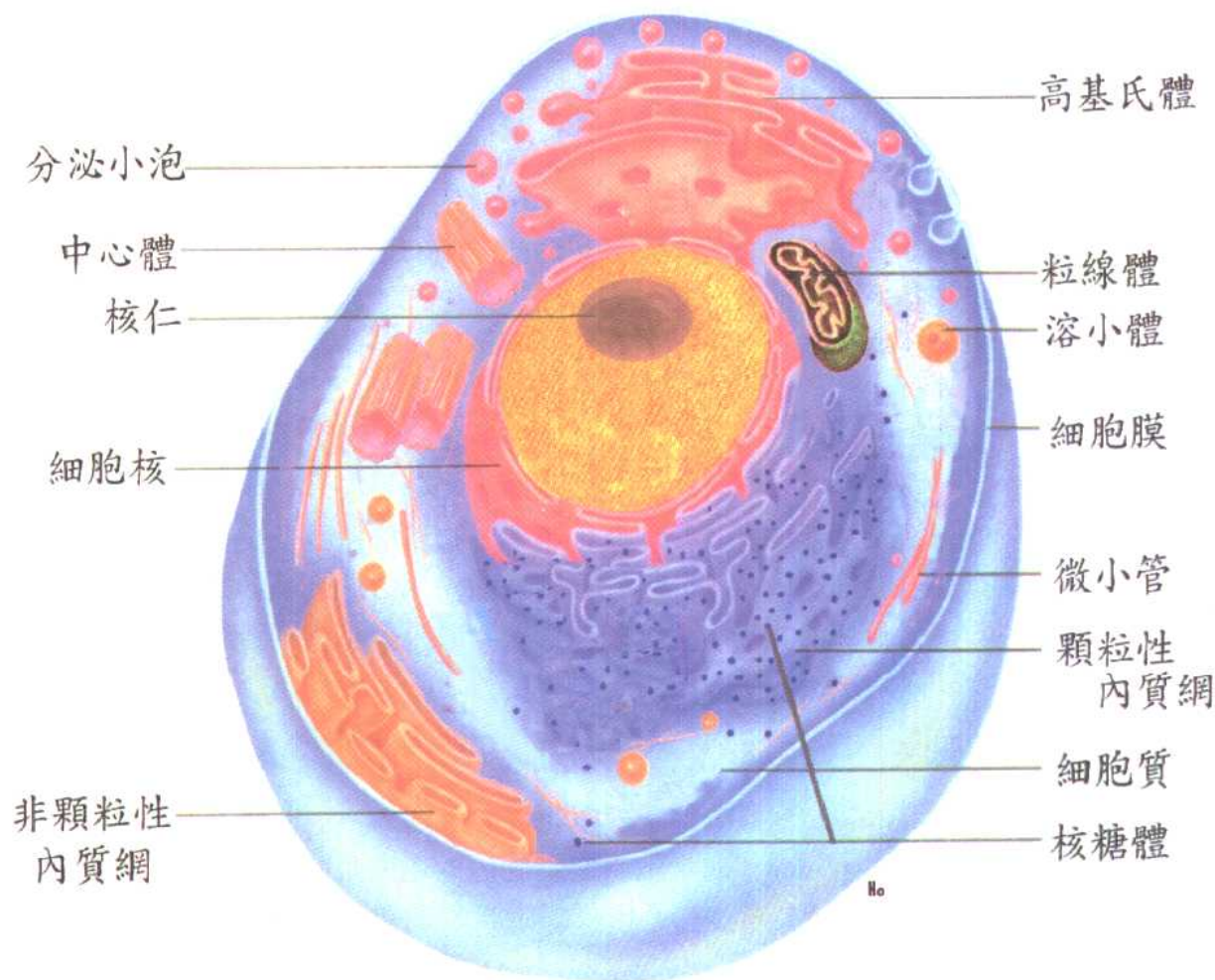


圖 1-4 細胞的構造

細胞膜具有選擇性通透性(selective permeability)的性質，允許某些特定物質進出細胞並限制其他物質的通過。

貳、細胞質

細胞質(cytoplasm)是指存在於細胞膜與細胞核之間的膠狀物質。它主要由75%的水加上蛋白質、脂肪、碳水化合物、及其他無機鹽類所組成。在細胞質內主要陽離子為鉀離子，主要的陰離子為磷酸根。細胞質是細胞發生化學反應而供給能量合成新物質的場所。而細胞質內存有各式的胞器，各具特殊的構造和功能。

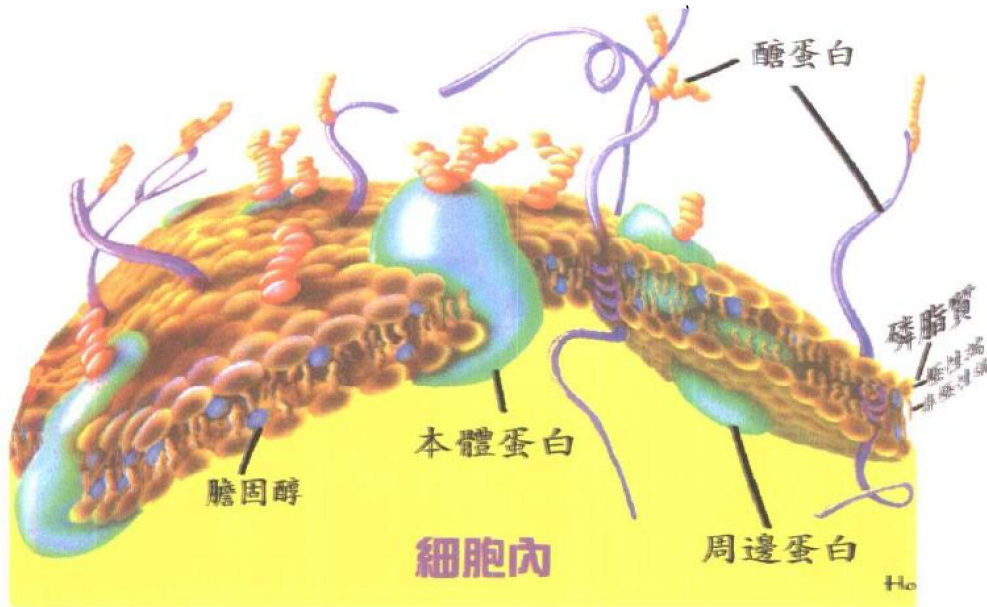


圖1-5 細胞膜的構造

參、胞器

胞器(organelles)為細胞質中的微小單位。細胞質內含許多種類的胞器，各具其特化的構造，可執行其特殊的生理功能。雖然細胞質中可同時執行各種化學反應，但彼此之間很少有相互干擾的現象。這些胞器在細胞的生長、修護及控制上擔任特殊的角色。細胞內胞器的構造如圖1-6。茲將細胞內各胞器介紹如下：

一、內質網

細胞質中含有一種呈管狀、扁平囊狀的構造所組成的網路稱內質網(endoplasmic reticulum)。這些小管及小囊彼此之間都有聯繫，且內連核膜外接細胞膜，具協助細胞內物質運輸的功能。其管壁由含有大量蛋白質的脂肪雙層膜所構成的。內質網可分成兩類：

1. 顆粒性（粗糙）內質網：內質網上附有核糖體，是製造蛋白質的地方，經由內質網輸送到高爾基氏體進行包裝。一般分泌性較旺盛細胞其顆粒性（粗糙）內質網較發達。
2. 非顆粒性（平滑）內質網：不含核糖體，但含有脂質代謝所需的酶，它與固醇類激素合成有關。如圖1-7。

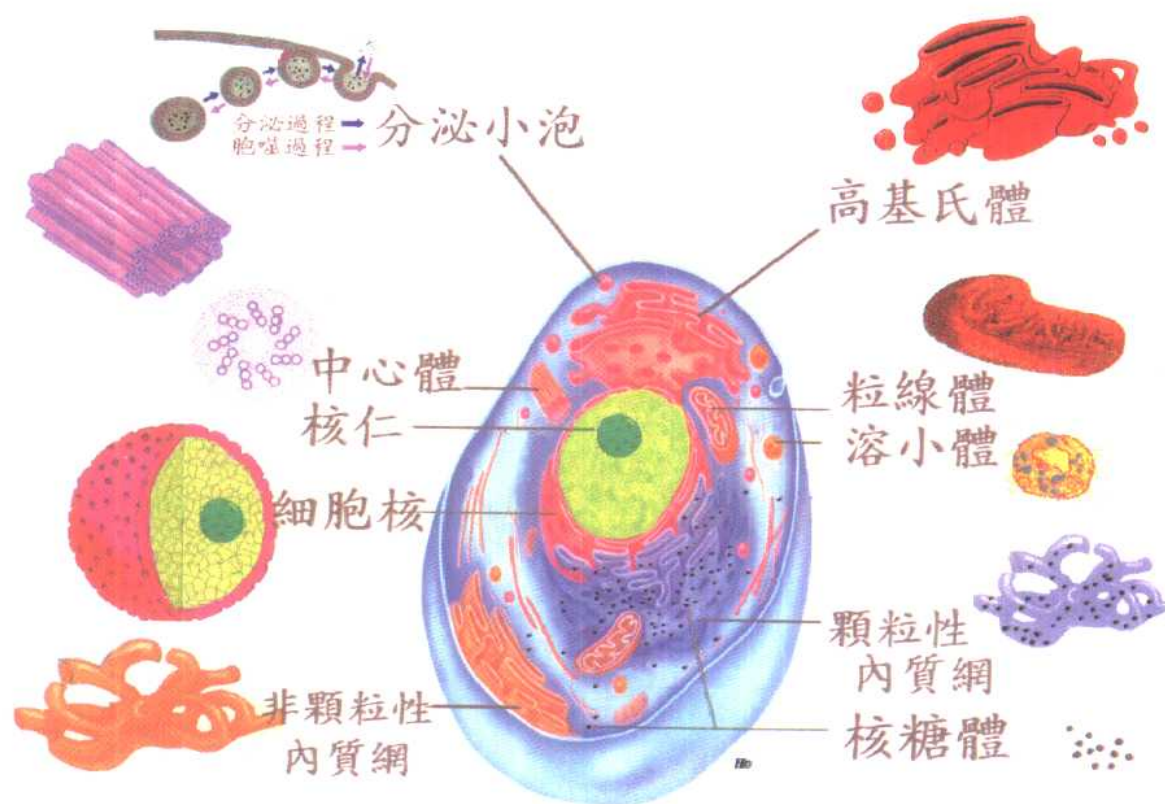


圖1-6 細胞內的胞器

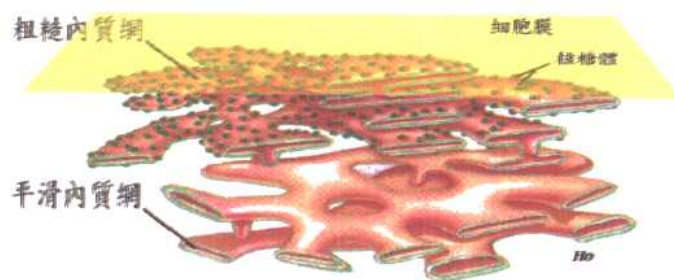


圖1-7 兩種型態之內質網

二、核糖體

核糖體(ribosomes)是一個微粒體(microsome)，由核糖體核糖核酸(rRNA)及蛋白