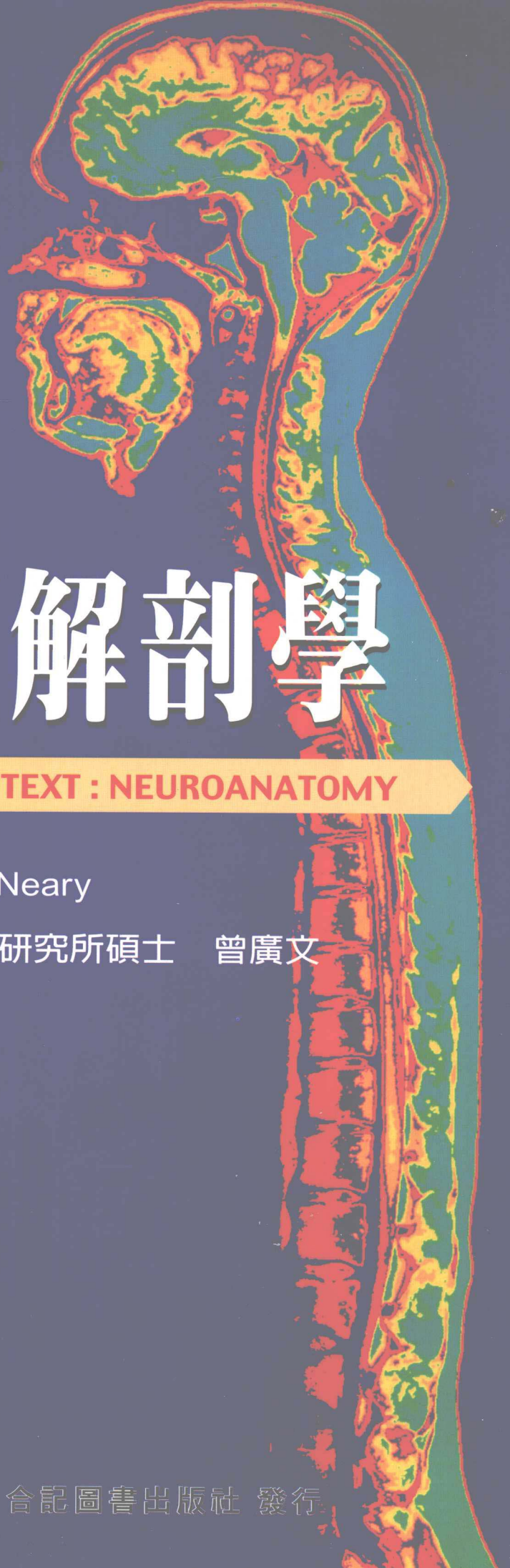




SECOND EDITION

彩色
圖解

神經解剖學

AN ILLUSTRATED COLOUR TEXT : NEUROANATOMY

原著 A. R. Crossman / D. Neary

編譯 國立台灣大學解剖學研究所碩士 曾廣文



CHURCHILL
LIVINGSTONE



合記圖書出版社 發行

彩色圖解神經解剖學

AN ILLUSTRATED COLOUR TEXT : NEUROANATOMY 2/e

原著 / A.R. Crossman • D. Neary

編譯 / 國立台灣大學解剖學研究所碩士 曾廣文



合記圖書出版社 發行

國家圖書館出版品預行編目資料

彩色圖解神經解剖學 / A.R. Crossman ,
D. Neary 原著 曾廣文 編譯.

-- 初版 -- 臺北市：合記, 2002【民 91】
面； 公分

譯自：An Illustrated Colour Text :
Neuroanatomy 2/e

ISBN 957-666-870-0 (平裝)

1.人體解剖 2.神經系

394.9

91010428

書 名 彩色圖解神經解剖學
編 譯 曾廣文
執行編輯 林麗淑
發行人 吳富章
發行所 合記圖書出版社
登記證 局版臺業字第 0698 號
社 址 台北市內湖區(114)安康路 322-2 號
電 話 (02)27940168
傳 真 (02)27924702

總 經 銷 合記書局
北 醫 店 臺北市信義區(110)吳興街 249 號
電 話 (02)27239404
臺 大 店 臺北市中正區(100)羅斯福路四段 12 巷 7 號
電 話 (02)23651544 (02)23671444
榮 總 店 臺北市北投區(112)石牌路二段 120 號
電 話 (02)28265375
臺 中 店 臺中市北區(404)育德路 24 號
電 話 (04)22030795 (04)22032317
高 雄 店 高雄市三民區(807)北平一街 1 號
電 話 (07)3226177

郵政劃撥 帳號 19197512 戶名 合記書局有限公司

西元 2002 年 11 月 10 日 初版一刷

第二版序

(Preface to the Second Edition)

1995 年第一版出書至今，非常高興見到使用這本神經解剖學的數量每年大幅增加。我們出版第二版的目的仍一本初衷的以清晰、邏輯的方式來解說人類神經系統，並詳細說明神經系統功能。

再次校訂內文時，我們深刻感受到本書特色之一就是其簡明扼要的風格。因此修訂時並無再多增加不必要內容，而只是將圖例稍作改進，其中修正最多的是在第一章，爲了提供整體性的神經解剖學

概念，以便往後章節更容易上手、更易融會貫通，因此加入基礎神經系統解剖圖、重要的神經系統疾病診斷，且加入主要感覺與運動系統摘要部分。

A.R. Crossman

D. Neary

西元 2000 年於曼徹斯特

第一版序

(Preface to the First Edition)

本書主要是寫給醫學系學生。但是，我們同時也顧及其它需要對神經系統及其主要病變有基本瞭解的其它醫療相關科系學生，以及那些對人類神經系統病變充滿好奇的基礎神經科學系學生的需求。我們知道基礎神經系統的知識是日後保健科學的延伸，而學生們也常在討論那些折人的神經系統缺損過程中引發興趣。

本書的架構與其醫學教育的風格其實醞釀許久才產生，其中經過數次巨大轉化。以往常常有許多不適當、不必要的資訊一股腦的丟給學生要學生吸收；而本書編彙的課程內容深度則是一位準醫師所該具備的知識，且他也應該具備這種程度。在基礎醫學教育會議極推崇這種以系統為導向的課程，也強調這是基礎科學與臨床醫學間十分重要的聯繫關鍵。

神經系統及其缺陷所造成影響的知識都是建立在神經解剖學知識的基石上，故本書的主要目的就是提供清楚及簡明的人體神經解剖課程，並詳細說明了它的主要功能與神經系統缺損時所造成的影響。本書另一特色就是將神經解剖學與臨床的判定說明相互整合，這證明了神經解剖的知識可幫助了解臨床徵狀並特別強調那些神經解剖區域特別與人

類神經疾病有關。我們也介紹了臨床神經系統病原上大致分類的概念，並與診斷方法相連接，因此就儘可能的將臨床判定與神經解剖學連繫在一起。臨床相關的文字都被圖框所框了出來，而每個章節也都有被框起的摘要。這些做法都是希望讀者很快掌握重點，快速學習。

神經解剖學和臨床醫學對於初入醫學院的學生來說均是新的領域，但研究第一章前言與往後章節的摘要就會對神經解剖學有基本概念，也會為日後臨床上神經學疾病的診斷開啓一扇窗。另外對一些較不熟識臨床上的專用術語，也特別於後列了詞彙表，並解釋其一般代表的意義。再來，當學生們真正進入神經科的訓練，必須不斷增進新知識，並將這些基礎且重要的神經解剖學知識與臨床診斷結合一起，這時可幫助讀者有系統的判別病患疾病構成主因。

A.R. Crossman

D. Neary

西元 1995 年於曼徹斯特

誌謝

(Acknowledgements)

我們十分感謝同仁們的協助，由於你們的幫助本書才得以出版。另外也要感激曼徹斯特大學醫學美術部的 Raymond Evans, Denise Smith 以及 Caroline Wilkinson，由於他們耐心的幫忙才得使抽象的畫面和言詞轉化成圖像，成為本書的插圖。另外，也要感激此單位的主持人 Richard Neave，不但對計劃持續關注並給予建設性的忠告與協助。

本書內容包含許多解剖標本的圖片，這都要感謝大體解剖室技術員 John Davies，他幫助挑選了最適當的標本做為解剖圖的示範版本，而相片的呈現則要謝謝 Tony Bentley 的協助。特別要感謝 Ben Crossman 於影像的藝術以及技術方面的改進。

我們十分感激以下提供掃描圖與另外其它影像的人員：倫敦 Hammersmith 醫院核磁共振影像部門的 DJ Brooks 教授；Newcastle 醫院放射醫學部 PD

Griffiths 教授；曼徹斯特大學放射診斷部 CE Hutchinson 醫師與 A Jackson 教授；蘇黎士腦功能研究所 RA McKinney 博士以及鹽湖城猶他大學醫學院神經生物學暨解剖科 GC Schoenwolf 博士。

對於本書的出版社要特別感謝出版經理 Timothy Horne 以及資深企劃經理 Jim Killgore，由於兩位發揮無限的熱心及耐心，給予專業的指正此書才得以穿過無數關卡而順利印行。

A.R.C.

D.N.

西元 2000 年於曼徹斯特

譯者序

(Preface)

神經解剖學是研究神經系統功能及其結構的一門科學與學問，為基礎醫學與臨床神經科學間的重要橋樑，亦是神經科學、神經學必備的知識。但是神經解剖學的內容十分龐雜（無論是傳入或傳出的神經路徑均非常複雜，往往要經過數個神經的突觸接合，又常常發出其它的神經側枝）一般醫學院的學生也因此感到非常困擾，開玩笑說「神經解剖學」是一門「神才能了解」的課程，即可看出課程的困難性。

作者於書中詳盡的說明神經解剖構造、神經路徑以及功用，配合簡明清晰的簡圖與圖片，以精簡的內容卻又完整的呈現神經解剖學，使閱讀起來是事半功倍，並於每一章節貼心地幫讀者整理出內容中的重點摘要。本書另一大特色就是與臨床上的疾病緊密的結合，特定的神經路徑出現問題，有可能

發生那些疾病，又可能產生那些症狀，均詳細闡明，並加入簡圖說明使人一目了然，使課程與臨床神經科學教育相銜接。書中原文專有名詞翻譯係參照解剖學會出版的『解剖學名詞彙編』，以維持神經解剖名詞的正確性。

感謝合記圖書出版社編輯林小姐的辛勞，協助本書的完成，以及家人的鼓勵，再此一併致謝。

曾廣文
民國九十一年四月

目錄

(Contents)

1.	序論及概述.....	1
2.	神經系統內的細胞.....	33
3.	周邊神經系統.....	37
4.	自主神經系統.....	45
5.	中樞神經系統外覆蓋物.....	49
6.	腦室系統和腦脊髓液.....	55
7.	中樞神經系統的血液供應.....	61
8.	脊髓.....	69
9.	腦幹.....	89
10.	腦神經和腦神經核.....	103
11.	小腦.....	117
12.	視丘（丘腦）.....	125
13.	大腦半球和大腦皮質.....	133
14.	紋狀體.....	151
15.	視覺系統.....	161
16.	下視丘、邊緣系統以及嗅覺系統.....	167
	詞彙表.....	177
	索引.....	181

序論及概述

(Introduction and overview)

神經系統的組成及成份	1
神經元及神經膠細胞	1
中樞及周邊神經系統	2
自主神經系統	3
傳入神經元，傳出神經元及中間神經元	3
灰質與白質，神經核與神經徑	4
感覺及運動神經路徑的交叉	4
中樞神經系統的發育	4
中樞神經系統的解剖學概述	11
覆蓋物及血液供應	11
脊髓解剖學	12
腦部解剖學	14
主要感覺神經路徑	20
主要運動神經路徑	21
基本臨床診斷的原則	24
神經疾病的病因	25
疾病的時間過程變化	29
障礙位置及臨床症狀	29
神經肌肉疾病的研究	29

人類神經系統是進化過程最複雜也最具變化的成就。所有動物的神經系統功能都是在偵測外界和內在環境的變化，而讓肌肉、器官和腺體做出適當的回應。另外，隨著進化程度的升高，所謂的“高等功能”，例如認知、學習、記憶以及最終的自我意識、智力和個性，也都會更為增加。部份神經功能的解剖、生理生化和分子學基礎知識，都已被清楚瞭解，但仍有其它未知之事佔用了數以千計基礎與臨床科學家的專業生命。

神經系統常因遺傳、不正常的發育或疾病的過程中以及外力造成的傷害等因素而受損。對於廣大人民的社會經濟來說，這些神經功能失調上的預防、診斷及治療均十分重要。而了解神經解剖學以及其相關的功能和所引發的功能障礙可做為日後臨床上神經科學發展的基石。

神經系統的組成及成份

(Components and Organisation of the Nervous System)

神經元及神經膠細胞

(Neurones and Neuroglia)

神經系統基本的構造與功能單位即是神經細胞 (nerve cell) 或稱之為神經元 (neurone) (圖 1.1 和 1.2)，在人類，大約估計含有 10^{10} 細胞。神經元的功能為接收並整合由感覺受器 (sensory receptor) 或其他神經元傳入的訊息，並可繼續傳送到其它神經元或其調控的器官，而神經元則為高度特化的細胞以有能力執行這些功能。每個神經元都有包覆於外的細胞膜。突觸 (Synapses) 為相鄰神經元訊息傳入的位置，而在此構造，相鄰神經元的細胞膜也靠的非常近 (圖 1.1)。

神經元在神經系統不同的位置會有不同的形狀及大小上的差異，但仍有一些共同的特質。單一細胞體可分出數個分枝突起，大部分突起的功能若為接收訊息，則稱為樹突 (dendrites)。神經元突起有時數以千計，藉由突觸的專長可接收與它接觸的細胞所傳遞的訊息，因而感覺神經元的樹突藉此可偵測到外在或內在環境的改變。在離開細胞本體的突起中，有一個稱之為軸突 (axon) 或叫作神經纖維 (nerve fibre) 藉由它可將訊息帶離細胞體，軸突的長度並不一定，而所攜帶的訊息，也可藉由它的分枝

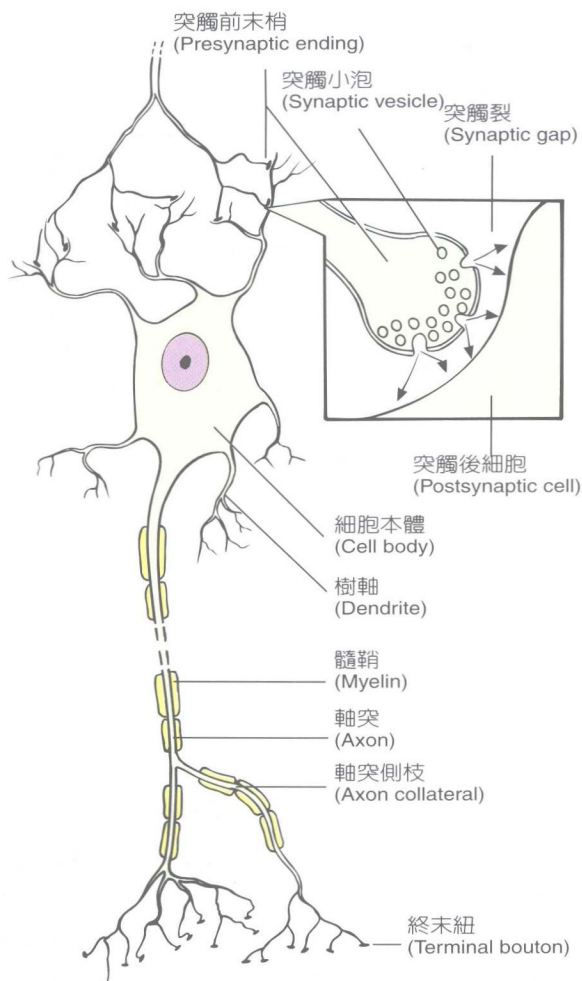


圖 1.1 簡圖說明神經元和突觸的基本構造。

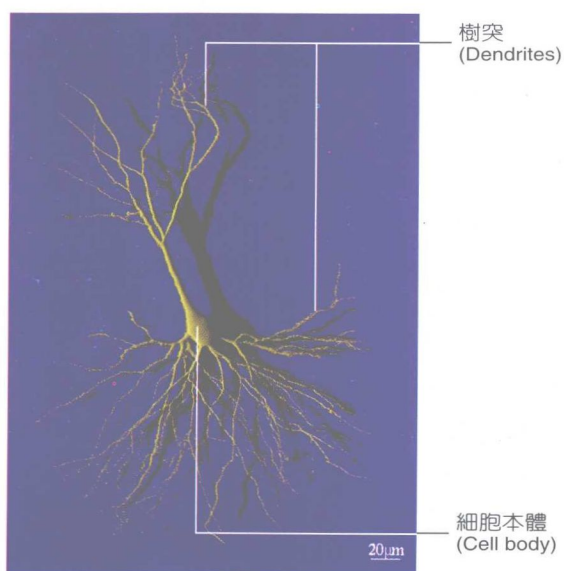


圖 1.2 利用雷射共軛焦掃描顯微鏡所呈現腦部海馬回位置神經元的 3D 立體影像。其中由神經元基部發出的突起即為軸突。
(Courtesy of Dr. R. A. McKinney, Brian Research Institute, Zurich, Switzerland.)

或側枝 (collaterals)，同時傳遞到數個不同目的地。在軸突的末端，有特化的構造發生，稱之為終末紐 (terminal boutons)，訊息即是在此處傳遞到其它神經元的樹突。

在神經元中，訊息密碼是轉成電位能傳送。神經元處於休息時，膜上的靜止電位（休息電位 (resting potential)）為 60 至 70 毫伏特，而膜內電位低於膜外。當神經元受到的刺激或興奮超過閾值時，膜內外的電位極性則會因而短暫的改變，稱之為動作電位 (action potential)。動作電位會沿著軸突向下傳送到神經末梢。但在神經元與神經元間的訊息傳遞並不是靠電子傳遞，幾乎全是藉由化學物質充當訊息傳遞物質。當動作電位傳到神經末梢後，儲存於突觸前末梢內的突觸小泡 (synaptic vesicles) 則會被釋放出來。這些釋放出的化學物質即是神經傳導物質 (neurotransmitters)，會擴散於突觸前膜與突觸後膜間的狹小突觸裂中，並再與突觸後細胞的接受體 (receptors) 接合，誘使細胞膜的電位改變。這個變化也許可造成細胞膜的去極化，因而超過閾值產生動作電位；或造成過極化，而因此使細胞處於更穩定狀態。

神經膠細胞 (neuroglial cells; glia)，是神經系統中除了神經元外主要的細胞，其數量遠勝於神經元。神經膠細胞並不像神經元在訊息傳遞扮演一個直接的角色，但它在神經元維持正常功能的作用上，為重要輔助角色。神經膠細胞可大致分為三種：

- 寡樹突神經膠細胞 (oligodendrocyte) 或寡樹突神經膠 (oligodendroglia) 圍繞在神經元軸突外形成髓鞘 (myelin sheath) (圖 1.1)，可增加動作電位傳導速度。
- 星狀細胞 (astrocytes) 在腦部及脊髓內，會在循環系統與神經元間形成選擇性通透的屏障。此即所謂的“血—腦障壁” (blood-brain barrier)，具有保護的功能。
- 小神經膠細胞 (microglia) 當神經系統受傷時，擁有吞噬作用的功能。

中樞神經系統和周邊神經系統 (Central and Peripheral Nervous Systems)

神經系統 (圖 1.3) 可分為中樞神經系統 (CNS) 與周邊神經系統。中樞神經系統包括腦及脊髓，位於具保護功能的頭骨及脊椎中。中樞神經系統是神經系統最複雜的部份，它主要包含有細胞本體以及突觸接合的部份。周邊神經系統構成了身體周邊接收感覺訊息和傳遞操控運動等功能的神經衝動，並且與

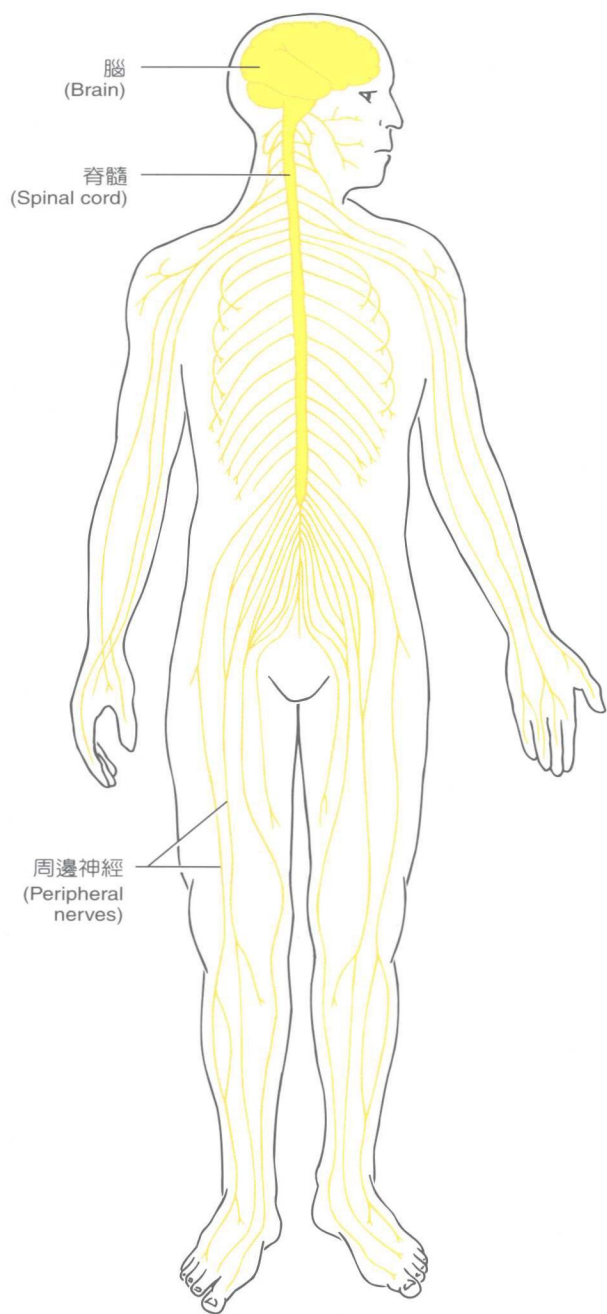


圖 1.3 中樞和周邊神經系統。

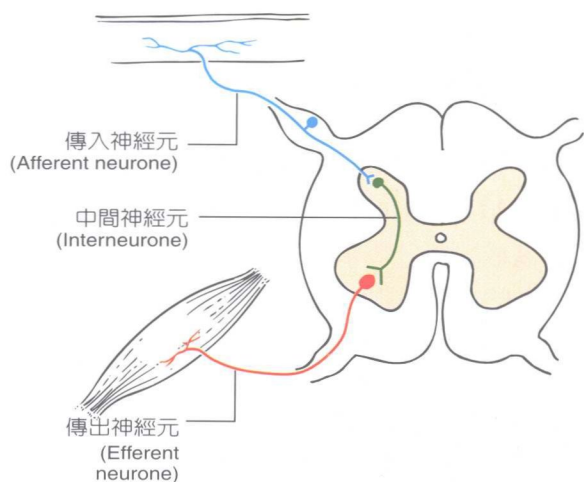


圖 1.4 傳入、傳出和中間神經元範例。

自主神經系統 (Autonomic Nervous System)

自主神經系統的神經元可測知臟器的改變，並參與臟器的調控。在周邊及中樞神經系統中均有自主神經的參與，它依解剖位置及功能上的不同區分為交感神經 (sympathetic) 及副交感神經 (parasympathetic) 兩部分。基本上，於相同的構造上兩者神經支配產生的作用往往是相反的。在平滑肌、心肌與分泌性腺體均有自主神經的神經支配，而這些神經支配對於維持身體內在環境的恆定為相當重要的因素。

傳入神經元、傳出神經元和中間神經元 (Afferent Neurones, Efferent Neurones and Inter-neurones)

傳入神經元 (afferent neurone) (圖 1.4) 即是將訊息由周邊接受體傳向中樞神經系統的神經細胞。如果他所傳遞的訊息是可讓我們產生認知的，這種神經細胞稱為感覺神經元 (sensory neurone)。而傳出神經元 (efferent neurone) 可將神經衝動由中樞神經系統傳出，若它是支配骨骼肌可使身體活動，則稱運動神經元 (motor neurone)。而中間神經元 (interneurones) 則是位於中樞神經系統中數目非常多的神經細胞，中間神經元為較常用稱法，有時也被稱為轉播神經元 (relay neurone)。“傳入”和“傳出”這個名詞一般是指由傳入中樞神經或由中樞投射出，然而這些名詞在腦或脊髓中的神經投射亦可用。例如神經投射入大腦皮質或由大腦皮質投射出，則分別認為是大腦皮質的傳入神經纖維或傳出神經纖維。

中樞神經系統連接。周邊神經系統包含了與腦和脊髓連接的神經（腦神經與脊神經），而它的細胞體的部份則會聚集在一起，此構造稱之為神經節 (ganglia)。

灰質與白質，神經核與神經徑

(Grey and White Matter, Nuclei and Tracts)

中樞神經系統因神經細胞體與它的神經路徑的分佈範圍極廣，為一個非常複雜的構造（圖 1.5）。有些區域神經細胞體相對較多（如脊髓中間位置、大腦半球表面區域）稱之為灰質 (grey matter)，其它的位置含有較多的神經纖維（通常是軸突），而這些神經纖維通常是有髓鞘（外纏有髓鞘）而顏色較淡—因此稱為白質 (white matter)。

在解剖構造上有相同功能的神經細胞（例如一群相關的肌肉常會被聚集一群的運動神經元共同支配）會聚集在一起，稱為神經核 (nuclei)。同樣的，連結相同與功相同的神經纖維也會有聚在一塊，形成相同路徑或神經徑 (tracts)（圖 1.5 和 1.20 下部）。

感覺及運動神經路徑的交叉

(Decussation of Sensory and Motor Pathways)

對於中樞神經來說，神經纖維的交叉 (decussate) 是十分重要的，它可將感覺訊息由一側的中樞神經系統傳送讓對側（大腦半球）而產生意識。由大腦半

球控制運動的下行神經路徑也是一樣。所以大腦所接收的感覺訊息與控制運動的神經衝動均是由身體對側傳入或控制身體對側的運動功能。

中樞神經系統的發育

(Development of the Central Nervous System)

在人類胚胎發育的最初二個星期，三個胚層細胞已經分化完成，分別是：外胚層 (ectoderm)、中胚層 (mesoderm) 與內胚層 (endoderm)。這三個胚層後來分別發展成不同組織與器官。外胚層發育成皮膚與神經系統，中胚層形成骨骼、肌肉以及結締組織，而內胚層則形成消化、呼吸和泌尿生殖系統。在胚胎發育的第三個星期，外胚層背面中央的位置會增厚形成神經板 (neural plate)（圖 1.6 和 1.7）。不久，神經板縱軸的兩側邊緣漸漸隆起，形成神經褶 (neural fold)，而神經褶日後中央漸漸凹陷形成神經溝 (neural groove)。後來神經褶隆起並融合，使的神經溝被密封起來，形成神經管 (neural tube)。一些由神經褶頂端來的細胞會聚成一群群分布在神經管的

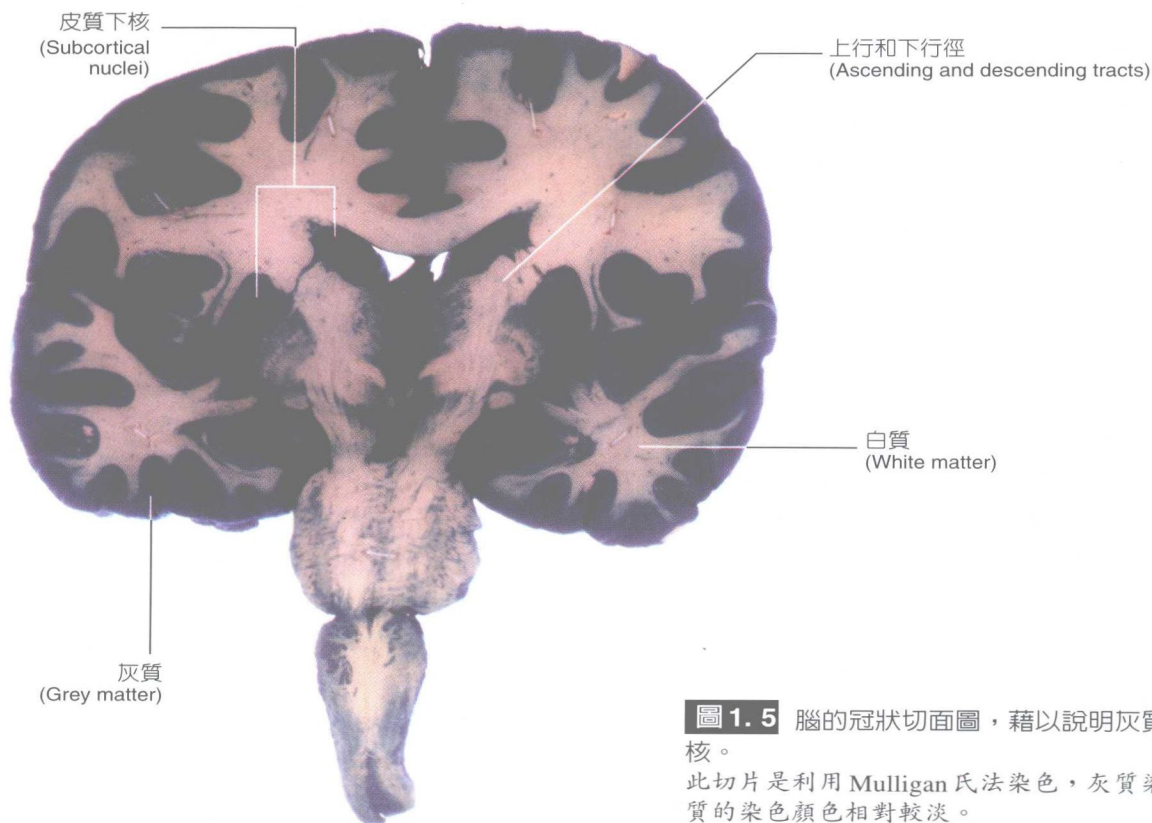


圖 1.5 腦的冠狀切面圖，藉以說明灰質、白質及神經核。

此切片是利用 Mulligan 氏法染色，灰質染成藍色，而白質的染色顏色相對較淡。

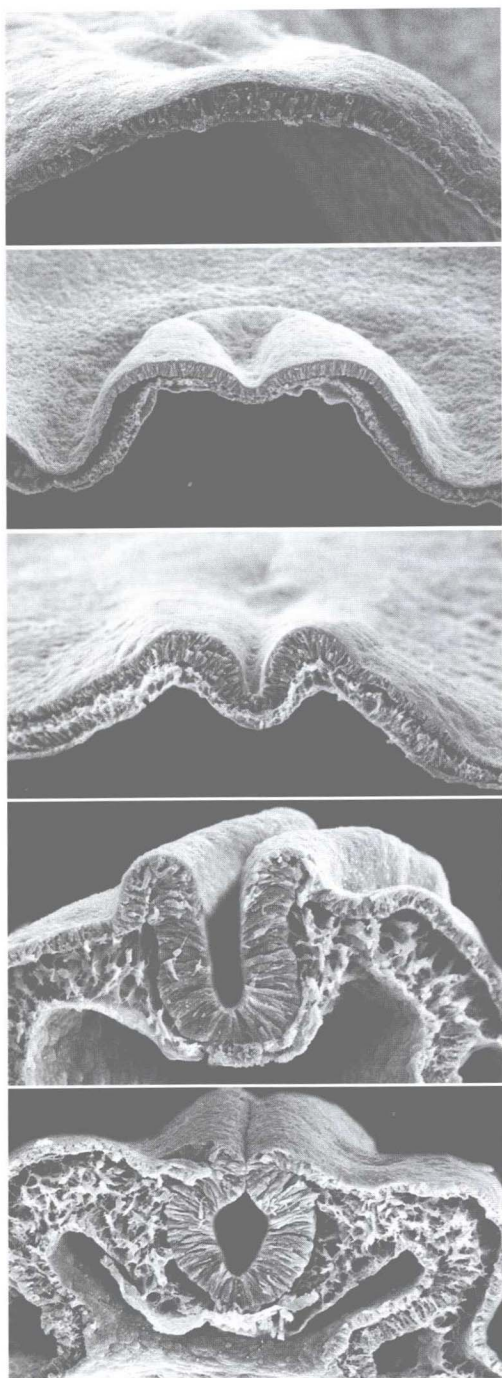


圖 1.6 利用掃描式電子顯微鏡觀察到雞胚外胚層形成神經管連續過程的橫切面圖（由上而下）。（ $\times 140$ ）。
(Courtesy of Dr G. C. Schoenwolf Department of Neurobiology and Anatomy, University of Utah School of Medicine, Salt Lake City, USA.)

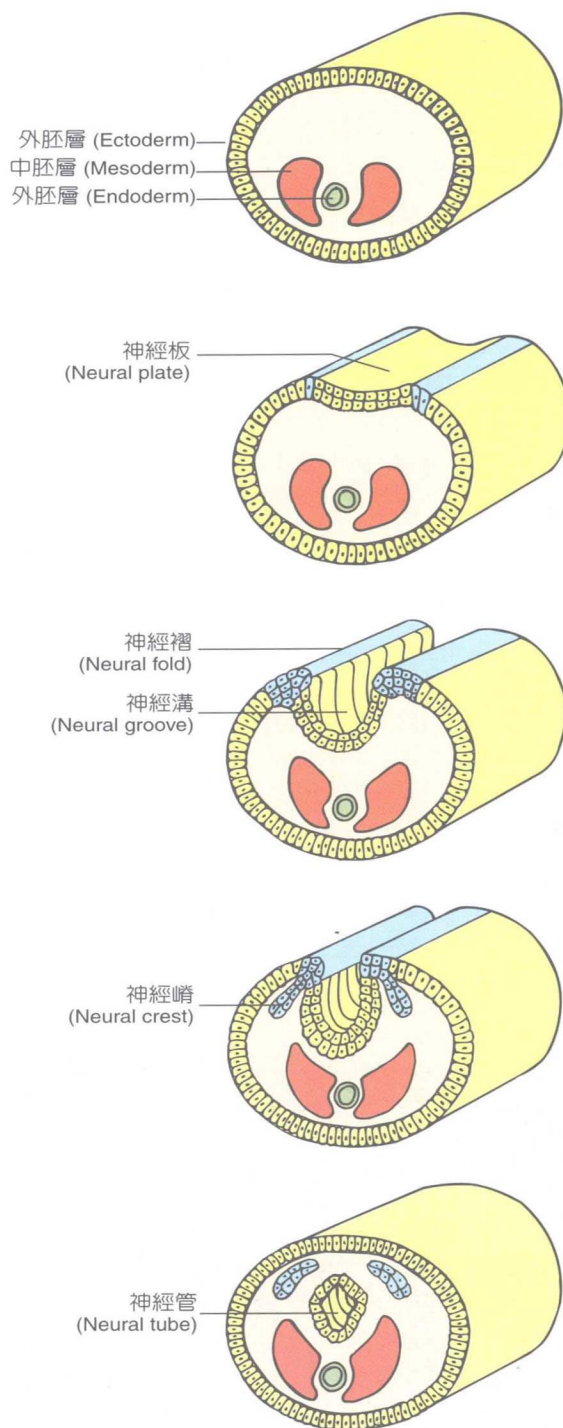


圖 1.7 以圖示重現胚胎外胚層形式神經管的過程。

背面兩側，這些則是所謂神經嵴 (*neural crest*)。而神經管形成的過程會在胚胎發育約四週半完成。

神經管在轉變成成熟的中樞神經系統時，會快速成長、變形同時會發生細胞分化現象。吻端會變的最大而形成腦部，而腦部後側則是形成脊髓。在神經管中所形成的空腔，日後就形成脊髓的中央管

神經系統的組成及成份 (Components and organisation of the nervous system)

- 神經系統的構造與功能單位為神經細胞或稱為神經元。神經元的靜止膜電位約為 70mV。
- 神經元是利用樹突接收訊息，接著細胞體利用軸突以動作電位的方式將訊息再傳出。
- 神經元藉由位於突觸的突觸前末梢 (*presynaptic terminals*) 內的訊息傳遞物質的釋放來達到訊息傳遞的作用，突觸後細胞的突觸後細胞膜上的接受體與訊息傳遞物質接合後，造成突觸後細胞的去極化或過極化現象。
- 神經膠細胞的數量遠較神經元多，但它並不直接參與訊息傳遞的過程。
- 寡樹突神經膠細胞 (*oligodendrocyte*) 可在位於中樞神經系統的軸突外圍形成髓鞘，並因而可增加訊息傳遞的速度。
- 星狀細胞 (*astrocyte*) 可形成血－腦障壁 (*Blood-brain barrier*)。
- 小神經膠細胞 (*microglia*) 在神經系統受到傷害時可扮演巨噬細胞的功能。
- 神經系統分為中樞以及周邊神經系統。中樞神經系包含腦及脊髓；周邊神經系統則包括了腦神經、脊神經和它們所發出的分枝。
- 自主神經系統的神經可支配臟器，並對維持身體內在環境的恆定十分重要。
- 對中樞神經系統而言，個別的神經元可分成傳入、傳出，或中間神經元。
- 在中樞神經內，可由神經細胞體或神經纖維數量上相對的多寡區別成所謂的灰質 (*grey matter*) 或白質 (*white matter*)。
- 有相同功能的神經細胞體會聚集一起，稱為神經核 (*nuclei*)。
- 藉由神經纖維所形成的神經徑 (*tract*)，可與遠端區域連結。
- 基本上，上行的感覺徑與下行的運動徑會在中樞神經系統中進行交叉，所以大腦半球是與身體對側的功能相連接。

(*central canal*) 與腦的腦室。同時神經嵴也會衍化成脊髓的感覺神經節 (*sensory ganglia*)、腦神經 (*cranial nerve*) 及以自主神經神經節 (*autonomic ganglia*)。

接下來發育的過程，限溝 (*sulcus limitans*) 所形成的縱走將胚胎的脊髓和腦後部的內壁分隔為背、腹側 (圖 1.8A)。翼板 (*alar plate*) 為群聚於背部的細胞構成的，腹部所聚集的細胞則稱為基板 (*basal plate*)。位於翼板中發育而成的神經細胞明顯會有感覺的功能，而基板細胞則有運動功能。而未來的發育也會完成灰質與白質的分化。灰質位於中央且包圍著中央管，而白質則包圍在最外層。在後來發育完成後的脊髓，一樣可輕易辨識發育的形態 (圖 1.8B)。

神經管的吻端，在胚胎發育的期間經由驟烈的分化及成長會形成腦的構造 (圖 1.9)。在大約第五周會出現三個初級腦泡 (*primary brain vesicles*)，分別是：前腦 (*prosencephalon*, forebrain)，中腦 (*mesencephalon*, midbrain)、及菱形腦 (*rhombencephalon*, hindbrain)。中樞神經系統的縱軸或腦脊髓軸 (*neuraxis*) 並非都是直的，在中腦與菱形腦的交界處會形成中腦或稱之為頭彎 (*midbrain or cephalic flexure*)；而在腦及脊髓交界處則有頸彎 (*cervical flexure*)。

約在 7 周時，前腦會再分化成終腦 (*telencephalon*) 與間腦 (*diencephalon*)，菱形腦則又分化

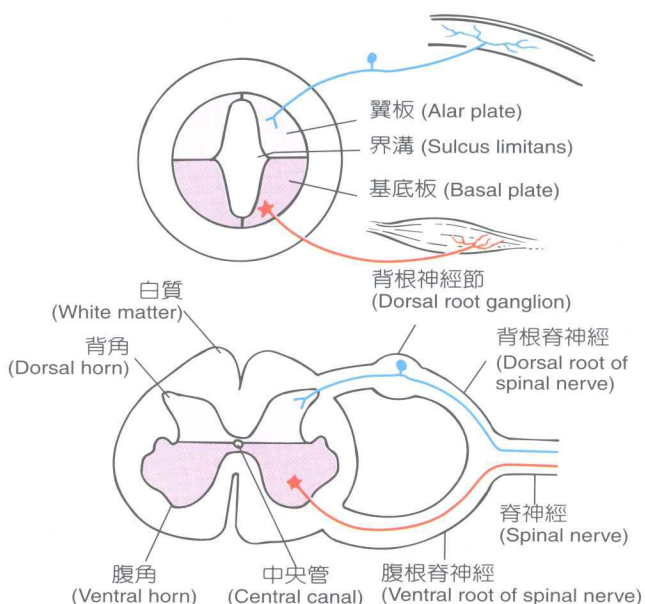


圖 1.8 (A) 發育中的神經管，以及 (B) 成熟的脊髓神經元與周邊構造之聯繫（週邊構造的神經元連繫插圖中只繪出一側）。

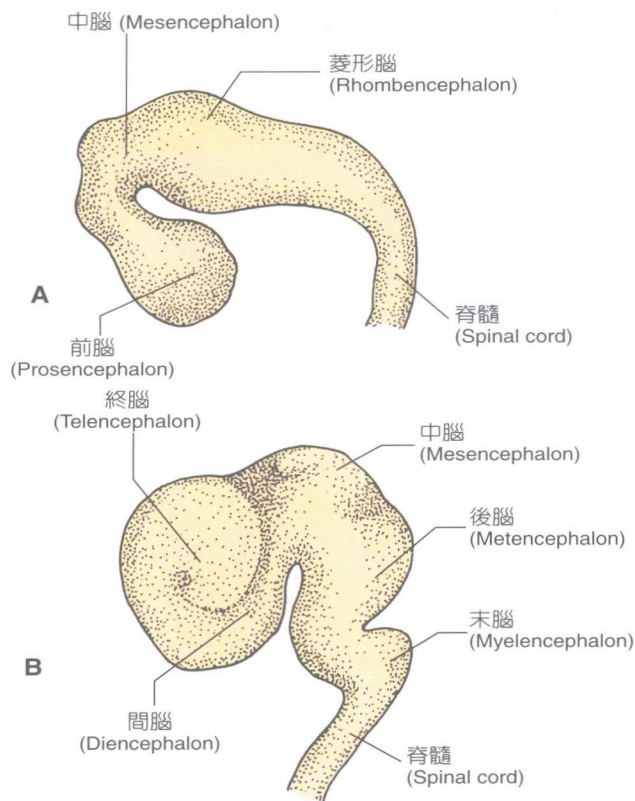


圖 1.9 早期腦的發育 (A) 約 4-5 週的初級腦泡 (B) 約 7-8 週的次級腦泡。

為後腦 (metencephalon) 及末腦 (myelecephalon)，於是此時共有 5 個腦泡形成。在後腦和末腦間又會形成另個彎曲，稱為橋腦彎 (pontine flexure)。

在胚胎學上，腦的一些分類的名稱是記錄它的用途，而對於腦的發育，這些名稱對於相對應將會形成那個腦區的了解十分有幫助（表 1.1）。在三個腦泡期間，前腦明顯較大，會發展成大腦 (cere-



不正常的發育 (Developmental anomalies)

當發育不正常時會造成腦和脊髓的組成構造混亂。因為神經系統是由胚胎外胎層所衍化而來，當外胚層發育不正常時，覆蓋在神經系統上的骨骼及皮膚也會異常。在無腦畸形 (anencephaly)，腦及頭骨都很小，通常這種疾病的胎兒都無法存活；而脊柱裂 (spina bifida) 胎兒，腰薦區的脊髓及神經根均未分化完全。而脊髓膨出症 (meringo-myelocoele) 為脊柱裂中一種，其甚至背部並無皮膚和脊椎覆蓋住而造成脊髓突起，患有這種疾病的嬰兒行為會產生困難、癱瘓，並伴隨大小便失禁的症狀。

brum)。在大腦內的終腦未來會發育成左右兩個大腦半球 (cerebral hemispheres)。大腦半球的外層為灰質，亦稱為大腦皮質 (the cerebral cortex)，白質則被灰質包在裡面，而白質內埋有許多核區，紋狀體 (corpus striatum) 則為白質內最大的核區。間腦會形成丘腦 (thalamus) 的絕大部分，內含有許多會與大腦皮質連接的細胞群。中腦相對較不會分化（它仍然保持像灰質包圍住類似中央管的管腔）。後腦則會發育成橋腦 (pons) 及小腦 (cerebellum)，而末腦會形成延腦 (medulla oblongata, medulla)。延腦、橋腦和中腦三者則合稱腦幹 (brain stem)（圖 1.10）。

在腦發育的時候，腦內空腔的形狀和大小也會隨之改變，形成內含腦脊髓液 (cerebrospinal fluid, CSF) 的腦室 (ventricles) 系統（圖 1.10）。

在由低等進化成高等的動物，腦的長軸在胚胎發育時期明顯增長，且有顯著改變。這樣說或有許過於簡化，但有了這個概念更容易介紹腦的一些重要部分與相互間關係，而圖像化更易於記憶（圖 1.10）。

表 1.1 腦的胚胎發育

初級腦泡	次級腦泡	成熟腦
前腦	終腦	大腦半球
	間腦	丘腦
中腦	中腦	中腦
	後腦	橋腦，小腦
	末腦	延腦

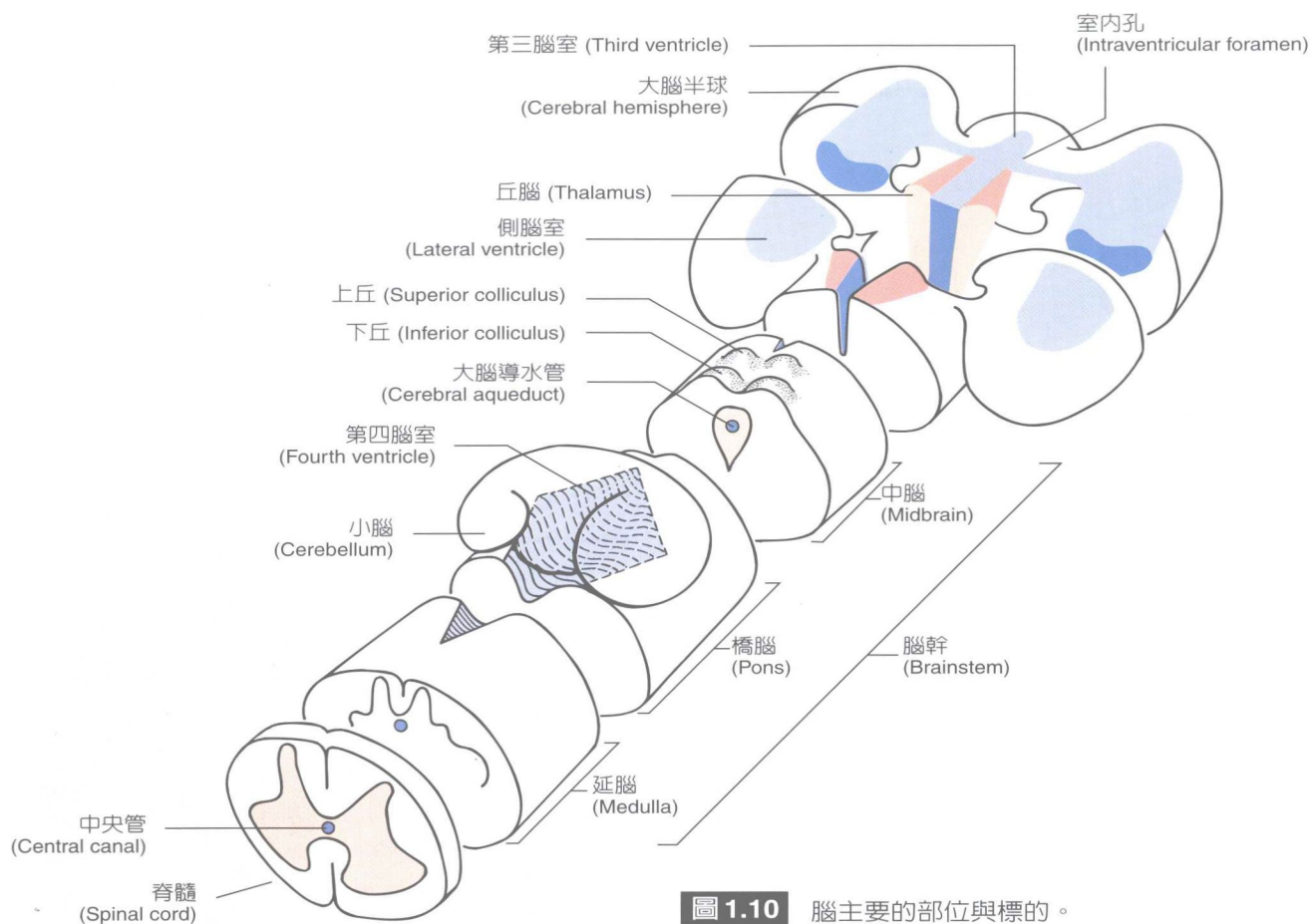


圖 1.10 腦主要的部位與標的。

最原始的脊索動物（例如文昌魚），它除了有脊柱外，它也有較哺乳類動物胚胎發育期神經管更原始的背側神經管脊 (dorsal tubular nerve cord)。在物種進化時，這管狀神經構造的吻端會經歷變異，雖因如此，發育完成的人腦仍與原始動物有些部分相似。

腦的進化中，腦區的特化十分重要，特別是關於感覺及運動的控制。因此長久以來進化的重心均擺在這些功能的增進，也因此造成原本簡單的管狀腦部背側變的膨大凸出（圖 1.10）。在外形上，神經細胞體所形成的皮質，包在神經纖維外。腦在中線兩側會分別形成凸起，主要是增進嗅覺、視覺及聽覺的功能，而中間則會加強前庭功能的連結及保持平衡，維持身體運動的協調，這些重心或許會因進化而改變，但嗅覺部分在大腦半球吻端所形成凸起仍是最有力的證明（圖 1.11 和圖 1.12）。前腦經過此過程，所形成的大腦半球許多區域都有個別腦的功能。例如最高等的知覺與所有主要感覺的交聯均位在大腦半球皮質的部位，而高等的控制運動功能亦

是如此。這也反應了一個事實，那就是與嗅覺直接有關的區域只佔成熟人類大腦皮質一小部分。

在前腦形成的過程，其它功能的區域會緊鄰大腦半球，並相互連繫作用。舉例來說，視覺和聽覺均相對較為發達並更為自主性，並於人腦上產生反射功能，那就是在中腦背面有 4 個小的隆起物，稱之為四疊體 (*corpora quadrigemina*) 或可分為上丘 (*superior colliculi*) 和下丘 (*inferior colliculi*)（圖 1.10 和 1.12）。在靠近大腦尾端的運動中心發育成小腦（圖 1.10 至 1.12），並有維持運動平衡及協調的重要角色。

圖 1.11 大腦不同方位的圖片。(A) 側面；(B) 正中矢狀切面；(C) 背面；(D) 腹面。

