

11th



Hour

神經科學 半日通

Introduction to
Neuroscience

作者

Gary G. Matthews

譯者

張晉詮

長庚大學醫學士

b

Blackwell Science



合記圖書出版社 發行

11th



Hour

神經科學 半日通

Introduction to
Neuroscience

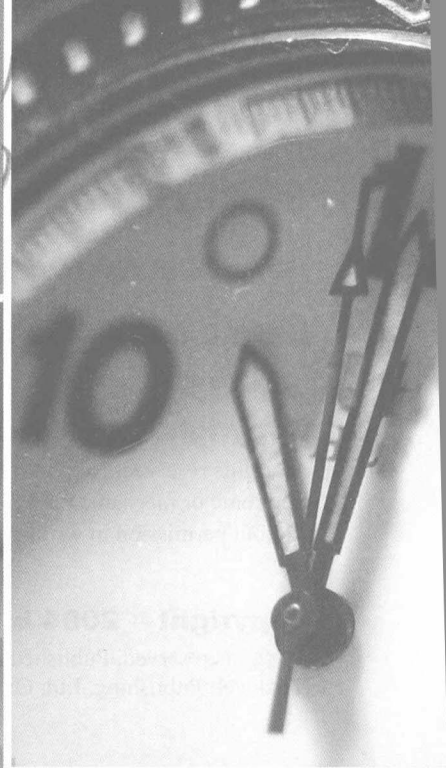
作者

Gary G. Matthews

譯者

張晉詮

長庚大學醫學士



b

Blackwell Science



合記圖書出版社 發行

神經科學半日通 / Gary G. Matthews 原著；
張晉詮譯。－初版。－臺北市：合記，
2004[民 93]

面；公分

譯自：11th Hour Introduction to Neuroscience

ISBN 986-126-124-9(平裝)

1. 生理學(人體) 2. 神經系

398.9

93011532

書名 神經科學半日通
編譯 張晉詮
執行編輯 王雪莉
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
網址 <http://www.hochi.com.tw/>

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
花蓮店 花蓮市(970)中山路 632 號
電話 (03)8463459

郵政劃撥 帳號 19197512 戶名 合記書局有限公司

西元 2004 年 9 月 10 日 初版一刷

神經科學半日通 十一小時 邁向成功

這十一小時系列叢書是針對當你覺得教科書沒有意義、課程內容艱難、或你想要在此課程中獲得較好的成績時使用。它在課程的一開始到結束都可以使用，或是用於為準備考試而死記硬背時。教課的教授們及唸過此書的學生們都覺得這正是你所需的一套教材。此教材內容流暢可使你的心智保持主動性的學習，此構想是要讓你輕易入門、得到你所必須知道的，然後幫助你瞭解它。

學習基礎：我們告訴你什麼資訊你必須要先知道來瞭解這個主題，接著你可以複習或運用這些固有的觀念來克服新的教材。

要點：我們會強調每個主題的重點把它們用問題形式表達以增加主動學習。

主題測驗：在每個主題之後，我們會緊接著一個簡短的測驗來再次強調此主題，如此一來將可幫助你作真正的準備。

答案：答案緊接在測驗之後，而且更進一步地，我們有解釋答案（再一次地強調）。

臨床關聯或運用：這將幫你瞭解學術上的主題，當它們被表現於臨床狀況或每日的真實世界中。我們在每個章節後面都會提供一個這樣的關聯。

展現問題：一些科學的主題牽涉許多問題的解決，如果這些問題對學習是有助益的，我們採取一步一步的解釋來展現典型的問題。

章節測驗：為了再次加強印象，在每一章節結束後會有一個包含所有主題的測驗。問題包括簡論、選擇題、簡答題和是非題，來給你許多練習和一個最容易再加強印象的機會，而答案將提供在測驗之後。

驗收學習成果：在每個章節測驗後，我們提供一個自我表現的檢測來幫助你發現不足之處，然後你將可以知道是否有些地方要再多看一次。

模擬期中考和期末考：練習造就完美，所以我們給你許多的機會來戰勝那些測驗。

網路連結：當你看到這個標誌  表示作者在網頁上放了一些與內容有關的東西，它可能是一個注意或一個提示，一個圖解或只是單純的解釋。你可以經由 <http://www.blackwellscience.com> 進入正確的網頁，然後點選此書的標題。

全部的複習導引設計，是使你主動地瞭解內容；你將快速得到你所需要的並且毫不費力地加強它。只不過遺憾的是，我們並不能幫你考試！

► 優勝祕訣

善用此書的祕訣

- 如果時間匆促，可先從相關的期中、期末的模擬評量部分著手，並從測驗結果來集中複習章節中更為詳細的觀念。
- 利用每章附有的「本章測驗」與「驗收學習成果」，引導你集中複習所需要的主題。
- 你所修的課程，其列出的主題順序或許與此自修書的列出順序不同。可從課程表中所列出各堂課的主題，當作尋找相關章節的參考。如果你還是不知道該如何找出相關的地方，可要求該課的老師或助教來幫你。
- 在主題測驗的解答部分，其答案解釋是最佳的複習工具，可幫助你看出該特別努力的地方。其問答題解釋方式的範例，讓你知道該如何書寫所謂簡明不失完整的答案。
- 善用網址中的教材。

應考祕訣

- 如果不知道該題的答案，可先跳到下一題，稍後再回頭做做看。
- 作選擇題時，每讀一個選項可在旁標明你認為是正確或有誤的。第一印象常會是你要的答案。
- 假如選擇題中，有「以上皆是」的選項，可檢查看看其他選項是否有不一致的地方。如果你發現其中有二個選項內容彼此衝突，那麼「以上皆是」就不可能成立了。
- 假如該課老師不會倒扣錯誤答案的分數，當你不曉得是非題或選擇題答案時，不妨就猜猜看。
- 除了文字以外，也可加入圖表及方程式來作答問答題。然而，對於針對的題目切勿加入不必要的回答。
- 在問答題中，即使你無法回得完整，也要寫下你就該主題所了解的部分。你通常會因一部分的答案而得到一部分的分數。
- 在問答題與簡答題中，書面的整潔是很重要的。不妨用尖頭鉛筆和品質好的橡皮擦。

學習祕訣

- 找出你的老師是否有過去幾年來的考古題。古考題是你個人最佳的學習教材。確定你真的了解正確與錯誤的答案，並留意題型與內容。
- 善用課堂指導、課餘討論、以及複習課程等。
- 閱讀教科書時，特別留意課堂上講過的地方。鮮有教師會耗費課堂時間在無關緊要的內容上。
- 當你閱讀課堂筆記或教科書時，試另外作筆記列出重要觀念與看到的式子。寫下來的目的是為了強調重點，可在考試前複習。

作者前言

每一章包含了二到三個主題，每一個主題皆由裡頭會探討以及多所著墨的幾個問題和概念所導引出來。然而，每個主題的重點所在則是「主題測驗」，這測驗有幾個目的。首先，主題測驗點出了主題內需要多加強的地方；第二，主題測驗的問題有時候需要更多沒有陳述在課文裡的訊息，這是爲了要讓讀者獲得關於主題的整體知識，而非只是剛剛讀過的片段記憶；第三，我不但提供了主題測驗的解答，還進一步在解答裡列出詳細的解釋，當然囉，這些解釋同時也有教學的功能，而另一方面也讓同學們練習在測驗的問題語句、以及回答該問題所需的相關訊息之間作一個連結。

每一章最後則用一個涵蓋了本章內容的整體測驗來做一個結束，也就是包含了該章節及主題測驗裡頭所有的概念。本章測驗的目的是爲了讓學生在完成了主題測驗以及章節內容之後，有第二次練習的機會，後頭當然也附了解答。每一個本章測驗最少都包含了一題簡論題，而這簡論的答案又再一次地可當作教學的工具，也提供有關專業的神經學研究者如何回答問題的模式。

三個附加的測驗則在本書裡模擬了期中考以及期末考。第一個期中考包含了第一到十章、第二個期中考包含了第十一到二十章，而最後的期末考則包含了本書所有二十章的內容。這些測驗提供學生另一個機會來抓出知識的漏洞，而且可以有效地複習先前所學。

在我的課堂上，學生們常常問到何處可以找到有關神經科學特定領域的回顧文章。神經科學是一門快速發展的領域，因而對於學生們學習如何能找到最新的回顧，來幫助他們跟上新知的腳步是相當重要的。爲達這一目的，最佳的資源可能是美國國家醫學圖書館裡的PubMed網頁（www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed），「進階搜尋」的選項有助於縮小並侷限訊息搜尋的寬度與廣度，大多數文章的摘要也可以立即取得，而進一步連結看到文章全文的功能也越來越普及。我同時也強烈建議 Annual Review of Neuroscience 一書，這是一本涵蓋了神經科學裡各廣泛主題的年度回顧文章總收集。

我要感謝校閱者對於提升這本學習導引的呈現與涵蓋內容所提出的大量建言。神經科學是一門廣泛的訓練，而關於本書所涵蓋內容加入其他人的看法與觀點是相當重要的——不管來自於施教者或受教者。特別要感謝的是校閱的學生們，畢竟，這本書是要幫助有志學習神經科學的學生們，而他們的意見對我而言是相當珍貴的。這些校閱者包括了 Wendy I. Bramlett, Sweet Briar College; Daniel M. Chandler, Amherst College; Patsy Dickinson, Bowdoin; Stephen George, Amherst College; Suzanne Giordano, Cedar Crest College; W. R. Klemm, Texas A&M University; Meghna Misra, Amherst College; James A. Murray, Colby College; Stefan Pulver, Colby College; Janice Naegele, Wesleyan University；以及 David Stoney, The Medical College of Georgia。

目錄

十一小時邁向成功	iii
成功秘訣	iv
作者前言	v

單元 壹

ORGANIZATION OF THE NERVOUS SYSTEM

1. 脊椎動物的神經系統 (The Vertebrate Nervous System)	3
2. 脊椎動物神經系統的發育 (Development of the Vertebrate Nervous System) ..	12

單元 貳

ELECTRICAL PROPERTIES OF NERVE CELLS

3. 細胞膜電位的起源 (Origin of Electrical Membrane Potential)	25
4. 動作電位 (The Action Potential)	35
5. 突觸的傳遞 (Synaptic Transmission)	44

單元 參

SENSORY SYSTEMS

6. 感覺系統的共通特性 (General Characteristics of Sensory Systems)	57
7. 體感覺 (The Somatic Senses)	66

8. 視覺系統 (The Visual System)	81
9. 聽覺系統 (The Auditory System)	95
10. 化學感受 (Chemical Senses)	105

 第一次期中考 (First Midterm)	115
--	-----

單元 肆

運動控制系統

MOTOR CONTROL SYSTEMS

11. 肌肉收縮的神經控制 (Neural Control of Muscle Contraction)	121
12. 脊髓的運動機制 (Spinal Cord Motor Mechanisms)	132
13. 腦內運動機制 (Brain Motor Mechanisms)	144
14. 自主神經系統 (The Autonomic Nervous System)	154
15. 感覺訊息轉換成運動信號 (Translating Sensory Information into Motor Signals)	163

單元 伍

高階神經功能

HIGHER NEURAL FUNCTIONS

16. 邊緣系統：恆定、動機和情緒 (The Limbic System: Homeostasis, Motivation, and Emotion)	175
17. 語言和認知 (Language and Cognition)	184
18. 學習和記憶 (Learning and Memory)	193

單元 陸

分子神經科學

MOLECULAR NEUROSCIENCE

19. 神經發育的分子概念 (Molecular Aspects of Neural Developments)	205
20. 以基因與分子生物學探討神經系統 (Genetic and Molecular Biological Approaches to the Nervous System)	215

 第二次期中考 (Second Midterm Exam)	223
--	-----

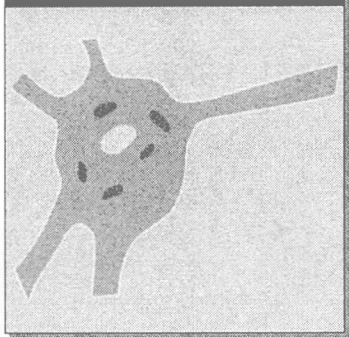
 期末考 (Final Exam)	227
--	-----

單元一

神經系統的組成

*ORGANIZATION OF THE NERVOUS
SYSTEM*

第 1 章



脊椎動物的神經系統

(The Vertebrate Nervous System)

神經系統可以細分為中樞神經系統 (central nervous system, CNS) 以及周邊神經系統 (peripheral nervous system, PNS) (圖 1.1)。周邊神經系統大部分是攜帶感覺訊息進入中樞神經系統以及來自中樞神經系統的運動命令的神經；而中樞神經系統由腦 (brain) 和脊髓 (spinal cord) 組成，它們包含了神經系統中大部分的神經細胞（神經元）；雖然在周邊神經系也可以見到神經元的聚集，這樣的聚集叫做神經節 (ganglia，單數 ganglion)。攜帶有關身體或環境的感覺訊息的神經元稱為感覺神經元 (sensory neuron)，而運動神經元 (motor neuron) 則是攜帶神經系統的訊息與目標物（例如肌肉）接觸。

學習基礎

- 脊椎動物的一般解剖知識 (General anatomy of vertebrates)
- 脊椎的分柱和分節 (Vertebral column and vertebral segments)

主題 1 周邊神經系統

(THE PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM)

要點 (Key points)

- 周邊神經系統可分為哪兩部分？
- 這兩部分的運動神經元位於何處？
- 運動神經元使用何種神經傳導物質？

周邊神經系統可以分為兩部分：體神經系統 (somatic nervous system) 和自主神經系統 (autonomic nervous system)。

體神經系統的運動神經元接觸骨骼肌細胞；而自主神經的運動神經元則控制腺體細胞、心肌細胞、以及平滑肌細胞。在體神經系統中，運動神經元的細胞本體位於中樞神經系統內（脊髓或腦幹中）；自主神經系統的運動神經元細胞本體則位於中樞神經系之外，是在佈滿全身的自主神經節裡頭，自主神經節受到位於脊髓或腦幹內的節前神經元 (preganglionic neuron) 所控制。

自主神經系統可再分為兩部分：交感神經 (sympathetic) 及副交感神經 (parasympathetic) 系統。交感神經系的運動神經元位於脊柱兩旁平行的脊柱旁神經節 (paravertebral ganglia，或稱交感神經鍊，sympathetic chain) 內，每一對神經節有其對應的脊椎，或者位於腹部的椎前神經節 (prevertebral ganglia) 內。副交感神經節

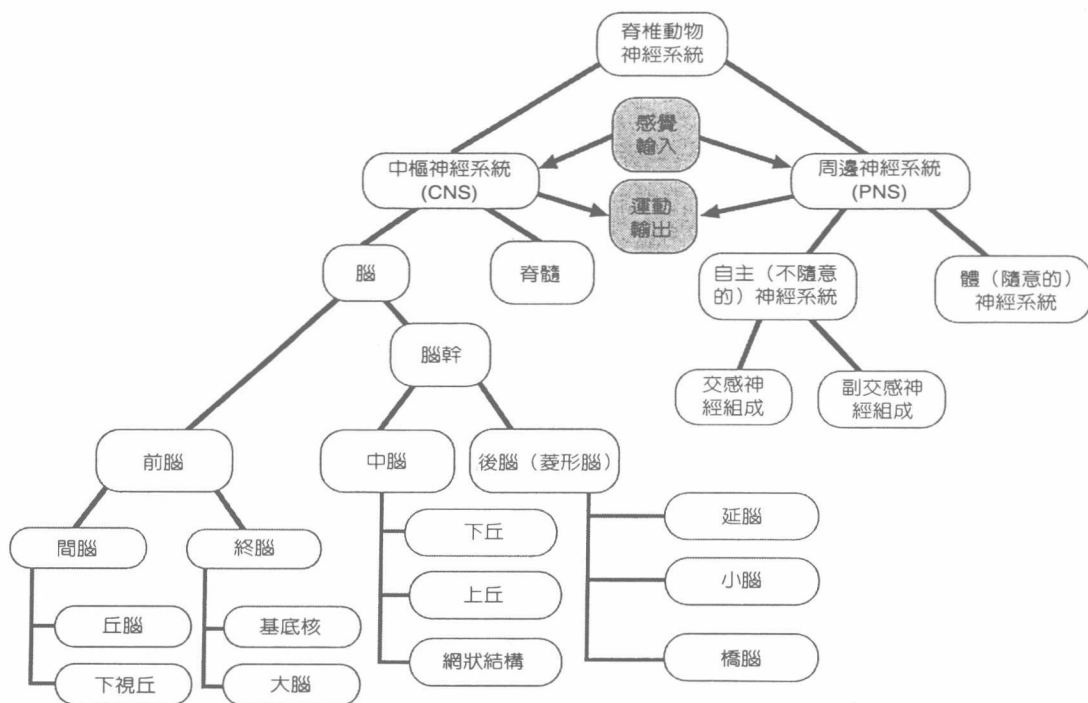


圖 1.1 脊椎動物神經系統的組成。

(parasympathetic ganglia) 則較廣泛地散佈在體內，而且離它的作用標的器官較近——甚至就在標的作用器官裡面。

大抵而言，自主神經系統中的兩種運動神經元在目標器官發揮相反的作用。舉例來說，副交感神經的運動神經元減慢心跳速率，而交感神經運動神經元則加快心搏速率。交感和副交感神經藉由釋放不同的化學神經傳導物質來產生相對作用，交感神經是正腎上腺素 (norepinephrine)，而副交感神經是乙醯膽鹼 (acetylcholine)。所有的體神經運動神經元都使用乙醯膽鹼做為神經傳導物質來活化肌肉細胞。

主題測驗

1 周邊神經系統 (The Peripheral Nervous System)

是非題 (True/False)

1. 周邊神經系統可分為腦和脊髓兩大部分。
2. 運動神經元可攜帶來自神經系統的訊息並與神經系統所控制的作用標的細胞接觸。

選擇題 (Multiple Choice)

3. 下列哪一項不是自主神經系統的一部分？
 - a. 副交感神經節
 - b. 脊柱旁交感神經節

- c. 椎前交感神經節
 - d. 體神經運動神經元
4. 不論體神經或自主神經系統的運動神經元都？
- a. 僅僅使用乙醯膽鹼做為神經傳導物
 - b. 只有位於佈滿全身的周邊神經節內的細胞本體
 - c. 可興奮也可以抑制它們的作用標的
 - d. 只與骨骼肌細胞接觸，而不與其他種細胞作用
 - e. 以上皆非

簡答題 (Short Answer)

5. 列出體神經系統與自主神經系統的相異處最少三項。

主題測驗

1 解答

Answers

1. 錯 周邊神經系可分為體神經系統與自主神經系統，腦和脊髓是中樞神經系統的分支。
2. 對 運動神經元提供了由神經系統輸出的訊息，並且負責控制受到神經系統調節的器官與組織。
3. d. 體神經系統運動神經元是體神經系的一部分，而非自主神經系。脊柱旁與椎前交感神經節是自主神經系統內交感神經分支的兩種神經節。副交感神經節是自主神經系統中另一主要分支，也就是副交感神經系統的一部分。
4. e. 選項a到d都是錯的。a.雖然脊椎動物所有的體神經運動神經元都使用乙醯膽鹼為神經傳導物，但自主神經的運動神經元也可能使用正腎上腺素或乙醯膽鹼。b. 體神經的運動神經元細胞本體是位於腦或脊髓內。c.體神經運動神經元總是興奮它的標的物，也就是骨骼肌細胞。d.體神經運動神經元接觸骨骼肌細胞，但是自主神經運動神經元可與包括內分泌及平滑肌細胞等多種標的物接觸。
5. (1) 自主神經運動神經元位於中樞神經系統外的神經節內，但是體神經運動神經元的細胞本體位於中樞神經系統內。(2) 自主神經系的運動神經元可以活化或抑制它們的標的物，但是體神經的運動神經元只能活化它們的標的物。(3) 體神經的運動神經元控制骨骼肌細胞，而自主神經系運動神經元可控制多樣標的物。(4) 體神經運動神經元釋放乙醯膽鹼來活化骨骼肌細胞。自主神經運動神經元釋放乙醯膽鹼或正腎上腺素，在標的細胞產生相反的作用。

主題2

中樞神經系統

(THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM)

要點 (Key points)

- 脊椎動物中樞神經系統主要可分為哪幾部分？
- 腦可以細分為哪些主要部分？
- 中樞神經系統的腦室為何，它們如何被組織起來？

最簡單的神經系統可見於 *Hydra* 這一類的生物體內，在這種動物體內，一個散佈的神經網佈滿全身。隨著演化過程，主要的趨勢是增加神經系統集中的程度，也就是把神經元集中在神經節內，這些神經節便結合而成爲中樞神經系統。舉例來說，在環節動物及昆蟲等較複雜的動物體內，中樞神經索連結了沿著身體中線縱向排列的一系列的神經節。

再隨著神經系統往複雜演化，動物頭端的神經節變得顯著，並且合而爲腦。這種頭端的神經節增大以及增加重要性的趨勢稱之爲頭部形成 (cephalization)。雖然不是一下子就顯而易見，但是哺乳動物的腦中確實存在許多叢的神經元（稱爲神經核，nuclei 或神經節，ganglia），這也是相較於簡單動物體內所發現的分散神經節更爲複雜的排列現象。

脊椎動物的中樞神經系統分爲腦和脊髓。腦包含三個主要的區域：後腦 (hind-brain，或稱爲菱形腦，rhombencephalon)，中腦 (midbrain，或稱爲胚胎中腦，mesencephalon)，前腦 (forebrain，或 prosencephalon)。中腦和後腦聚集而形成腦幹 (brain stem)。後腦是腦的最後部分（我們亦用尾端的 caudal 來形容向後的意思），包含了三個主要的區域：延腦 (medulla oblongata)，小腦 (cerebellum) 和橋腦 (pons)。延腦位於腦和脊髓的連接處，包含了控制呼吸、吞嚥、消化等內臟功能的神經元。橋腦也可調節呼吸，它位於後腦和中腦的連接處的底面（又叫腹面，ventral）。小腦由後腦的表面（又叫背面，dorsal）膨起，幫助協調腦的運動命令。

中腦則有兩個重要的部分：身爲聽覺系統一部分的下丘 (inferior colliculus) 以及處理視覺訊息的上丘 (superior colliculus)。中腦的其餘部分構成了網狀結構 (reticular formation) 的一部分，這網狀結構控制知覺清醒以及在多種感覺和運動系統中有一定的角色。

前腦是腦最前端的部分，也就是向著動物的前端（喙端，rostral direction）。前腦分爲間腦 (diencephalon) 以及終腦 (telencephalon)。丘腦 (thalamus) 和下視丘 (hypothalamus) 組成間腦，而終腦則由大腦 (cerebrum) 與基底核 (basal ganglia) 所組成。丘腦主要是一個感覺的構造，它將感覺訊息分送到合適的皮質處。下視丘有許多負責調控恆定（飢餓、口渴，以及溫度調節）、性行爲和情緒的區域。大腦是哺乳類動物的腦的主要部分，而大腦皮質則佔哺乳動物腦外觀的大部分，在遠比齧齒類複雜的哺乳動物身上，除非有顯著的迴旋 (convolution) 與褶皺，否則大腦皮質表面根本無法裝進頭蓋骨裡頭。大腦皮質與感知覺的形成、動作的計畫與起始以及聯合的學習都有關係，至於另一部分的終腦，即基底核，則幫忙控制動作。

在發育的過程中，中樞神經系統來自一條充滿液體的管狀物（見第二章）。在成人的腦中，這充滿液體的孔洞依舊存在，就是脊髓裡的脊管 (spinal canal) 以及腦裡的腦室 (cerebral ventricle)。這液體稱爲腦脊髓液 (cerebrospinal fluid)，當它流入後腦，脊管延伸而形成第四腦室 (fourth ventricle)，而在通過中腦後，腦室再一次地狹窄形成大腦導水管 (cerebral aqueduct)。在間腦，導水管往背面及腹面展開形成第三腦室 (third ventricle)，到了終腦，腦室往側面延伸形成兩個分別位於大腦半球內的側腦室 (lateral ventricle)。



**主題
測驗 2****中樞神經系統**

(The Central Nervous System)

是非題 (True/False)

1. 頭部形成指的是在較大體型的動物中，有形成較大的神經網絡的演化趨勢。
2. 中樞神經系統的兩大部分是腦和後腦。
3. 腦的三大組成部分是菱形腦，胚胎中腦以及前腦。
4. 腦幹是後腦與中腦的聚合名詞。

選擇題 (Multiple Choice)

5. 組成後腦的三部分為？
 - a. 間腦、終腦以及小腦
 - b. 延腦、小腦以及橋腦
 - c. 下丘、上丘以及網狀結構
 - d. 丘腦、下視丘以及基底核
 - e. 以上皆非
6. 下列何者並非前腦的一部分？
 - a. 大腦皮質
 - b. 間腦
 - c. 小腦
 - d. 基底核
 - e. 大腦

簡答題 (Short Answer)

7. 列出前腦的重要組成部分。
8. 腦幹的細分部分有哪些？

**主題
測驗 2****解答**

Answers

1. 錯 頭部形成指的是在動物頭部的神經節增加複雜程度的演化趨勢，神經網只是在簡單的生物體，例如Hydra內，所擁有的原始神經系統。
2. 錯 中樞神經系統兩個主要的組成是腦和脊髓。
3. 對 這三個部分也可以叫做後腦（菱形腦），中腦（胚胎中腦）以及前腦（終腦）。
4. 對
5. b. 間腦、終腦和小腦（選項a）以及丘腦、下視丘和基底核（選項d）都是前腦的一部分；而下丘、上丘以及網狀結構則是中腦（選項c）的構造。

6. c. 小腦是後腦的一部分，其餘的選項都是前腦的組成部分。
7. 前腦的兩個主要組成部分是間腦以及終腦，間腦又可以細分為丘腦和下視丘，而終腦可細分為大腦與基底核。大腦的外圍表面則稱為大腦皮質。
8. 腦幹包含了後腦和中腦，後腦又可分為延腦、橋腦和小腦，中腦則包括了下丘和上丘以及大部分的網狀結構。

臨床應用

因為神經系統在身體內扮演相當重要的角色，一旦有疾病或是意外造成損傷都會有臨床上顯著的症狀，這些症狀本身可以給我們有用的線索關於哪裡受到了損害。事實上，在電腦斷層及核磁共振造影等非侵入性的影像技術發明之前，神經學的症狀一直是決定病灶位置的主要依據。當然啦，瞭解神經系統的功能組成也可幫助神經外科醫師在手術時，決定應不應該切斷某個部位。舉個簡單的例子：當一條周邊神經被切斷時，只有它所支配的部位，感覺和運動的控制受到影響。

我們已經明瞭特定神經以及它所支配的特定區域的關連，是以我們可以由受影響的區域得知究竟是哪一條神經分支受到損傷。在中樞神經系統中，情況就沒這麼單純，因為解剖構造更為複雜，而且諸如中風或是腫瘤所造成的損傷在腦中並沒有一個明顯的解剖上的界線；然而，神經科醫師還是可以從不同的症狀導致的神經學問題作一些區分。舉例來說，小腦的損傷可能會導致平衡感以及精細動作的混亂，端看受損的小腦部位而定；在大腦皮質，由於特定的部位掌管處理特定的感覺訊息，所以這些區域有病灶時，就會影響到它所對應的感受與知覺；而在腦幹的傷害通常是致命的，因為這部位的神經迴路掌管著諸如呼吸等重要的生理功能。

本章測驗

是非題 (True/False)

1. 運動神經元由神經系統攜出命令（動作命令）到達系統所控制的目標組織。✓
2. 脊椎動物的中樞神經系統包括腦和脊髓。✓
3. 自主神經系統包括了體神經和交感神經兩部分。✓
4. 所有的體神經運動神經元釋放正腎上腺素當作神經傳導物質。✗