



Vander's

人體生理學

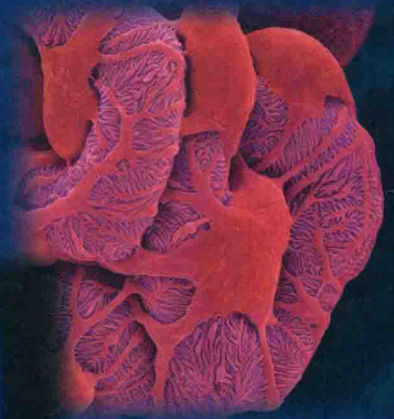
身體功能的作用機制

Eric P. Widmaier
Hershel Raff
Kevin T. Strang

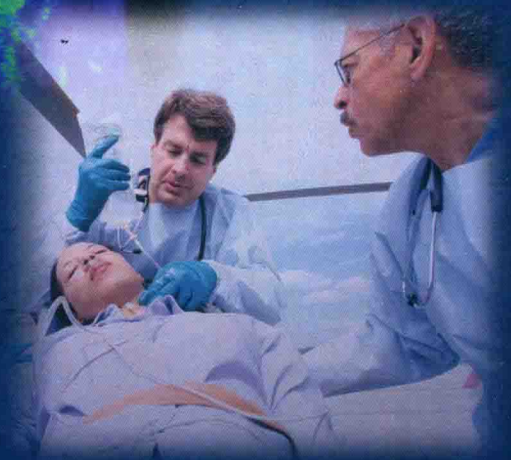
譯者

潘震澤

前國立陽明大學生理學研究所教授兼所長
美國奧克蘭大學生物系兼任教授



Vander's
Human Physiology
The Mechanisms of Body Function
Twelfth Edition

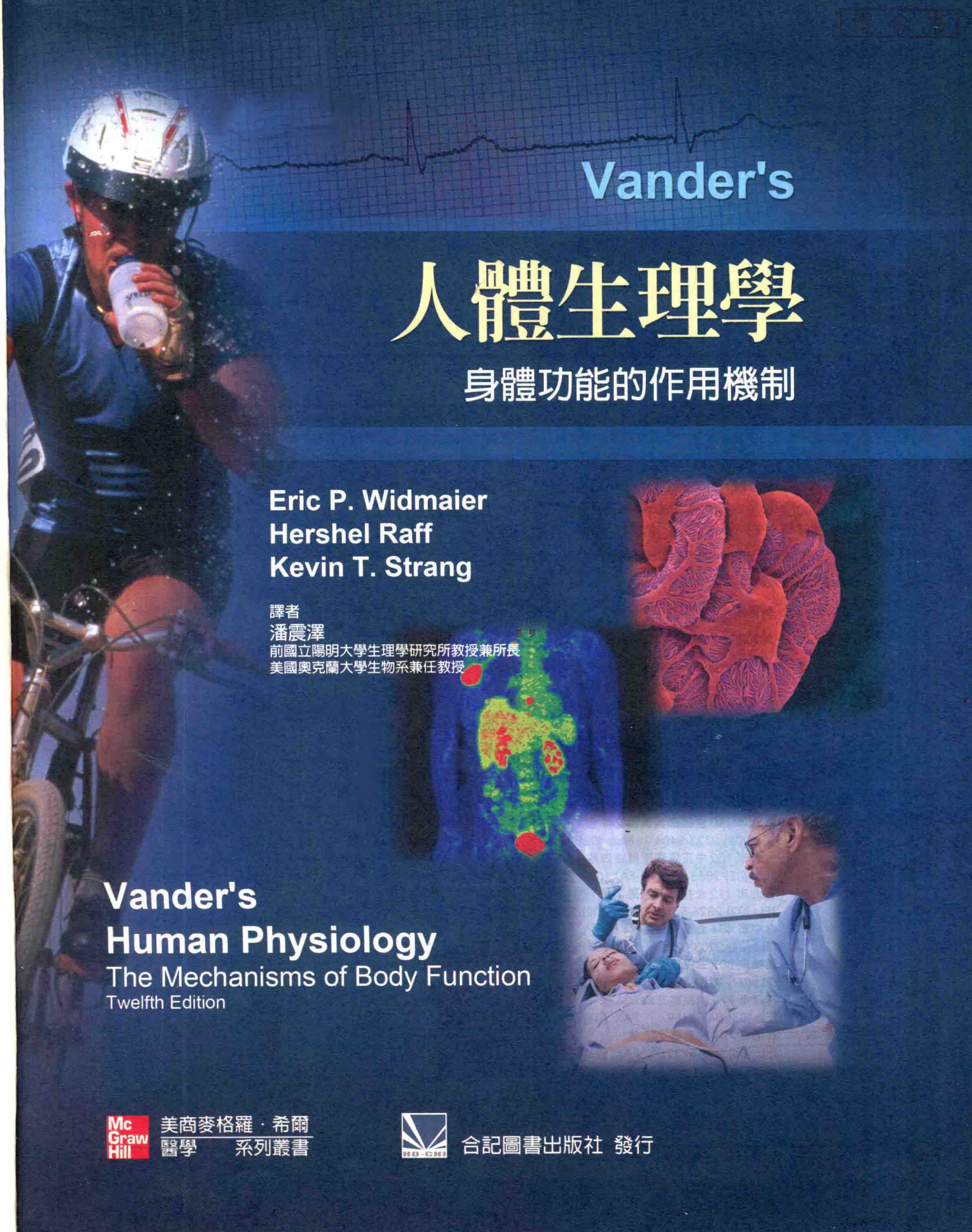


Mc
Graw
Hill

美商麥格羅·希爾
醫學 系列叢書



合記圖書出版社 發行



Vander's

人體生理學

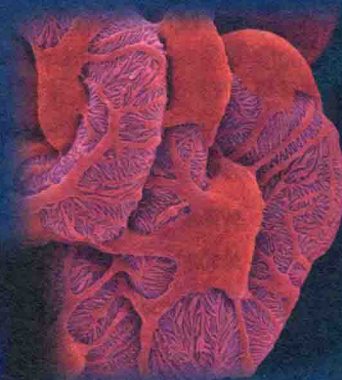
身體功能的作用機制

Eric P. Widmaier
Hershel Raff
Kevin T. Strang

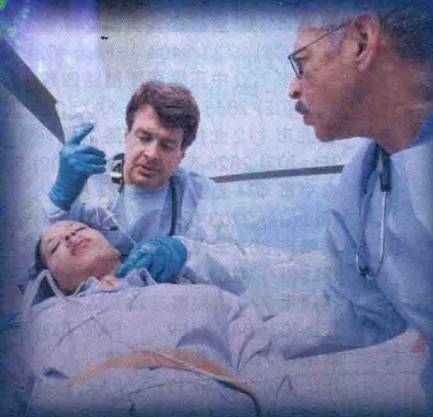
譯者

潘震澤

前國立陽明大學生理學研究所教授兼所長
美國奧克蘭大學生物系兼任教授



Vander's
Human Physiology
The Mechanisms of Body Function
Twelfth Edition



美商麥格羅·希爾
醫學 系列叢書



合記圖書出版社 發行

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

人體生理學：身體功能的作用機制 / Eric P. Widmaier, Hershel Raff, Kevin T. Strang 著；潘震澤 譯。-- 四版。-- 臺北市：麥格羅希爾，合記，2013. 01

面；公分

譯自：Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function, 12th ed.

ISBN 978-986-157-909-2 (精裝)

1. 人體生理學

397

101023530

人體生理學:身體功能的作用機制

繁體中文版© 2013 年，美商麥格羅·希爾國際股份有限公司台灣分公司版權所有。本書所有內容，未經本公司事前書面授權，不得以任何方式（包括儲存於資料庫或任何存取系統內）作全部或局部之翻印、仿製或轉載。

Traditional Chinese Translation Copyright © 2013 by McGraw-Hill International Enterprises LLC., Taiwan Branch

Original: Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function, 12/e (ISBN: 978-0-07735001-7)

Copyright © 2010 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All rights reserved.

作者 Eric P. Widmaier, Hershel Raff, Kevin T. Strang

譯者 潘震澤

創辦人 吳富章

發行人 吳貴宗

合作出版 美商麥格羅·希爾國際股份有限公司 台灣分公司

暨發行所 台北市 100 中正區博愛路 53 號 7 樓

TEL: (02) 2311-3000 FAX: (02) 2388-8822

合記圖書出版社

台北市內湖區 114 安康路 322-2 號

TEL: (02) 2794-0168 FAX: (02) 2792-4702

網址: www.hochitw.com

總經銷 合記書局

北醫店 台北市 110 信義區吳興街 249 號

TEL: (02) 2723-9404 FAX: (02) 2723-0997

台大店 台北市 100 中正區羅斯福路四段 12 巷 7 號

TEL: (02) 2365-1544 FAX: (02) 2367-1266

榮總店 台北市 112 北投區石牌路二段 120 號

TEL: (02) 2826-5375 FAX: (02) 2823-9604

台中店 台中市 404 北區育德路 24 號

TEL: (04) 2203-0795 FAX: (04) 2202-5093

高雄店 高雄市 807 三民區北平一街 1 號

TEL: (07) 322-6177 FAX: (07) 323-5118

花蓮店 花蓮市 970 中央路三段 836 號

TEL: (03) 846-3459 FAX: (03) 846-3424

成大店 台南市 704 勝利路 272 號

TEL: (06) 209-5735 FAX: (06) 209-7638

郵政劃撥 帳號: 19197512 戶名: 合記書局有限公司

出版日期 西元 2013 年 1 月 四版一刷

印刷 豪陽實業有限公司

ISBN : 978-986-157-909-2

血中經常測定變數的濃度範圍值 (Concentration Ranges of Commonly Measured Variables in Blood)

	傳統使用單位 (Traditional units)	國際單位 (SI units)
血中氣體 (Blood gases)		
氧分壓 (動脈)	80 – 100 mmHg	11 – 13 kPa (kilopascals)
(注意：動脈血氧分壓會隨年紀而下降，孩童時接近 100 mmHg，年老時會降至 80 甚至更低)		
二氧化碳分壓 (動脈)	35 – 45 mmHg	4.7 – 5.9 kPa
電解質 (Electrolytes)		
Ca ²⁺		
總量	9.0 – 10.5 mg/dL	2.2 – 2.6 mmol/L
離子	4.5 – 5.6 mg/dL	1.1 – 1.4 mmol/L
Cl ⁻		97 – 110 mmol/L
K ⁺		3.5 – 5.0 mmol/L
Na ⁺		135 – 146 mmol/L
激素 (Hormones)		
留鈉素 (Aldosterone)	30 – 100 pg/ml	83 – 277 pmol/L
皮質醇 (Cortisol)		
8:00 A.M.	5 – 25 µg/dL	140 – 690 nmol/L
4:00 P.M.	1.5 – 12.0 µg/dL	40 – 330 nmol/L
雌二醇 (Estradiol)		
女性 (濾泡早期)	20 – 100 pg/ml	73 – 367 pmol/L
女性 (週期中高峰值)	150 – 750 pg/ml	551 – 2753 pmol/L
男性	10 – 50 pg/ml	37 – 184 pmol/L
胰島素 (Insulin：禁食值)	6 – 26 µU/ml (0.2 – 1.1 ng/ml)	43 – 186 pmol/L
類胰島素生長激素 (Insulin-like growth hormone-1, IGF-1)		
16 – 24 歲	182 – 780 ng/ml	182 – 780 µg/L
25 – 50 歲	114 – 492 ng/ml	114 – 492 µg/L
副甲狀腺素 (Parathyroid hormone)	10 – 75 pg/ml	10 – 75 ng/L
助孕酮 (Progesterone)		
女性 (黃體期)	2 – 27 ng/ml	6 – 81 nmol/L
女性 (懷孕)	5 – 255 ng/ml	15 – 770 nmol/L
男性	0.2 – 1.4 ng/ml	0.6 – 4.3 nmol/L
睪固酮 (Testosterone)		
女性	<1ng/ml	<3.5 nmol/L
男性	2.5 – 10.0 ng/ml	9 – 35 nmol/L
甲促素 (Thyroid-stimulating hormone, TSH)	0.3 – 4.0 µU/ml	0.3 – 4.0 mU/L
甲狀腺素 (成人：Thyroxine, T ₄)	5 – 11 µg/dL	64 – 140 nmol/L

作者介紹 (Meet the Authors)



威德邁爾 (Eric P. Widmaier) 1984 年於美國加州大學舊金山校區取得內分泌學博士學位。他的博士後研究在麻州渥斯特實驗生物基金會及加州沙克研究院完成，以內分泌學及生理學為主。他的研究專注於哺乳動物身體質量及代謝的控制、激素作用的機制，以及小腸適應高脂食物的分子機制。目前他是波斯頓大學生物系教授，講授人體生理學課程，曾獲該校傑出教學獎。他所發表的研究論文及一般寫作數量甚豐，並包括一本寫給大眾閱讀的生理學相關著作。他與妻子及兩個小孩住在波斯頓市郊。



拉夫 (Hershel Raff) 1981 年於約翰霍普金斯大學取得環境生理學博士學位，並於加州大學舊金山校區接受內分泌學的博士後訓練。目前他是威斯康辛醫學院醫學系（內分泌、代謝及臨床營養科）及生理系的教授，兼聖路加醫學中心內分泌研究室主任。他在威斯康辛醫學院為醫學生及研究生講授生理學及藥理學。他是「教學學者學會」的發起會員，曾獲威斯康辛醫學生基礎科學教學獎及傑出教師獎。他也是馬凱大學生物醫學系的兼任教授，及《生理學教育進展》期刊編輯。他的基礎研究專注於身體對低氧（缺氧）的適應；其臨床興趣則專注於腦下腺及腎上腺疾病，特別是庫興氏症候群的診斷。他與妻子及兒子住在密爾瓦基市郊。



史川 (Kevin T. Strang) 於威斯康辛大學麥迪遜校區取得動物學碩士 (1988) 及生理學博士 (1994)。他的研究領域是心肌收縮的細胞調節機制。他於威斯康辛大學麥迪遜校區講授大學部的系統生理學，及醫學院一年級的醫學生理學。他曾獲選為威斯康辛大學麥迪遜校區教學協會成員，以及威州科學普及計畫研究員，經常應邀至大學及高中演講有關飲酒的生理學。他曾兩度榮獲威斯康辛大學醫學院校友協會頒發的基礎科學傑出教學獎，及威斯康辛大學的傑出教學獎。他對教學科技感到興趣，曾為《Vander's 人體生理學》製作許多動畫及圖表，用於生理學的教學之需。他與兩個小孩現住麥迪遜市。

作者序 (From the Authors)

我們很高興推出這本第十二版的《凡德人體生理學》。這一版的封面，反映出這本教科書的幾個主題：恆定、運動、病理生理，以及身體功能的細胞與分子機制。這些領域的研究仍快速進行中，我們也試圖在新版的課文中，傳達這些進展給人體生理學這個領域帶來的興奮感。為了達到這個目的，我們添加了新的材料，包括許多疾病的最新認識與治療；同時在適當之處，特別強調人體生理學在分子層面的最新進展。此外我們也擴充了第十一版新增的兩項教學材料，也就是「生理問題探討」及第19章的病例研究。

本書的審閱者一致認為，這兩項新增的特色對學子來說，是絕佳的學習工具；同時，他們也提供本書作者群清楚的訊息：多多益善。因此，我們增加了數十條新的生理問題探討，幾乎將這些有用的觀念檢驗問題，數目增加了一倍。我們也在本書的準備章節中加入這些問題，好讓學子一開始就能自我評估他們對化學及生化原理的了解程度。本書的使用者也將從書中對運動生理學的廣泛介紹（參見位於本書詳細目錄之後、有關運動生理的特別索引），以及臨床名詞的索引（附錄B）中獲益。臨床名詞索引的編排，是根據不同疾病、傳染性或致病因子，以及診斷、治療與藥物等項目分列；對人體生理學的臨床應用（本書有詳細涵蓋）感興趣的教師和學子而言，該索引是非常有用的資源。

第19章「醫學生理：以臨床案例做整合」推出後，深受教師與學生歡迎，因此我們於該章又添加了一則整合病例，是一位診斷出罹患某種腦瘤的大學生。該病例的特別之處，是它整合了許多神經學的徵候及症狀，並介紹了核磁共振造影的使用。一如第19章的其他病例介紹，在病例介紹逐步開展之際，會不斷有「思考複習題」的出現，提供學子按部就班的互動學習經驗。由於這一章得到許多好評，因此我們將之前十八章每章結尾與該章主題有關的簡短病例介紹，做了重新整理。這麼一來，學子從第1章起，就學會將所學內容應用在實際生活狀況。隨著課程進展，學子對生理學原理打下更深的基礎之後，臨床病例研究也會變得更複雜及更具整合性。

對於使用這本教科書的全球各地教師及學生，就書中內容寄下提供建議的電郵訊息，我們都深表感激。我們也仍受惠於本書的原始作者凡德、薛爾曼與陸琪安諾，以及麥格羅希爾出版社高等教育部門人員提供的專業支援。最後，像這樣的一本教科書，不可能沒有經過許多審閱者專業且嚴格的法眼過目，在此我們也要對那些在百忙中花時間閱讀了本書全部或部分章節、並提供其洞見與改進建議的同行，表達謝意。

每章結尾都新增的「臨床案例研究」。



第一章 臨床案例研究

全書課文當中，讀者將發現在每章結尾會有「臨床案例研究」的專題。這個專題內容是將該章所學，應用在不同臨床病症的真實例子上，以加強學習效果。當你學到的生理知識越多，臨床案例研究的複雜度也會增加，可讓你將該章新學到的內容與之前章節的內容加以整合。在這第一個臨床案例研究中，我們將檢驗某個嚴重，且對生命有威脅的疾病：這種病可能出現在體溫恆定控制遭到瓦解的人身上。在此個案中我們將介紹這個臨床案例的病理及補償反應，文中提到的所有資料以及作用機制，都會在以後章節詳細介紹。

某個炎熱夏日，一位皮膚白皙、身體健康的64歲男子在後院花園工作。在太陽底下一直從事工作了幾個小時，他感到頭昏及四肢無力。要說先前他有大汗淋漓，但後來就停下了。由於頭暈不清且不知所措，他想不到自己有多久沒出汗了，甚至也不記得上次喝水是什麼時候。他出聲叫喚太太，後者過來看到他臉色發青，嚇了一跳，於是帶他返屋休息。只不過他一半躺起身來，就昏倒在地。他太太趕緊叫來救護車，把他送到醫院。經診斷他罹患的是「熱衰竭」(heat stroke) 這種毛病。這個人身體到底發生了什麼事，可以解釋他的情況？那與他又有什麼關係？

讀者已從本章學到，體溫是受恆定控制的生理功能。如果體溫下降，則如圖1-5及1-6所示，身體會增加產熱，減少散熱。反之，在本例中男子的體溫上升，則身體會減少產熱，增加散熱。這位病人在炎熱潮濕的天氣下整理花園，體溫將逐漸上升。一開始，他會大量出汗。讀者將於第16章學到，出汗是身體散熱最重要的機制。水分從皮膚表面蒸發，將帶走大量的熱，而散熱量來自身體。只不過水分的蒸發作用在潮濕的天氣下，成效不彰，因此在炎熱且潮濕的氣候環境下運動，是更危險的事。

汗液的源頭是位於皮膚下方的汗腺，經由管線將稀釋分泌液分泌至體表。汗液裡的液體來自讀者已經學過的細胞外液，那是由血液與細胞間液所組成的體液區間（圖1-3）。一開始出現的大量出汗，將使得這位男子體內細胞外液的量下降。事實上，該液量的下降已達十分嚴重的地步，使得心臟每次收縮所泵出的血量也下降。體液量與血壓的關係很重要，將於第12章詳述。一般來說，如果細胞外液的量下降，血壓也將跟著下降。這一點可以解釋本例病人會感到頭昏，特別是站起身來的時候。隨著血壓下降，病人的心臟泵出的血液也將不足以對抗重力，將足夠的血量供給大腦。大腦一旦缺血，功能也就開始失常。顯然站起身來，將使情況更加惡化。讀者可能因而從椅子上或床上急遽起身站起，而經驗過這種頭昏的感覺。正常情況下，重力對腦部血液供應的影響，會由神經系統迅速補償，這一點將於第6及第12章說明。只不過某人的血量及血壓如果已經下降，那這種補償作用將不會發生，因而可能失去意識。當人昏倒在地，其頭部與心臟位於同一平面，血液也將更容易流入大腦。

另一點需要關切的，是體液當中鹽分濃度的改變。如果你在大熱天看過自己上滿汗的汗液，你當知道汗液有點鹹味。那是因為汗液來自細胞外液，你已學到那是帶有離子（來自氧化鈉一類的鹽類）及其他物質的液體。不過汗液要比細胞外液來得稀一些，因為汗液分泌的水要比離子多。造成的結果是，汗出得越多，細胞外液就變得「更濃」。換句話說，細胞外液裡水及離子的總量都會隨著出汗而降低，但剩下的液體會變得「更鹹」。因此，大量出汗不只是擾亂了液體的平衡與血壓的恆定，同時也影響了體液當中離子的平衡，特別是鈉、鉀及氯離子。體液當中離子的恆定平衡對心臟與腦的正常功能來說，是絕對必要的，這一點將於第4與第6章介紹。由於這位男士體內的離子濃度出現變化，因此也將影響腦中細胞的活性。

那這位男士為什麼又停止了出汗，以及皮膚發熱呢？要了解這一點，我們必須考慮體內良好受恆定控制的變數，都受到他的活動所干擾。他的體溫升高，這是一早引起大量出汗的原因。隨著流汗不斷，造成他體內液體與離子出現不平衡，這會造成

譯者序 (Preface)

生理學是研究身體如何運作的學問，亦即探討維持生命所需的功能，例如呼吸、消化、循環、泌尿等。生理學與研究身體構造的解剖學，分別是生物醫學的兩塊基石，生物醫學的宏偉殿堂也得以建立。

生理學更是歷史悠久的「古典」學門，累積了大量不可不知的內容；其教科書動不動就是一本，又厚又重，壓得學子喘不過氣來。再來生理學又不斷分化出許多較為「摩登」的科學分支，好比生化、藥理、免疫、分生、神經科學等，使得生理學在教材的選擇上更多樣化，教學上也更具挑戰性。

其實人體生理的運作，有一定的脈絡可循，也離不開物理化學的基本原理；其終極目的在維持身體內在的恆定，以求個體的存活與物種的延續。只不過老牌的生理學教科書大多長於事實的陳述與數據的堆積，於說明解釋上則有所欠缺與不足。因此，許多修習過生理學的學子記誦了一堆內容，卻未能有整體的觀念，更不知在生活上如何應用。

這本由前密西根大學教授凡德 (Vander) 等人原著的《人體生理學》，自1970年問世以來，就不以內容完整豐富取勝，而以觀念清晰、說明詳細著稱；其中大量使用的流程圖，將事實的因果關係予以清楚定義，就是最好的例子，也受到許多教科書的模仿。該書一直是美國各大學廣為採用的生理學入門教科書，40餘年來不斷定期改版，歷久而彌新。

個人與這本書的淵源頗深；1978年我在台大動物系任生理學助教的時候，就從系圖借了該書的第一版，並從頭到尾詳讀了一遍，解開了之前修習生理學時困擾我的許多問題。1987年，個人在陽明醫學院任教次年，就率先採用該書為護理系生理學教科書，之後包括醫技、物治等系的生理學也一併使用該書至今。

個人同意由於訓練需求不同，教學上可採用深淺不同的教材；但我不認為因為學分數少、必須縮減內容，就容許有不完整、甚或有錯誤的教材存在。就觀念的清晰及表達的方式上，我認為很少有生理學教科書勝過凡德這本；因此，我經常推薦本書給醫學系的學生、甚至研究生閱讀，相信他們必能從中獲益。

個人於1996年起開始投入科普書的譯介工作，試圖在教學研究之餘，將本行知識傳遞給更多人知

道，其中尤以編寫中文教科書為最大心願。教科書著重知識的完整與正確，也講求圖文並茂，讓初學者樂於接近，絕對不是一蹴可幾之事；因此，翻譯國外有歷史及口碑的教科書是權宜之計，也可收事半功倍之效。

1997年個人應合記圖書出版社吳貴宗先生之邀，接下本書第七版的翻譯工作時，就是抱著這種想法；但因工程浩大，還商請了陽明生理所的一些同事及學生協助，前後花了超過一年以上時間，才大功告成。其中包括楊志剛教授（腎臟生理）、高毓儒教授（呼吸生理）、黃娟娟教授（生殖生理）、謝坤叡博士（心血管生理）及袁宗凡博士（身體化學組成、細胞結構、蛋白質功能）等人，其餘還有一些助教及學生的幫忙。

由於國外教科書市場競爭激烈，因此改版的速度也逐漸增快；像這本教科書的前五版是每五年改版一次，後來則縮短成四年；從第八版起，更縮短至二到三年。其實生物醫學新知雖無日無之，但真正能改寫並進入教科書的新發現，卻不多見；再者，對初學者而言，學習確鑿的既有知識要比新知識來得更重要。因此，本書的中譯本跳過了第八版，而於2005年出版了第九版。

自2005年至今，不覺已過了七個年頭，其間原書有過三次改版，內容有相當多的增刪，但因出版社授權發生問題，而延誤了新版翻譯工作的開展，直到2011年中才確定下來。再經過譯者一年多來的筆耕，以及編輯四個多月的排版與來回校對，本書第十二版的中譯本終於得以與讀者見面，值得讓人高興。

新版大體上仍維持原書的樣式與精神，但大大小小的增添、刪減、重組以及改寫，不計其數。其中最主要的改變，包括在許多圖表下方，加上了「生理問題探索」一節，提供學子深入思考的機會。再來就是每章結尾都添加了一節「臨床案例研究」，細述病人發病、診斷、治療及預後的過程，取代之前少數的「臨床範例補充」；甚至還增添了新的一章（第19章）：「醫學生理學：以臨床案例做整合」。

其實基礎與臨床乃一體之兩面，只是理論與應用之別，不過以臨床案例來整合生理學，是之前的「純」生理學教科書較少採用的方式。早期的生理學者多是

醫師出身，因此基礎臨床是不分家的。然而二十世紀中葉以降，臨床與基礎的訓練逐漸分道揚鑣，導致許多生理學者（包括更多的生化、微免、分生專業者）從未受過臨床訓練，以致在教學上忽視了生理與臨床的關聯。所幸近年來以問題為導向的醫學教育從國外流行到國內，這種偏差已有轉向之勢；無論臨床與基礎學者當能認清：想要對疾病的肇因、症狀以及治療之道有深入認識，都離不開對生理的了解；以臨床病例作為學習生理的進路，自然也是再適當不過。

像這樣一本多達百萬字以上的教科書，要做到完全沒有錯誤，幾乎是不可能的任務。譯者除了趁此機會將舊版的錯誤一一改正外，在編輯排版完成後，又

從頭看過一遍，挑出數百處大小錯誤，儘量朝信、達、雅的目標邁進。如果讀者仍發現有任何錯誤，還請不吝告知，以便再刷時改正。

個人最大的心願是這本中譯本能像當年啟發本人的原文書一樣，給更多對生理學有興趣的人士於增長知識之餘，還帶來閱讀的喜悅；這樣，譯者的辛苦也就有代價了。

潘震澤 識於
美國密西根州特洛伊市

運動生理學索引 (Index of Exercise Physiology)

對心血管系統的影響 (Effects on Cardiovascular System) 407-10

- Atrial pumping (atrial fibrillation) 心房唧出 (心房震顫) 370
- Cardiac output (increases) 心輸出量 (增加) 407-10, 416
Distribution during exercise 運動時的分布 397, 407-8
- Control mechanisms 控制機制 408-9
- Coronary blood flow (increases) 冠狀動脈血流 (增加) 361
- Gastrointestinal blood flow (decreases) 胃腸道血流 (減少) 407
- Heart attacks (protective against) 心臟病發作 (保護性) 415
- Heart rate (increases) 心跳速率 (增加) 408, 409
- Lymph flow (increases) 淋巴液流 (增加) 394-95
- Maximal oxygen consumption (increases) 最大氧消耗量 (增加) 409-10
- Mean arterial pressure (increases) 平均動脈壓 (增加) 407-8
- Renal blood flow (decreases) 腎臟血流 (降低) 407
- Skeletal muscle blood flow (increases) 骨骼肌血流 (增加) 382, 407, 409
- Skin blood flow (increases) 皮膚血流 (增加) 407
- Stroke volume (increases) 心搏量 (增加) 408, 409, 410
- Summary 摘要 409
- Venous return (increases) 靜脈回流 (增加) 408
Role of respiratory pump 呼吸泵的角色 393, 408
Role of skeletal muscle pump 肌肉泵的角色 393, 408

對有機代謝的影響 (Effects on Organic Metabolism) 566-67

- Cortisol secretion (increases) 皮質醇分泌 (增加) 565
- Diabetes mellitus (protects against) 糖尿病 (保護性) 581-83
- Epinephrine secretion (increases) 腎上腺素分泌 (增加) 564-65
- Fuel homeostasis 燃料恆定 566-67
- Fuel source 燃料源 85, 86, 268, 566-67
- Glucagon secretion (increases) 升糖激素 (增加) 564
- Glucose mobilization from liver (increases) 肝臟葡萄糖的調動 (增加) 566-67
- Glucose uptake by muscle (increases) 肌肉對葡萄糖吸收 (增加) 566-67
- Growth hormone secretion (increases) 生長激素分泌 (增加) 567
- Insulin secretion (decreases) 胰島素分泌 (降低) 564
- Metabolic rate (increases) 代謝率 (增加) 569-70
- Plasma glucose changes 血漿葡萄糖改變 564
- Plasma lactic acid (increases) 血漿乳酸 (增加) 269, 463-64
- Sympathetic nervous system activity (increases) 交感神經系統活性 (增加) 566, 567

對呼吸的影響 (Effects on Respiration) 465-66

- Alveolar gas pressures (no change in moderate exercise) 肺泡氣體壓力 (中度運動時沒改變) 464-66

- Capillary diffusion 微血管擴散 452-53, 455-56
- Control of respiration in exercise 運動時對呼吸的控制 464-65
- Oxygen debt 氧債 268
- Pulmonary capillaries (dilate) 肺部微血管 (舒張) 407
- Ventilation (increases) 通氣 (增加) 465-66
Breathing depth (increases) 呼吸深度 (增加) 268, 465-66
Expiration 呼氣 442-43
Respiratory rate (increases) 呼吸頻率 (增加) 268, 461-65
Role of Hering-Breuer reflex 赫靈-布祿爾反射 461

對骨骼肌的作用 (Effects on Skeletal Muscle) 273-74

- Adaptation to exercise 對運動的適應 273-74
- Arterioles (dilate) 微動脈 (舒張) 397-400
- Changes with aging 隨年紀的改變 273
- Fatigue 疲倦 268-69
- Glucose uptake and utilization (increase) 葡萄糖的吸收與利用 (增加) 268
- Hypertrophy 增生 252, 273
- Local blood flow (increases) 局部血流 (增加) 382, 397, 407-8
- Local metabolic rate (increases) 局部代謝率 (增加) 73
- Local temperature (increases) 局部溫度 (增加) 73
- Nutrient utilization 養分利用 566-67
- Oxygen extraction from blood (increases) 從血液中擷取的氧量 (增加) 268
- Recruitment of motor units 徵召運動單位 272

其他作用 (Other Effects)

- Aging 老化 273, 407-9
- Body temperature (increases) 體溫 (增加) 579
- Central command fatigue 中樞控制疲乏 269
- Gastrointestinal blood flow (decreases) 胃腸道血流 (降低) 407
- Immune function 免疫功能 656-57
- Menstrual function 月經功能 567, 628
- Metabolic acidosis 代謝性酸中毒 463
- Metabolic rate (increases) 代謝率 (增加) 569-70
- Muscle fatigue 肌肉疲乏 268-69
- Osteoporosis (protects against) 骨質疏鬆 (保護性) 338, 348, 626
- Stress 壓力 566-67, 568
- Weight loss 體重降低 571, 574

運動型態 (Types of Exercise)

- Aerobic 無氧 273-74
- Endurance exercise 耐力運動 273, 409-10
- Long-distance running 長跑 269, 273
- Moderate exercise 中度運動 273-74
- Swimming 游泳 409, 465
- Weightlifting 舉重 269, 273, 274, 409

本書章節導遊 (Guided Tour Through a Chapter)



章節大綱 (Chapter Outline)

每章一開始都有個大綱，讓讀者對該章內容有個大概的認識。

摘要表 (Summary Tables)

某些摘要表將少量及中量的資料予以摘要整理，而有些摘要表則將散布於全書的大量資訊匯集在一起。這些摘要表與附圖相輔相成，提供了讀者快速複習各章重要資訊的好方法。

表 9-3 三種骨骼肌細胞的特性

	慢氧化肌 (第I型)	快氧化-糖酵解肌 (第IIa型)	快糖酵解肌 (第IIb型)
生成ATP的主要來源	氧化磷酸化	氧化磷酸化	糖酵解作用
粒線體	很多	很多	很少
微血管	很多	很多	很少
肌紅素含量	高 (紅肌)	中 (紅肌)	低 (白肌)
糖酵解酶活性	低	中	高
肝醣含量	低	中	高
疲乏速率	慢	中	快
肌凝蛋白ATPase活性	低	高	高
收縮速度	慢	快	快
細胞直徑	大	中	小
運動單位大小	大	中	小
支配肌細胞之運動神經元	大	中	小

第九章 臨床案例研究

一位17歲男孩在手術台上，讓醫生修理他斷裂的下顎。除了接受局部麻醉利多卡因 (lidocaine) 阻斷電信號控制肌肉收縮，使得動作電位不能傳播的注射外，他還接受了全身麻醉藥芬太尼 (fentanyl) 的注射。造成他失去意識。手術進行一小時後，麻醉師向外科醫師病人體溫上升，體溫計顯示體溫上升。監視器顯示病人的心跳變慢，比手術開始時快了一倍。呼吸中的二氧化碳濃度也有顯著增加。口腔外科醫師報告說，病人的下顎肌肉變得很硬。這一切症狀都顯示病人正處於一種稱為恶性高熱 (malignant hyperthermia) 的急性高熱情況。必須馬上採取治療行動。

大多數急性高熱 (malignant hyperthermia) 患者，在19號染病的體上，有某種體染色體顯性遺傳的基因突變。該基因編碼了骨骼肌細胞中一種名為ryanodine receptor (RyR) 的蛋白質，該蛋白質負責將細胞內從骨骼肌的肌質網釋放。在大多數情況下，該通道的運作正常。但在接觸某些吸入性麻醉劑或造成神經肌肉連結去極化及阻斷的藥物時 (如琥珀酰膽鹼)，其功能就會失常。在某些病例，第一回接觸這些引致性藥物並不會出現失常，只有在後續接觸時才會發生。

出現急性高熱的機制，是ryanodine receptor受過度刺激的結果，造成大量的鈣離子從骨骼肌的肌質網釋放。由於鈣離子釋放的速度極高，使得細胞內質網上的Ca²⁺-ATPase酶無法不及把多餘的鈣離子抽回。過多的鈣離子不單造成機械性的持續活化及肌肉的持續收縮，同時刺激了由鈣離子活化的蛋白質，造成肌蛋白的解離。在此過程中，肌肉裡ATP的代謝會增加，因此病人會出現乳酸酸中毒 (由乳酸堆積引起血液呈酸性)。

3. 二氧化碳的產量增加，生成酸鹼，更促進了酸中毒 (見第13章)。

4. 在分解生成ATP之際，肌肉產生了大量的副產品，熱能，因而造成了這種高熱的特徵：高熱。

5. 為了維持體內溫度，體溫會上升，而二氧化碳濃度

一位17歲男孩在手術台上，讓醫生修理他斷裂的下顎。除了接受局部麻醉利多卡因 (lidocaine) 阻斷電信號控制肌肉收縮，使得動作電位不能傳播的注射外，他還接受了全身麻醉藥芬太尼 (fentanyl) 的注射。造成他失去意識。手術進行一小時後，麻醉師向外科醫師病人體溫上升，體溫計顯示體溫上升。監視器顯示病人的心跳變慢，比手術開始時快了一倍。呼吸中的二氧化碳濃度也有顯著增加。口腔外科醫師報告說，病人的下顎肌肉變得很硬。這一切症狀都顯示病人正處於一種稱為恶性高熱 (malignant hyperthermia) 的急性高熱情況。必須馬上採取治療行動。

大多數急性高熱 (malignant hyperthermia) 患者，在19號染病的體上，有某種體染色體顯性遺傳的基因突變。該基因編碼了骨骼肌細胞中一種名為ryanodine receptor (RyR) 的蛋白質，該蛋白質負責將細胞內從骨骼肌的肌質網釋放。在大多數情況下，該通道的運作正常。但在接觸某些吸入性麻醉劑或造成神經肌肉連結去極化及阻斷的藥物時 (如琥珀酰膽鹼)，其功能就會失常。在某些病例，第一回接觸這些引致性藥物並不會出現失常，只有在後續接觸時才會發生。

出現急性高熱的機制，是ryanodine receptor受過度刺激的結果，造成大量的鈣離子從骨骼肌的肌質網釋放。由於鈣離子釋放的速度極高，使得細胞內質網上的Ca²⁺-ATPase酶無法不及把多餘的鈣離子抽回。過多的鈣離子不單造成機械性的持續活化及肌肉的持續收縮，同時刺激了由鈣離子活化的蛋白質，造成肌蛋白的解離。在此過程中，肌肉裡ATP的代謝會增加，因此病人會出現乳酸酸中毒 (由乳酸堆積引起血液呈酸性)。

3. 二氧化碳的產量增加，生成酸鹼，更促進了酸中毒 (見第13章)。

4. 在分解生成ATP之際，肌肉產生了大量的副產品，熱能，因而造成了這種高熱的特徵：高熱。

5. 為了維持體內溫度，體溫會上升，而二氧化碳濃度

「應該加入更多的臨床案例。最好的方式是在每一章結尾，都有一則與該章內容相關的案例。」

西班牙馬德里康普頓斯大學醫學院崔斯規雷斯 (Jesus A. F. Tresguerres, Medical School, University Complutense, Madrid, Spain)

「我在大學部生理學的教學當中，使用了大量的案例研究。學生們確實喜歡能有機會應用他們學到的資訊，並解決問題。」

美國華盛頓大學醫學院物理治療學程克拉克 (Ruth Clark, Washington University School of Medicine, Proqram in Physical Therapy)

「我認為絕對應該加入更多的臨床案例。」

美國北卡羅來納大學格林波羅校區湯姆林 (Elizabeth S. Tomlin, University of North Carolina at Greensboro)

臨床案例研究—新增！ (Physiological Inquiries—EXPANDED!)

作者從教學及研究經驗中，找出與每章內容有關的臨床案例，以提供學子現實生活的應用。

本書章節導遊 (Guided Tour Through a Chapter)

生理問題探索—已擴充！

(Physiological Inquiries—EXPANDED!)

讀者將發現，每一章裡根據許多圖形內容提出的明辨思考問題，幾乎多了一倍。這些檢驗觀念的問題是自第十一版引入的，結果極受讀者歡迎。該類問題是設計用來幫助學子，對圖形中表達的觀念或過程，有更投入的學習。它們挑戰學子去分析圖中的觀念，偶而也要學生複習先前章節學過的資訊，甚至許多問題還要求計算的能力。

「生理問題探索太棒了。」

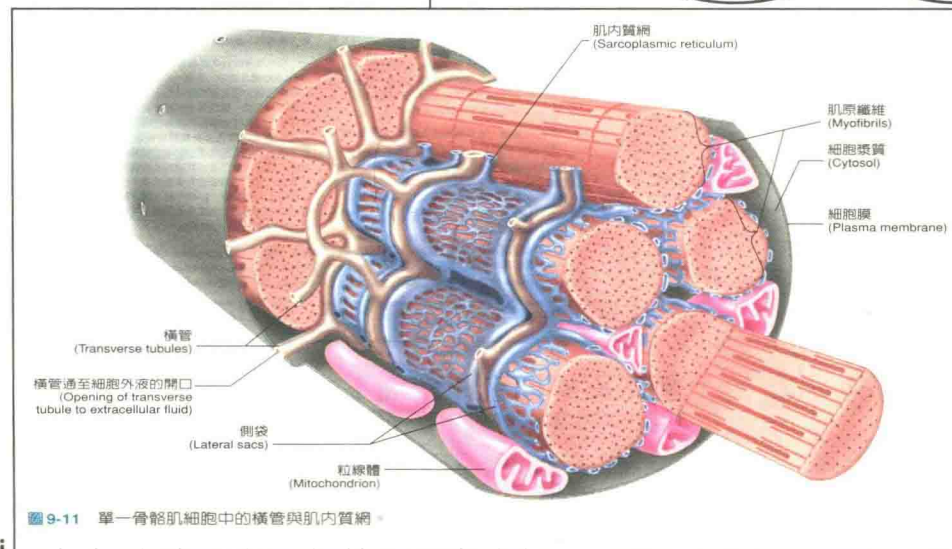
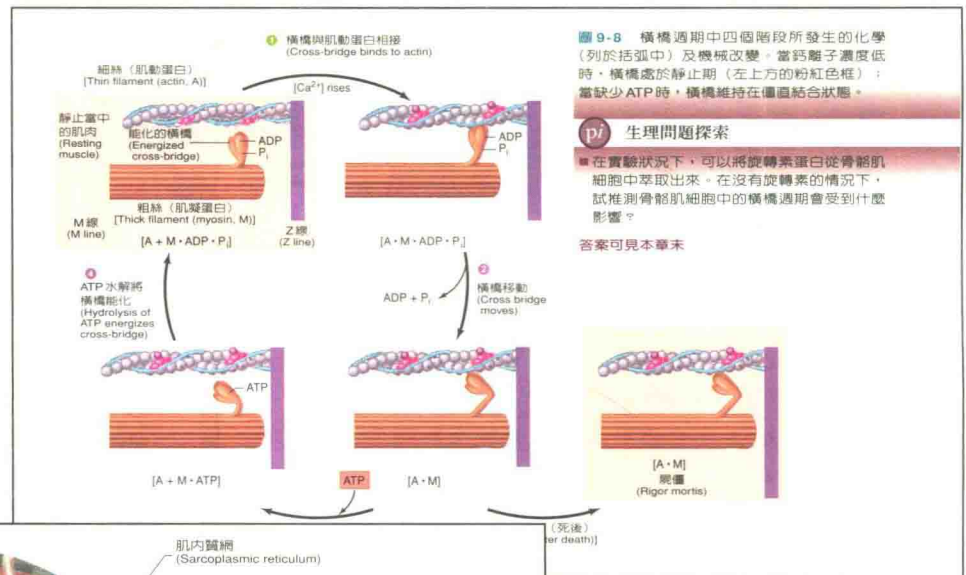
美國俄亥俄州立大學杜瓦丁 (Jean-Pierre Dujardin, The Ohio State University)

「這項特色對學生有莫大的幫助，因為那讓他們有機會檢驗對教材的了解程度，並應用在問題上。」

美國北卡羅來納大學格林波羅校區湯姆林 (Elizabeth S. Tomlin, University of North Carolina at Greensboro)

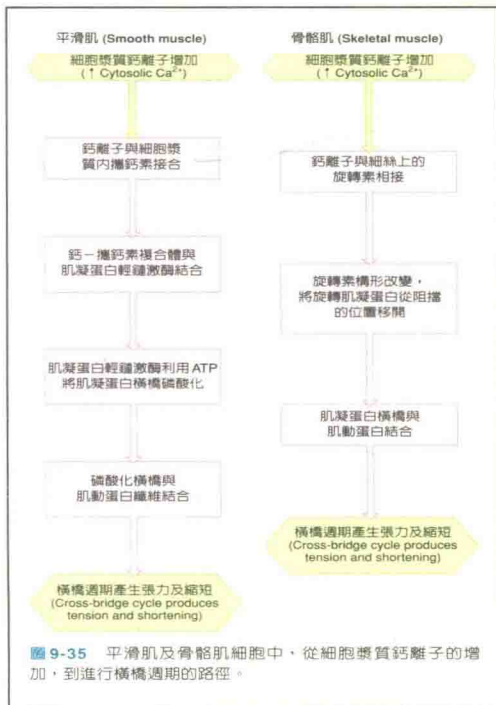
「毫無疑問，對修習這種層級生理學的學子而言，這種『現實』的經驗是再好不過了。」

美國馬歇爾大學麥樂利 (David S. Marshall, Marshall University)



描述性的插圖風格 (Descriptive Art Style)

許多圖形使用三維角度繪製，對圖中呈現觀念提供更清楚且深入的了解。



流程圖 (Flow Diagrams)

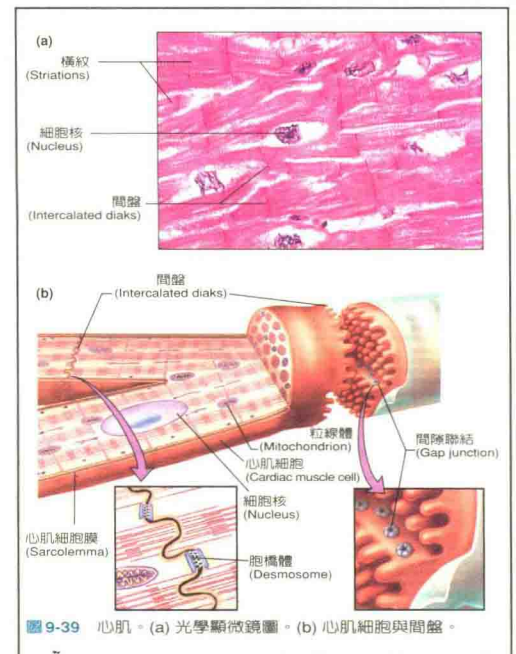
流程圖一向是本書的特點，本版仍持續大量使用，並做了有助學習的更新。

流程圖的特色：

- 開始的文字框以綠色標示。
- 其他的文字框都有全書統一的固定顏色標示。
- 構造都以三維方式呈現。

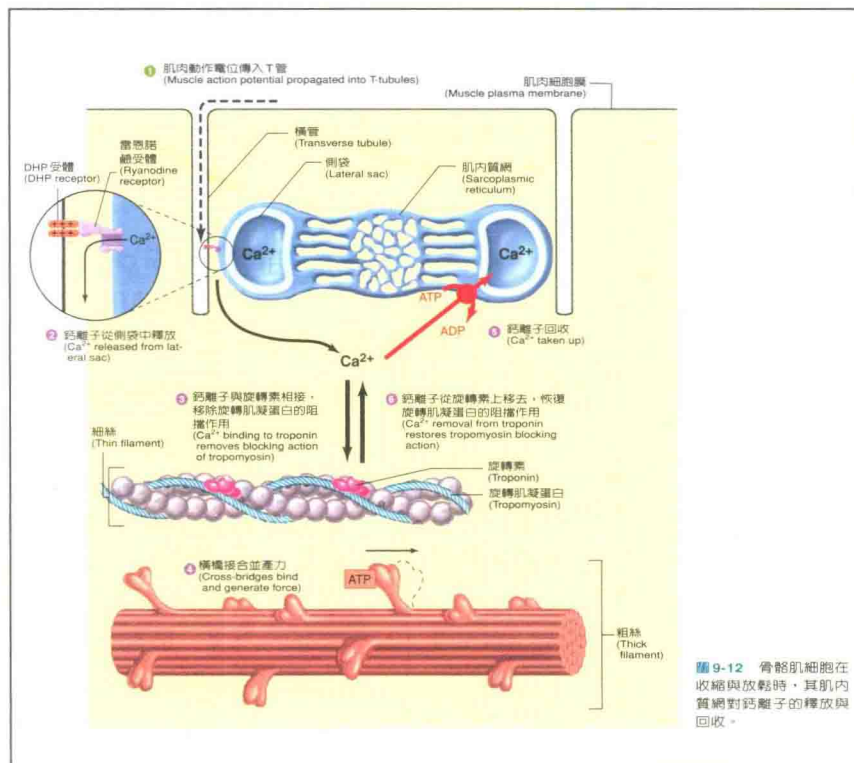
多層物的觀點 (Multilevel Perspective)

針對複雜構造或反應的作圖，結合了巨觀與微觀的角度，以幫助學子認清愈形複雜的圖形之間的關聯。



圖形中統一的顏色標示 (Uniform Color-Coded Illustrations)

有效地應用顏色識別來幫助學習。譬如細胞外液、細胞內液、肌纖維以及轉運分子等，都有專屬的顏色。



本書章節導遊 (Guided Tour Through a Chapter)

章節結尾 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

第九單元 肌肉 289

第九單元 肌肉 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

第九單元 肌肉 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

第九單元 肌肉 289

第九單元 肌肉 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

第九單元 肌肉 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

第九單元 肌肉 289

第九單元 肌肉 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

第九單元 肌肉 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

特性	骨骼肌	平滑肌	心肌
粗絲及細絲	有	有	有
肌節—橫紋	有	無	有
橫管	有	無	有
肌內質網*	++++	+	++
細胞間隙連接	無	有	有
終端池來源	肌內質網	肌內質網及細胞外	肌內質網及細胞外
終端池調節位置	旋轉素	肌凝蛋白	旋轉素
收縮速度	快—慢	非常慢	慢
由節律器細胞自發產生動作電位	無	有	有
肌肉張力 (無外在刺激下所維持的最低張力)	無	有	無
刺激神經的效應	興奮	興奮或抑制	興奮或抑制
對興奮與收縮的生理效應	無	有	有
拉長細胞造成收縮	無	有	無

*+號數目代表某種細胞特性，其內質網的相對數量。

類似。由於心肌細胞之間以間隙連接相連，當有動作電位從節律器細胞引發時，就會迅速傳到整個心臟；所以每次心跳，就代表有一次動作電位的產生與傳遞。除了調節節律器的釋放以及收縮的強度外，第12章也將介紹自律性神經分泌的神經遞質，如何改變了心臟節律器細胞去極化的頻率，也因此改變了心跳速率。

表9-6將不同種類肌肉細胞的特性作一摘要整理，並做比較。

第二節 摘要 (Summary)

平滑肌收縮及其控制

1. 細胞質鈣離子濃度增加，造成鈣與肌凝蛋白的結合，然後此複合物與肌凝蛋白輕鏈磷酸化並將其活化，活化的肌凝蛋白利用ATP將平滑肌肌凝蛋白磷酸化，只有磷酸化的肌凝蛋白才能與肌動蛋白相連，然後進行橫橋週期。

2. 平滑肌肌凝蛋白分解ATP的速率不高，因此造成其收縮的速度比橫橋週期得多。但是每單位面積所產生的張力，卻與骨骼肌相近。

3. 引起平滑肌收縮的細胞質鈣離子有兩個來源：肌內質網及細胞外鈣離子。在各種因子的調控下，開啟平滑肌細胞細胞膜及肌內質網膜上的鈣離子通道，可讓鈣離子進入細胞質。

4. 由多數刺激造成的細胞質鈣離子增加，並不會活化所有的橫橋，因此能增加細胞質鈣離子濃度的因子，就可以加強平滑肌的收縮。

平滑肌構造

1. 平滑肌細胞為紡錘形，不具有橫紋，只有縱紋，並能進行細胞分裂。平滑肌細胞含有肌動蛋白及肌凝蛋白纖維，並以肌絲滑動的機制進行收縮。

第九單元 肌肉 289

第九單元 肌肉 (End of Section)

章節結尾 (End of Chapter)

全書的各章結尾，都會有：

- 設計來檢驗學子對重要觀念了解程度的測驗題。
- 計算及思考題的目的，在挑戰學子超越單純的事實記誦，以解決問題；同時鼓勵學子停下來深入思考，方才所學的內容，是否有更深入的意義或更廣泛的重要性。
- 「生理問題探索」的答案。

第九單元 肌肉 289

第九單元 肌肉 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

第九單元 肌肉 (End of Section)

全書的各節結尾，都會有摘要、關鍵詞、臨床名詞以及複習題。

致謝 (Acknowledgments)

The authors are deeply indebted to the following individuals for their contributions to the twelfth edition of *Vander's Human Physiology*. Their feedback on the eleventh edition, their critique of the revised text, or their participation in a focus group provided invaluable assistance and greatly improved the final product. Any errors that may remain are solely the responsibility of the authors.

Beth Altschaffl,
*University of Wisconsin School of Medicine
and Public Health*

Brian L. Antonsen,
Marshall University

Kim Barrett,
University of California, San Diego

Erwin Bautista,
University of California, Davis

Russell Borski,
North Carolina State University

Robert Breger,
Aurora St. Luke's Medical Center

Tracy Brenner,
Medical College of Wisconsin

George A. Brooks,
University of California-Berkeley

John Celenza,
Boston University

Pat Clark,
IUPUI

Ruth Clark,
Washington University School of Medicine

J. Helen Cronenberger,
University of Texas at San Antonio

Jean-Pierre Dujardin,
The Ohio State University

A-M. Engelbrecht,
Stellenbosch University, South Africa

James Ervasti,
University of Minnesota

James W. Findling,
Medical College of Wisconsin

Robert S. Fitzgerald,
Johns Hopkins University

Hubert Forster,
Medical College of Wisconsin

Laurence Greene,
University of Colorado at Boulder

Stephen K. Henderson,
California State University, Chico

Tom Hurley,
University of Missouri-Columbia School of Medicine

Marilyn Kay,
Aurora St. Luke's Medical Center

Henry Kayongo-Male,
South Dakota State University

Po Sing Leung,
The Chinese University of Hong Kong

Mingyu Liang,
Medical College of Wisconsin

Andrew J. Lokuta,
*University of Wisconsin School of Medicine
and Public Health*

Steven Magill,
Medical College of Wisconsin

David S. Mallory,
Marshall University

David L. Mattson,
Medical College of Wisconsin

Brad Mehrtens,
University of Illinois at Urbana-Champaign

C. W. Miller,
Colorado State University

Randy Mogg,
Columbus State Community College

Donata Oertel,
*University of Wisconsin School of Medicine
and Public Health*

Linda Ogren,
University of California at Santa Cruz

David Olsen,
Aurora St. Luke's Medical Center

Lucia Pemble,
Griffith University, Nathan, Australia

Tanner Pinney,
*University of Wisconsin School of Medicine
and Public Health*

Frank L. Powell,
University of California, San Diego

John Richards,
Aurora St. Luke's Medical Center



Mary Anne Rokitka,
University at Buffalo

Ann Rosenthal,
Medical College of Wisconsin

Andrea J. Sobieraj,
Brown University

Alan J. Tilbrook,
Monash University, Australia

Elizabeth S. Tomlin,
University of North Carolina at Greensboro

Jesus A. F. Tresguerres,
University Complutense, Madrid, Spain

Jean Maguire van Seventer,
Boston University School of Public Health

Randall Walikonis,
University of Connecticut–Storrs

Marie-Louise Ward,
University of Auckland

Joanne Westin,
Case Western Reserve University

Eliot Williams,
*University of Wisconsin School of Medicine
and Public Health*

Douglas Woo,
Medical College of Wisconsin

The authors are indebted to the editors and staff at McGraw-Hill Higher Education who contributed to the development and publication of this text, particularly Developmental Editor Fran Schreiber, Executive Editor Colin Wheatley, Project Manager Mary Jane Lampe, Production Supervisor Sherry Kane, Designer Tara McDermott, Marketing Manager Denise Massar, and Photo Researcher John Leland. We also thank freelance copy editor, C. Jeanne Patterson and proofreaders, Kathy Pfeiler and Gina Delaney. As always, we are grateful to the many students and faculty who have provided us with critiques and suggestions for improvement.

Eric P. Widmaier

Hershel Raff

Kevin T. Strang

運動生理學索引	xiv
作者序	xv
譯者序	xvi
本書章節導覽	xvi
Updates and Additions	xx
Teaching and Learning Supplements	xxii
誌謝	xxv

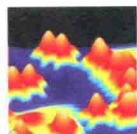


Chapter

1

恆定：人體生理學的架構 1

1.1	人體生理學涵蓋的範圍	2
1.2	身體是如何組成的	2
	肌肉細胞與組織	2
	神經元與神經組織	2
	表皮細胞與表皮組織	3
	結締組織細胞與結締組織	3
	器官與器官系統	4
1.3	體液的分區	5
1.4	恆定：生理學的決定特性	6
1.5	恆定控制系統的一般特性	7
	回饋系統	8
	設定點重設	9
	前饋調節	10
1.6	恆定控制系統的組成	10
	反射	10
	局部恆定反應	12
1.7	細胞間化學信使	12
1.8	與恆定有關的過程	13
	適應及水土適應	13
	生物週期	13
	化學物質恆定的平衡	14
第1章	臨床案例研究	16
	測驗題	18
	計算與思考題	19
	生理問題探索解答	19



Chapter

2

身體的化學組成 20

2.1	原子	21
	原子組成	21

	原子序	22
	原子量	22
	離子	22
	身體的原子組成	23

2.2	分子	23
	共價鍵	23
	氫鍵	25
	分子形態	25
	離子分子	25
	自由基	26
2.3	溶液	26
	水	26
	分子的溶解度	27
	濃度	27
	氫離子與酸度	28
2.4	有機分子的分類	29
	碳水化合物	29
	脂質	31
	蛋白質	32
	核酸	38
	ATP	39

第2章	臨床案例研究	40
	測驗題	43
	生理問題探索解答	43



Chapter

3

細胞結構、蛋白質與代謝 44

第一節 細胞構造

3A.1	顯微鏡下的細胞	45
3A.2	膜	46
	膜的結構	47
	膜的聯結	49
3A.3	胞器	50
	細胞核	50
	核糖體	50
	內質網	52
	高爾基體	52
	內小體	52
	粒線體	52
	溶小體	54
	過氧化體	54
	穹窿體	55
	細胞骨架	55

第二節 蛋白質

- 3B.1 基因密碼 57
- 3B.2 蛋白質合成 58
 - 轉錄：合成 mRNA 58
 - 轉譯：多肽合成 59
 - 蛋白質合成調控 62
 - 突變 63
- 3B.3 蛋白質分解 64
- 3B.4 蛋白質分泌 64

第三節 蛋白質結合區

- 3C.1 結合區的特色 66
 - 化學專一性 67
 - 親和力 68
 - 飽和度 68
 - 競爭性 69
- 3C.2 結合區特性的調節 69
 - 異位性調節 70
 - 共價性調節 70

第四節 酵素與化學能

- 3D.1 化學反應 72
 - 反應速率的決定因素 72
 - 可逆與不可逆反應 73
 - 質量作用定律 73
- 3D.2 酵素 74
 - 輔助因子 74
- 3D.3 酵素反應的調節 75
 - 受質濃度 75
 - 酵素濃度 75
 - 酵素活性 76
- 3D.4 多重酵素反應 76

第五節 代謝路徑

- 3E.1 細胞的能量轉移 79
 - 糖解作用 79
 - 克氏循環 80
 - 氧化磷酸化反應 82
 - 3E.2 碳水化合物、脂肪與蛋白質代謝 83
 - 碳水化合物代謝 84
 - 脂肪代謝 86
 - 蛋白質與胺基酸代謝 88
 - 新陳代謝總結 89
 - 3E.3 必需營養物質 89
 - 維生素 90
- ## 第3章 臨床案例研究 91
- 測驗題 93
 - 計算與思考題 93
 - 生理問題探索解答 94



4

Chapter

分子穿越細胞膜的移動 95

- 4.1 擴散 96
 - 擴散的大小和方向 96
 - 擴散速率與距離 97
 - 穿越膜的擴散 97
 - 4.2 輔助運輸系統 100
 - 輔助擴散 101
 - 主動運輸 102
 - 4.3 滲透 105
 - 細胞外滲透度及細胞體積 108
 - 4.4 內吞作用與胞吐作用 109
 - 內吞作用 109
 - 胞吐作用 112
 - 4.5 表皮細胞輸送 112
- ## 第4章 臨床案例研究 114
- 測驗題 116
 - 計算與思考題 117
 - 生理問題探索解答 117



5

Chapter

化學信使對細胞的控制 118

- 5.1 受體 119
 - 受體的調控 121
 - 5.2 訊息轉換的路徑 121
 - 由脂溶性信使引發之路徑 122
 - 由水溶性信使引發之路徑 122
 - 細胞膜受體與基因轉錄 130
 - 訊息轉換路徑活性的終止 131
- ## 第5章 臨床案例研究 132
- 測驗題 134
 - 計算與思考題 134
 - 生理問題探索解答 134