

Kuby

免疫學

第六版

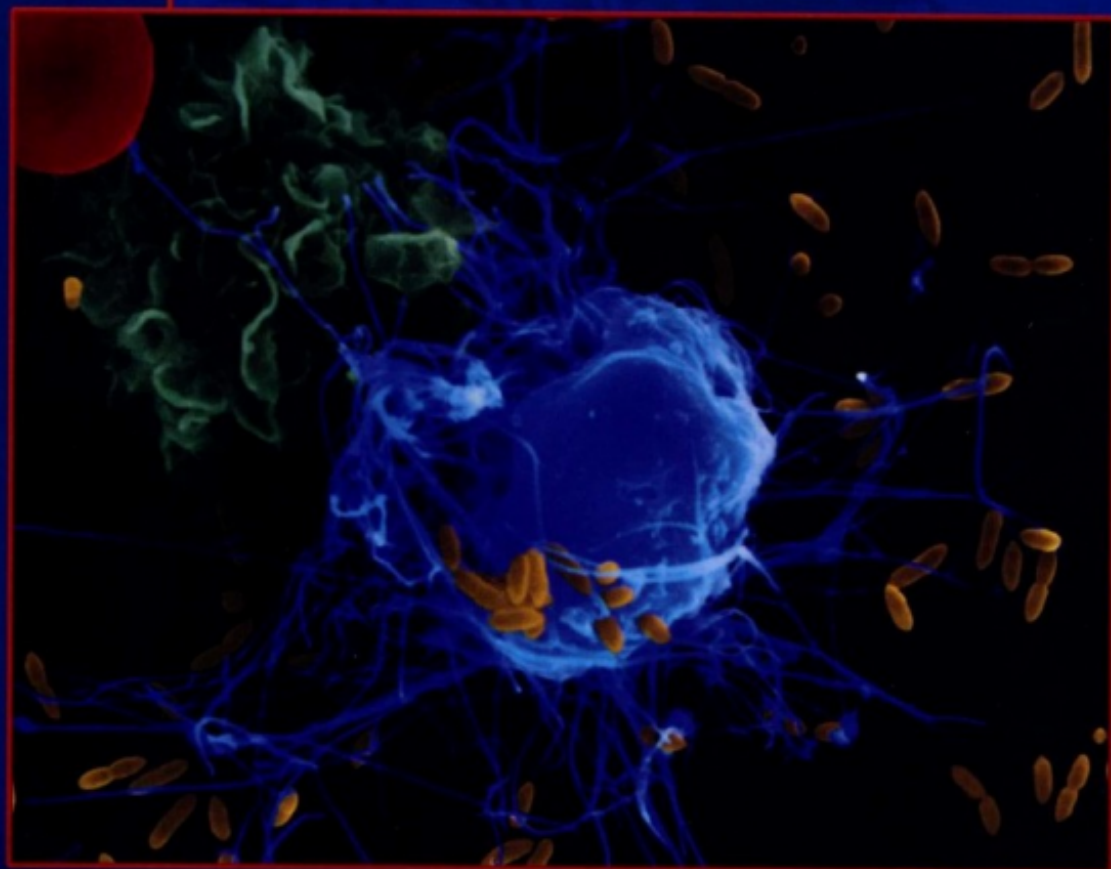
IMMUNOLOGY

原著

Thomas J. Kindt | Richard A. Goldsby | Barbara A. Osborne

總校閱 孫昭玲 方世華 賴志河

編譯 高榮駿



W. H. Freeman and Company
New York



九州圖書文物有限公司

Kuby 免疫學

第六版

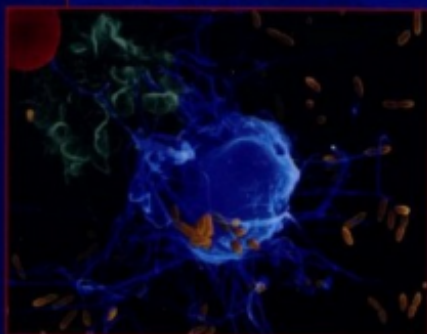
IMMUNOLOGY

原著

Thomas J. Kindt Richard A. Goldsby Barbara A. Osborne

總校對 孫紹坤 方世華 羅志河

編譯 高學強



W. H. Freeman and Company
New York

九州圖書文物有限公司

Visit the Companion Web Site:
www.whfreeman.com/immunology6e

ISBN 978-986-6929-20-5



9 789866 929205

 Kuby **免疫學** 第六版
IMMUNOLOGY

國家圖書館出版品預行編目資料

Kuby免疫學/Thomas J. Kindt 等原著；孫昭玲 方世華

賴志河 總校閱；高榮駿 編譯

— 第六版 — 臺北市：九州圖書，民 100

面；公分

含索引

ISBN 978-986-6929-20-5 (精裝)

1. 免疫學

369.85

100001829

Kuby 免疫學 IMMUNOLOGY 第六版

定價新台幣 元

本書係經 W. H. Freeman and Company 授權九州圖書文物有限公司印行中文版，未經本公司書面授權同意，不得以任何方式作全部或局部內容之抄襲、節錄及翻印。

Chinese edition copyright © 2011 by Jeou Chou Book Co., Ltd

First published in the United States

by W. H. FREEMAN AND COMPANY, New York and Basingstoke

Copyright © 2006 W. H. Freeman and Company All rights reserved.

原 著：Thomas J. Kindt, Richard A. Goldsby, Barbara, A. Osborne

總校閱：孫昭玲 方世華 賴志河

編 譯：高榮駿

發行所：九州圖書文物有限公司

發行人：詹九州

總經銷：九州圖書文物有限公司

地 址：台北市新生南路三段88號五樓

電 話：(02)2365-2183

傳 真：(02)2364-9642，2364-9654

郵 撥：0166042-9

e-mail：jcpub@ms19.hinet.net

http：//www.jcbooks.com.tw

第六版：中華民國100年3月

西元 2011 年 3 月 初版第一刷

新聞局出版事業登記證局版台業字第1223號

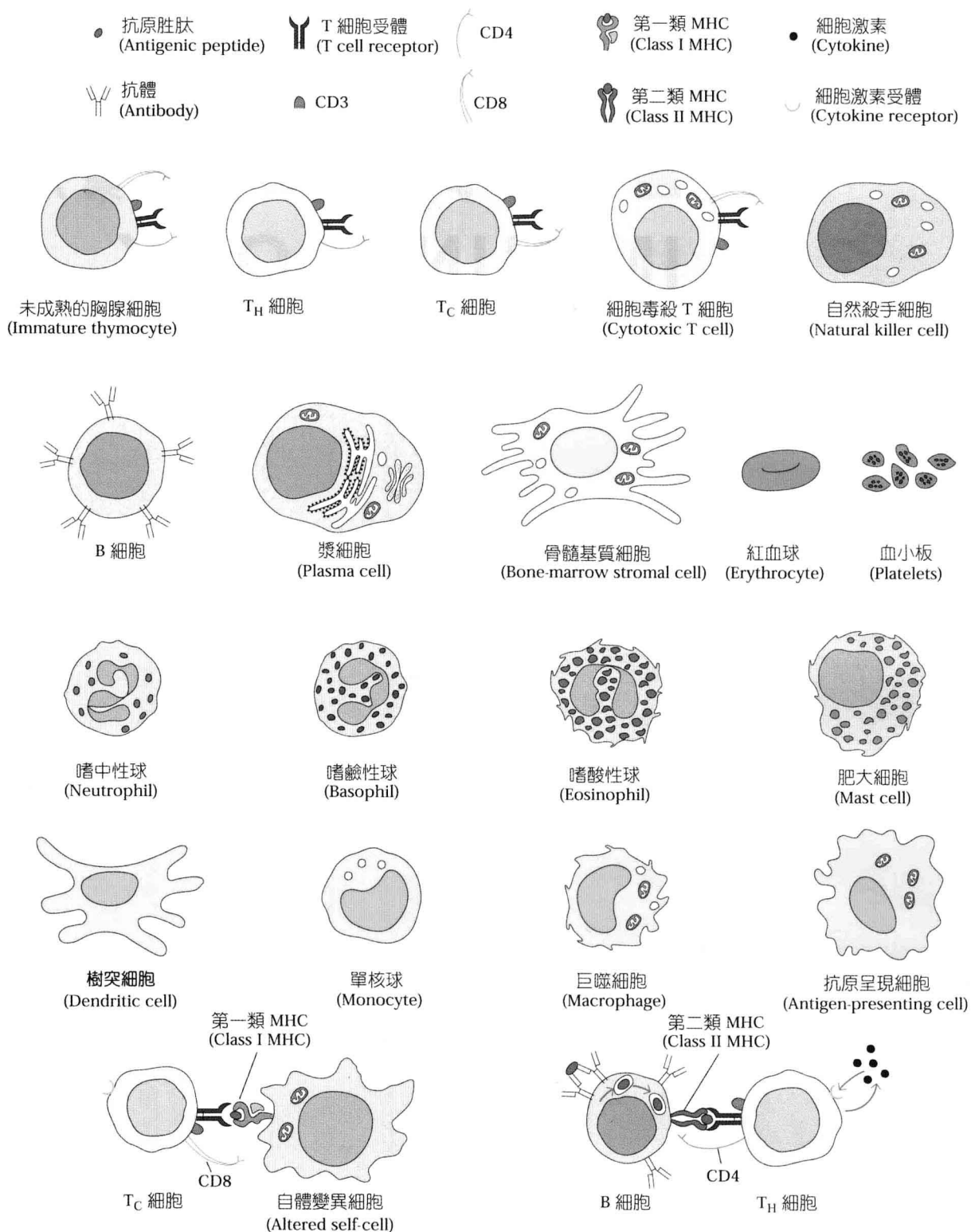
ISBN 978-986-6929-20-5

本公司出版及總經銷之圖書，凡有跳頁、缺損等故障情形，無論何時均可退換，退換郵資由本公司負擔。

關於封面

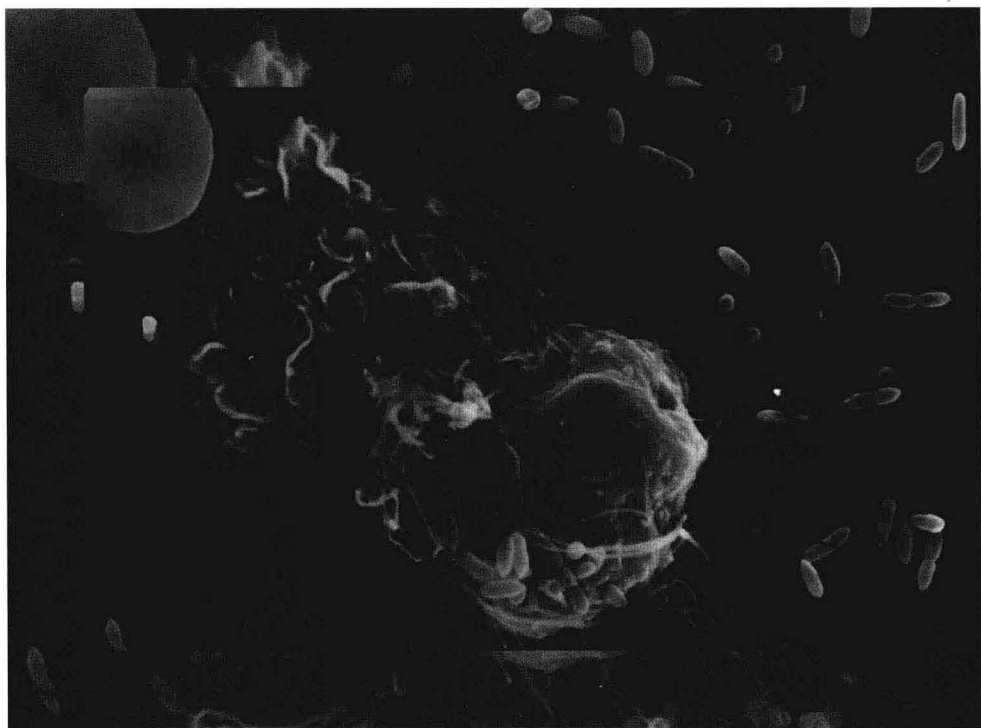
巨噬細胞(藍色)在先天性免疫中具有關鍵作用，透過型態辨識受體感測細菌蛋白質，隨後攝入並消化(吞噬作用)入侵的細菌(黃色)。此類接觸現象會刺激巨噬細胞分泌可溶性因子，吸引如單核球(黃色)的其它細胞來到受侵襲的區域。

本書固定使用的圖示



Kuby 免疫學 IMMUNOLOGY

第六版



原 著

Thomas J. Kindt

National Institutes of Health

Richard A. Goldsby

Amherst College

Barbara A. Osborne

University of Massachusetts at Amherst

總校閱

孫昭玲

國立台灣大學 免疫學研究所 博士

高雄醫學大學 醫學研究所暨微生物科 助理教授

方世華

國立臺灣體育學院 競技運動系 教授

前中國醫藥大學 醫學系微生物學科 主任

賴志河

國立清華大學 生命科學系 博士

中國醫藥大學 微生物學科 助理教授

編譯

高榮駿

國立台灣大學 醫學院 生化學研究所 博士



W. H. Freeman and Company
New York



九州圖書文物有限公司

Jeou Chou Book Co. Ltd

總校閱與譯者序

在近代生物學與醫學的發展中，免疫學處於重要的樞紐位置。免疫學是整合性的學問，而且不斷地出現令人驚奇的發現與新理論。因此要研讀免疫學，需要整合基礎理論、實驗與臨床醫學的知識，建立基本的觀念。

Goldsby教授原著「*Immunology*」，詳盡地描述免疫學的基本概念，並對影響免疫學發展的實驗與臨床結果進行討論。對於有志從事科學研究或醫藥事業的學子們，本書將提供極大的助益。

很榮幸我們參與Goldsby教授原著「*Immunology sixth edition*」一書編譯成中文的工作。希望此書能幫助更多學生領略免疫學的基本概念，並應用在不同領域上。在短時間內完成此項編譯工作，編譯內容與文辭修飾難免有不盡完美之處，請各位先進不吝指正，使本書內容更加完善。

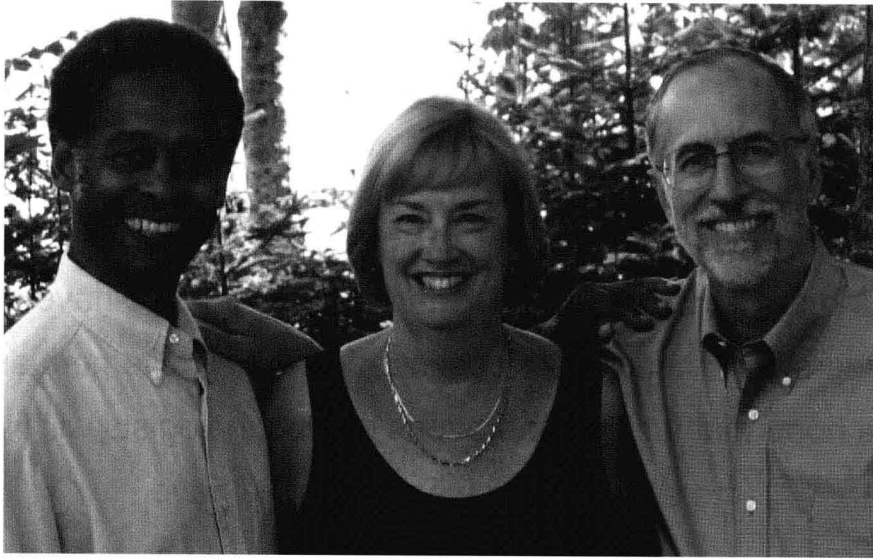
孫昭玲 高榮駿
方世華 賴志河
2011. 2

To our many students, fellows, and colleagues who have made our careers in immunology a continued time of excitement and joy.

We hope that future generations of immunologists will find the subject as rewarding as we have.

獻給那些讓我們職業生涯有持續研究樂趣的師生們，
希望未來的免疫學者能像我們一樣，發現值得研究的題材。

關於作者



由左至右：Richard A. Goldsby, Barbara A. Osborne及Thomas J. Kindt。

Thomas J. Kindt 任職於國家衛生研究院多年，領導過敏與感染症的研究部門。該職使他每天接觸實驗性及臨床免疫學的新進展。他目前也是政府部門與私立機構之免疫學與感染症學之常聘顧問。

Richard A. Goldsby 任教於Amherst學院，教授大學生與研究生免疫學課程。他的研究興趣為在動物體中製造人類或是基因工程修改過的抗體，他也擔任國家科學基金會短期課程計畫的課程主導者，教授大學教師們最新的免疫學課程。

Barbara A. Osborne 任職於Amherst市的麻州大學，對細胞凋亡與T細胞反應這些快速前進的領域貢獻良多，Barbara不只是位積極的研究者，她也教授大學部與研究所的免疫學課程。

Janis Kuby 於1997年過世，她曾任教於舊金山州立大學及柏克萊的加州大學。Kuby教授為此書之原創者，也是前三版的作者，她專業的教學與寫作才能使得這本免疫學課本“Immunology”成為此課程最暢銷的教科書，而她對於課文編排的遠見、結合最先進內容，以及形式豐富的教學工具，依然存在於新版書中。

原序

「……免疫學的持續發展是無可避免的，這對醫學和學術界都是一項挑戰。」

這是第二版中，Janis Kuby寫下的論點。

新版“Immunology”的目標是為新一代的科學研究人員與醫藥專業人員提供當前最新的知識。我們必須為新進者提供免疫學的廣大新視野，因此要更新資訊。同時我們也會介紹免疫系統中已建立的實驗與模式。

新增章節 第三章—先天性免疫

先天性免疫的運作方式已被推演出來，且此領域的快速進展也是免疫學中最令人興奮的發展。因此在本書最新版中，新增篇幅第三章「先天性免疫」會探索：

- 型態辨識受體等免疫效應物的活性何以整合在先天性免疫反應中。
- 細胞、可溶性抗菌分子以及膜結合型受體如何合作並迅速攻擊感染性病媒。
- 何以先天性免疫系統不僅是第一線防禦，也是

啟動適應性免疫系統所必需。

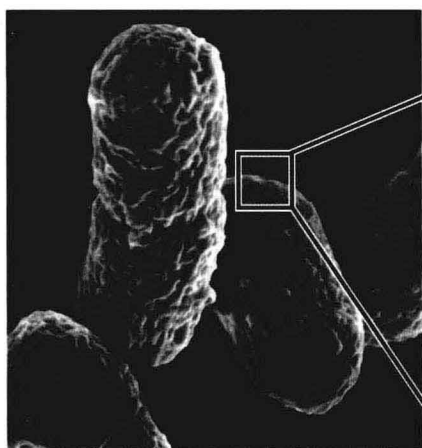
- 何以先天性免疫系統的成分發生缺陷常會導致適應性免疫系統減弱或產生不適當的反應。

強調臨床關聯性

不論是缺乏或是過度的免疫反應都會導致可怕的後果。有志從事醫療事業的人應當要了解此系統的運作。本書涵蓋了很多新疾病與感染病，且本書的特色臨床焦點以及章節末相對應的學習測驗也進行更新。新版中更新的部分有：

- 解釋抗原交叉呈現作用與免疫力對抗病毒及其他感染性病媒的關係(第8章)。
- 延伸討論細胞激素及其在發炎與疾病的作用(第12章及全書中)。

細菌



細胞壁結構

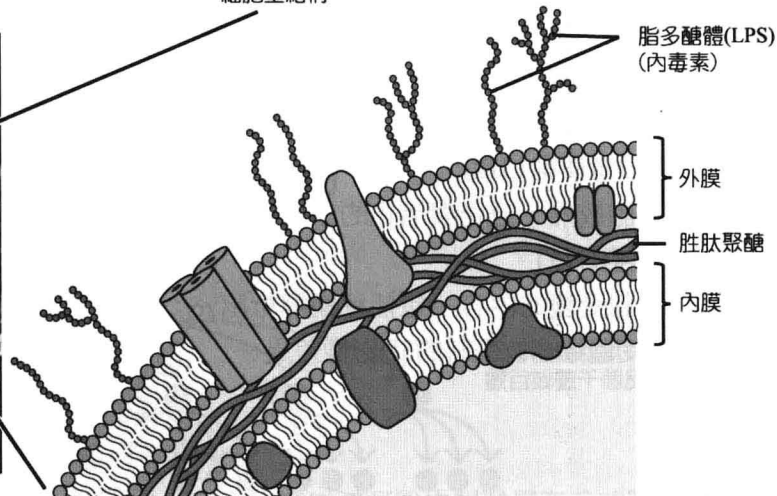


圖 3-9 大腸桿菌細胞壁中的脂多醣體(LPS)。LPS是先天性免疫的強力刺激物。

[Photograph from Gary Gaugler/Visuals Unlimited.]

- NK細胞受體多樣性的最新發現以及其基因變異性如何影響疾病的好發性(第14章)。
- 新的臨床焦點討論KIR/MHC對疾病的影響(第14章)。
- 中央耐受性與周邊耐受性，以及與自體免疫疾病和同種異體移植排斥的關係(第16章)。
- 討論減輕自體免疫(如關節炎、多發性硬化症、狼瘡及克羅氏症)病症的方法(第16章)。
- 詳細說明單株抗體作為醫療試劑的臨床應用(第4、5、6、16、17章等)。
- 詳述感染性疾病，包括說明主要的病原體族群及其引發免疫反應的特性；更新流行性感冒的相關資訊，包含鳥禽病毒株及其對人類的威脅；AIDS擴散及以藥物控制自體免疫疾病的人逐漸增加，為何會使黴菌感染的疾病增加(第18章)。
- 新增SARS的篇幅，包括評估與發現SARS如何自動物傳遞至人類(第18與19章)。
- AIDS後續研究的新資訊(第20章)。
- 人類乳突病毒(HPV)與子宮頸癌、預防疫苗試驗的相關報導，在新的臨床焦點中更進一步解釋這些研究結果(第21章)。

增加訊號傳遞的篇幅

過去數年間，對於受體結合其配體後所發生的事，我們了解的越來越多。我們提供一個章節介紹訊號傳遞的通則，歸納常見的訊號傳遞形態，並舉出一些不尋常的關鍵作用物，內容包括：

- 以新的章節說明類鐸受體接合其配體後引發的訊號傳遞作用(第3章)。
- 擴增篇幅說明參與細胞移行與外滲作用的分子交互作用(第3章與第13章)。
- 詳述多種細胞成熟、分化與活化的訊號傳遞途徑(第10章與第11章)。
- 擴增 $\gamma\delta$ T細胞受體的內容，包括近期解析出 $\gamma\delta$ 與 $\alpha\beta$ T細胞受體結合抗原時的3D影像差異。

新技術

接著討論使我們在免疫學領域中獲致新知的現代重要技術：

- 說明表面電漿共振技術及其應用於解決免疫學的基本問題(第6章)。
- 利用MHC-抗原四聚體標記技術標示膜結合型T細胞受體(第14章)。
- 說明雙光子顯微鏡能追蹤在淋巴結內的細胞(第11章及第22章)。

新版架構

在諮詢了許多免疫學領域的教師後，我們接著改變了第六版的架構，使本書避免累贅而更為通暢：

- 整併抗體與抗原的章節(第4章)。
- 補體章節往前移且在抗體章節之後(第7章)。
- 整併MHC與抗原呈現作用的章節(第8章)。

“Immunology” 第六版各章節中其他新增內容及最新資料的細項說明，請參閱網站

www.whfreeman.com/immunology6e

教學工具

總覽圖與教學重點說明

要讓學生正確而深刻地理解免疫學，有許多概念特別重要。我們會運用相對應的圖像協助學生掌握這些內容。

- 總覽圖中闡述理論性的概念。這些圖歸納了課文無法傳達的重要想法與過程；這些內容通常以「逐步流程圖」的圖解形式說明，呈現更廣泛與更有系統性的圖示，協助學生想像這些關鍵過程。
- 運用前後一致的圖像描繪各種免疫細胞及重要膜分子，協助學生能想像理解這些複雜的關聯性。這些圖像表列於本書卷頭，作為簡易的學習指南。

學習測驗

Janis Kuby在“Immunology”中創設的學習測驗內容，在教師與學生間引起很大的迴響。本書第6版在每個章節中都特別新增或修訂測驗問題，包括一系列全新的數據分析測驗，提供近代文獻與量化資料，激發學生運用本書所學到的工具推斷這些資料結果。在書後的附錄中會提供每個測驗詳盡新穎的解答。



總覽圖 1-6：訊號傳遞中的基本通則

訊號接受

1

當訊號結合其受體即啟動訊號途徑

傳遞作用

2

配體結合至受體，引發訊號途徑中成分的聚集

3

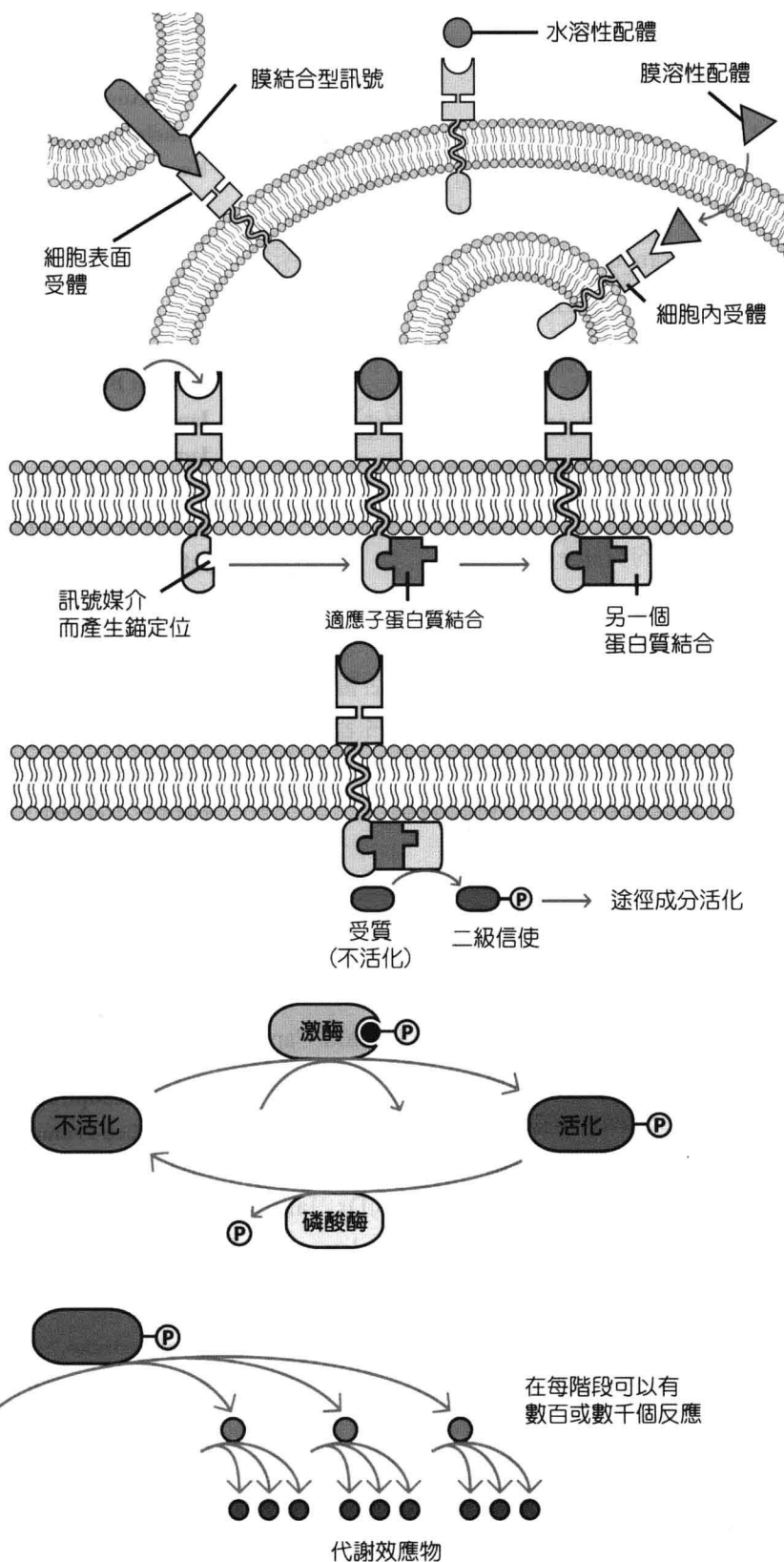
產生二級信使將訊號帶入細胞內部

4

控制訊號途徑中的磷酸化/去磷酸化作用可以活化/去活化另一個途徑成分

5

酵素階層式反應放大訊號將分子轉換成活化形式



學習工具

Web site: www.whfreeman.com/immunology6e

網站上提供學生各章節的學習指導，包括各種練習及資源，如Clinical Case Studies等。學生可透過列在每個章節末的圖示連接到網路資源。



• **Animations** 利用書本外生動的動畫提供重點概念以加強理解複雜的動態免疫過程。



• **Molecular Visualizations** 由California Lutheran University的David Marcey所製作，提供放大且易於理解的動態瀏覽3D分子模型，更易於了解分子結構與功能的關聯性。



• **Vocabulary Self-Tests** 能使學生回顧並複習課文中關鍵詞彙的意義。



• **Useful Web Sites** 學生可透過這些網站搜尋更多的資訊。

教師資源CD-ROM

採用本教材即可獲得此電子資源，包括書中所有圖片的JPEG與PowerPoint格式(所有圖片皆可自書商網站Instructor's Resource Center中取得)。此外，CD-ROM還包括網站中所有的動畫資料。

銘謝

我們特別感謝一些團隊協助進行繁雜的修訂工作，詳盡審閱使本書更為完善。這些包括Oklahoma Medical Research Foundation的Drs. J. Donald Capra與Kendra White，Saint Cloud State University的Dr. JoAnn Meerschaert，在Birmingham的University of Alabama之Dr. Jiri Mestecky，NIH NIAID的Dr. Jonathan Yewdell，Emory University的Dr. James Kindt，Brown University的Dr. Johnna Wesley，NIH NIAID的Dr. Eric Long等。我們希望最後的出版品能反映出這些以及下列專家投入的優質心力，他們都提供重要的觀點與指導。

對於Saint Cloud State University的Dr. JoAnn Meerschaert提供優質的測驗問題以及Kansas State University的Dr. Stephen K. Chapes開闢「數據分析」一欄，我們亦表達誠摯的感謝。

我們感謝以下的檢閱人員在第六版稿本準備期間所提供的評註與建議。他們的專業與觀點對本書貢獻良多。

Ruth D. Allen, Indiana University-Purdue University Indianapolis

Avery August, The Pennsylvania State University

Pamela J. Baker, Bates College

Kenneth J. Balazovich, University of Michigan

Cynthia L. Baldwin, University of Massachusetts Amherst

Scott R. Barnum, University of Alabama, Birmingham

Stephen H. Benedict, University of Kansas

Earl F. Bloch, College of Medicine Howard University

Lisa Borghesi, University of Pittsburgh

Laurent Brossay, Brown University

Jane Bruner, California State University, Stanislaus

James W. Campbell, Rice University

Stephen Keith Chapes, Kansas State University

Koteswara R. Chintalacharuvu, UCLA

Jeffery R. Dawson, Duke University, School of Medicine

Janet M. Decker, University of Arizona

Michale Edidin, The Johns Hopkins University

Sherry D. Fleming, Kansas State University

Scott C. Garman, University of Massachusetts Amherst

Elizabeth Godrick, Boston University

Sandra O. Gollnick, Roswell Park Cancer Institute

Hans W. Heidner, The University of Texas at San Antonio

Vincent W. Hollis, Jr., Howard University

Sandra O. Gollnick, Roswell Park Cancer Institute

Hans W. Heidner, The University of Texas at San Antonio

Vincent W. Hollis, Jr., Howard University

W. Martin Kast, University of Southern California

Dennis J. Kitz, Southern Illinois University, Edwardsville

Katherine L. Knight, Loyola University

Paul M. Knopf, Brown University

Kay K. Lee-Fruman, California State University, Long Beach

Alan D. Levine, Case Western Reserve University

Judith Manning, University of Wisconsin School of Medicine

James A. Marsh, Cornell University College of Veterinary Medicine

John Martinko, Southern Illinois University Carbondale

Andrea M. Mastro, The Pennsylvania State University

Jennifer M. Mataraza, Boston College

Dennis W. McGee, Binghamton University

JoAnn Meerschaert, Saint Cloud State University

Jiri Mestecky, University of Alabama, Birmingham

Michael F. Minnick, University of Montana

Thomas W. Molitor, University of Minnesota, College of

Veterinary Medicine

David M. Mosser, University of Maryland

Rita B. Moyes, Texas A&M University

Philip C. Nelson, University of Pennsylvania

Alma Moon Novotny, Rice University

Kim O'Neill, Brigham Young University

Luke O'Neill, Trinity College, Dublin, Ireland

Leonard D. Pearson, Colorado State University

Christopher A. Pennel, University of Minnesota

Wendy E. Raymond, Williams College

Robert C. Rickert, University of California, San Diego

Kenneth H. Roux, Florida State University

Abhineet Sheoran, Tufts Cummings School of Veterinary
Medicine

Michail Sitkovsky, Northeastern University

Robert C. Sizemore, Alcorn State University

Gary Splitter, University of Wisconsin, Madison

Douglas A. Steeber, University of Wisconsin, Milwaukee

Lisa Steiner, Massachusetts Institute of Technology

Jeffrey L. Stott, University of California, Davis School of
Veterinary Medicine

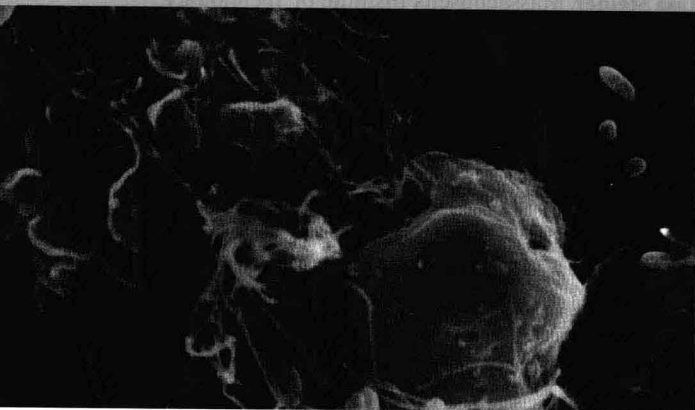
Denise G. Wingett, Boise State University

Jon Yewdell, NIH-NIAID

Kirk Ziegler, Emory University School of Medicine

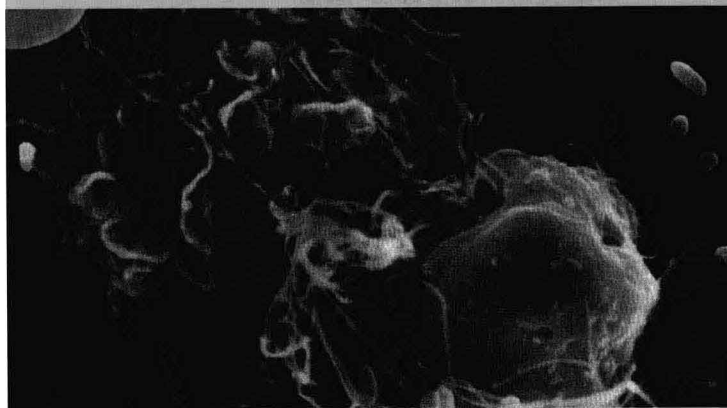
我們也要感謝W.H Freeman公司非常具有經驗及才幹的同仁。尤其是Kate Ahr, Georgia Lee Hadler, Karen Taschek, Vicki Tomaselli, Paul Rohloff, Susan Timmins, Ted Szczepanski, Hannah Thonet, and Nick Tymoczko。感謝我們的內容編輯Morgan Ryan，他協助我們將免疫學呈述出來，由於他的堅毅決心，這份工作才得以完成。

摘要目錄



第一部分	緒論	
	第一章	免疫系統概述 1
	第二章	免疫系統的細胞與器官 23
	第三章	先天性免疫 52
第二部分	B細胞與T細胞反應的產生	
	第四章	抗原及抗體 76
	第五章	免疫球蛋白基因的架構與表現 111
	第六章	抗原抗體交互作用：原理與應用 145
	第七章	補體系統 168
	第八章	主要組織相容性複合物與抗原呈現 189
	第九章	T細胞受體 223
	第十章	T細胞成熟、活化與分化 245
	第十一章	B細胞生成、活化與分化 271
第三部分	免疫作用機制	
	第十二章	細胞激素 302
	第十三章	白血球活化與移行 327
	第十四章	細胞媒介的細胞毒性反應 351
	第十五章	過敏反應 371
第四部分	健康者與患者的免疫系統	
	第十六章	耐受性與自體免疫 401
	第十七章	移植免疫學 425
	第十八章	感染性疾病的免疫反應 447
	第十九章	疫苗 475
	第二十章	後天免疫缺乏症候群及其他免疫缺乏疾病 493
	第二十一章	癌症及免疫系統 525
	第二十二章	實驗系統 546
	附錄I：CD抗原	A-1
	附錄II：細胞激素	A-22
	辭彙	G-1
	學習測驗解答	AN-1
	索引	1-1

目錄



原序

ix

第一部分 緒論

第一章 免疫系統概述

1

歷史觀點

2

早期的疫苗接種研究引領邁向免疫之途

2

疫苗接種(Vaccination)是一種持續進展的全球性事業

3

體液性與細胞性免疫的早期研究

4

理論的挑戰

6

感染與免疫

7

先天性及適應性免疫

9

吞噬細胞是避免感染的屏障

9

可溶性分子提供先天性免疫力

9

先天性與適應性免疫共同作用增強免疫反應

10

適應性免疫為高度專一性

12

適應性免疫中淋巴細胞及抗原呈現細胞的合作

13

抗原呈現細胞與T細胞間之交互作用

14

體液性與細胞性免疫反應展現不同的效應作用

14

B及T淋巴細胞的抗原受體呈現多樣性

16

主要組織相容分子與抗原肽結合

16

淋巴細胞的抗原選擇作用促使株系擴增

17

免疫功能失調及其結果

18

臨床焦點--過敏及氣喘是嚴重的公共衛生問題

20

第二章 免疫系統的細胞與器官

23

造血作用

23

在基因層次調控造血作用

24

許多因子參與造血恆定作用

26

計畫性細胞死亡為必要的恆定制

26

造血幹細胞可以濃縮純化

28

免疫系統的細胞

29

淋巴細胞

30

B淋巴球(B細胞)

31

臨床焦點--幹細胞--臨床應用和潛能

32

T淋巴球(T細胞)

34

B及T細胞族群包含亞族群株系

35

自然殺手細胞

35

單核吞噬細胞

35

吞噬作用後進行抗原消化與呈現

36

顆粒細胞

37

肥大細胞

38

樹突細胞

38

濾泡樹突細胞

40

免疫系統的器官

40

初級淋巴器官

40

次級淋巴器官

43

淋巴細胞與器官一演化上的比較

49

第三章 先天性免疫

52

解剖學上的屏障

52

先天性與適應性免疫間的關聯

54

發炎反應

57

白血球外滲作用是受到高度調控的多步驟過程

59

可溶性分子及膜連接性受體

59

抗微生物肽幫助先天性防禦對抗細菌與真菌

59

急性期反應的蛋白質協助先天性免疫

60

先天性免疫利用多種受體偵測感染

61

類鐸受體

62

先天性免疫的細胞形式

65

嗜中性白血球特化為從事吞噬作用與獵殺

65

臨床焦點--C-反應蛋白是心血管疾病風險的關鍵指標

66

巨噬細胞具有大量抗病原體的裝備	66	B細胞受體	101
NK細胞是對抗病毒之重要的第一道防線		Fc受體結合至抗體的Fc區	102
並且能提供其他細胞關鍵的活化訊號	68	免疫球蛋白超級家族	102
樹突細胞會攻擊病原體並透過活化T細胞引起適應性免疫反應	68	單株抗體	103
訊號傳遞途徑	69	單株抗體具有重要的臨床用途	105
TLRs訊號的發送典型的訊號傳遞途徑	69	抗體酵素是能催化反應的單株抗體	106
先天性免疫的普遍性	71		
第二部分 B細胞與T細胞反應的產生		第五章 免疫球蛋白基因的架構與表現	111
第四章 抗原及抗體		76	
免疫生成性與抗原性		77	
半抗原值得作為研究與診斷的工具	77	設計符合免疫球蛋白結構的基因模型	111
免疫原的特性促成免疫生成性	78	胚源系模型與體變異模型在解釋抗體多樣性的歧異	112
生物系統對免疫生成性的貢獻	80	Dreyer與Bennett提出革命性的雙基因單一多胜肽模型	113
抗原決定位	81	Tonegawa的驚人發現一免疫球蛋白基因重排	113
B細胞抗原決定位的特徵	82	免疫球蛋白基因的多基因架構	114
抗體的基本結構	84	每個多基因家族都具有明確的特徵	114
抗體是異質雙體	85	重鏈多基因家族	115
化學與酵素方法顯示抗體基本構造	85	變異區基因重排	116
輕鏈序列顯示恆定及變異區	87	輕鏈DNA進行V-J重排作用	116
重鏈分為五種類型	87	重鏈DNA進行V-D-J重排作用	117
免疫球蛋白摺疊形成多重區域	87	變異區DNA重排作用的機制	118
抗體結合位置	89	重組訊號序列指引重組作用	118
互補決定區與抗原結合	90	基因片段由重組酶連接	119
抗原結合可能造成構型改變	92	Ig-基因重排可能是生產型或非生產型	120
恆定區區域	93	對偶基因排斥作用能確保單一抗原專一性	121
抗體媒介效應作用	94	抗體多樣性的產生	122
抗體促進調理作用	94	大量的胚源系V、D及J基因片段	123
抗體會活化補體	95	組合的V-J及V-D-J連結會產生多樣性	123
抗體依賴性細胞媒介細胞毒殺作用能殺死細胞	95	連結彈性增加多樣性	123
一些抗體可透過轉胞運輸作用穿透上皮膚	95	P區添加作用在迴文結構的序列中增添多樣性	123
抗體類型與生物活性	95	N區添加藉由添加核苷酸增加大量多樣性	123
免疫球蛋白G (IgG)	95	體超突變增加已重排的基因片段之多樣性	125
免疫球蛋白M (IgM)	96	多樣性的最後一個來源是重鏈與輕鏈的組合連結	127
免疫球蛋白A (IgA)	96	物種間免疫球蛋白基因多樣化的方式不同	127
臨床焦點--被動抗體治療法	98	恆定區基因間的類型轉換	127
免疫球蛋白E (IgE)	99	活化誘導胞嘧啶去氨酶媒介體超突變及類型轉換作用	128
免疫球蛋白D (IgD)	100	免疫球蛋白基因的表現	129
免疫球蛋白上的抗原決定子	100	重鏈初級轉錄物進行不同的RNA加工過程	130
同種型	100	IgM與IgD的同時表現	132
同種異型	100	免疫球蛋白合成、組合與分泌	132
個體基因型	101	免疫球蛋白基因轉錄作用的調控	133
		DNA重排大幅增加轉錄作用	134
		T細胞的免疫球蛋白基因表現會被抑制	135
		抗體基因及抗體工程	135