



肌肉骨骼系統解剖學 構造與功能

第二版

**STRUCTURE and
FUNCTION of the
MUSCULOSKELETAL
SYSTEM**
Second Edition

原著 / James Watkins

譯者 / 張俊詳

陳佑安

成功大學醫學工程研究所碩士
中山醫學大學物理治療系學士
國防醫學院生物暨解剖學
研究所兼任助理教授
國防醫學院生命科學所博士
台灣大學物理治療系學士



HUMAN KINETICS
合記圖書出版社 發行



肌肉骨骼系統解剖學 構造與功能

第二版

**STRUCTURE and
FUNCTION of the
MUSCULOSKELETAL
SYSTEM**

Second Edition

原著 / James Watkins

譯者 / 張俊詳

陳佑安

成功大學醫學工程研究所碩士
中山醫學大學物理治療系學士
國防醫學院生物暨解剖學
研究所兼任助理教授
國防醫學院生命科學所博士
台灣大學物理治療系學士



HUMAN KINETICS
合記圖書出版社 發行

國家圖書館出版品預行編目資料

肌肉骨骼系統解剖學：構造與功能 / James Watkins
原著：張俊詳，陳佑安譯。— 二版。— 臺北市：
合記，2013-05 面：公分
譯自：Structure and Function of the
Musculoskeletal System, 2nd ed.
ISBN 978-986-126-915-3(精裝)
1. 骨骼 2. 肌肉 3. 人體解剖學
394.1 102006521

肌肉骨骼系統解剖學：構造與功能

原 著 James Watkins
譯 者 張俊詳 陳佑安
助理編輯 陳佳芳
創 辦 人 吳富章
發 行 人 吳貴宗
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 www.hochitw.com

80磅雪銅紙 416頁

西元 2013 年 05 月 10 日 二版一刷

敬告：本書內容之資料及數據僅供參考，如有任何疑問讀者需自行請教醫師確認無誤後再使用。本社雖已盡力確保該內容的準確性，但礙於國情上的差異或內容上有所疑義，請儘速聯絡本社修正以確保內容之正確性，本社對書中內容不做任何形式的保證。

版權所有・翻印必究

總經銷 合記書局
郵政劃撥帳號 19197512
戶名 合記書局有限公司

北醫店 電話 (02)27239404
臺北市信義區(110)吳興街249號(台北醫學大學附設醫院正對面)

臺大店 電話 (02)23651544 (02)23671444
臺北市中正區(100)羅斯福路四段12巷7號(台大校本部對面巷內)

榮總店 電話 (02)28265375
臺北市北投區(112)石牌路二段120號(台北榮總附近北護旁)

臺中店 電話 (04)22030795 (04)22032317
臺中市北區(404)育德路24號(中國附設醫院立夫大樓斜對面)

高雄店 電話 (07)3226177
高雄市三民區(807)北平一街 1 號(高醫附設醫院旁)

花蓮店 電話 (03)8463459
花蓮市(970)中央路三段836號(慈濟大學正對面)

成大店 電話 (06)2095735
台南市北區(704)勝利路272號(台南成功大學附設醫院附近)

Structure and Function of the Musculoskeletal System, 2nd ed.

By *James Watkins, PhD*

ISBN 978-0-7360-7890-0

Copyright © 2010, 1999 by James Watkins

All rights reserved. Except for use in a review, the reproduction or utilization of this work in any form or by any electronic, mechanical, or other means, now known or hereafter invented, including xerography, photocopying, and recording, and in any information storage and retrieval system, is forbidden without the written permission of the publisher.

Copyright © 2013 by Ho-Chi Book Publishing Co.

All rights reserved. Published by arrangement with Human Kinetics.

Ho-Chi Book Publishing Co.

Head Office	322-2 Ankang Road, Nei-Hu Dist., Taipei 114, Taiwan TEL: (02)2794-0168 FAX: (02)2792-4702
1st Branch	249 Wu-Shing Street, Taipei 110, Taiwan TEL: (02)2723-9404 FAX: (02)2723-0997
2nd Branch	7 Lane 12, Roosevelt Rd, Sec 4, Taipei 100, Taiwan TEL: (02)2365-1544 FAX: (02)2367-1266
3rd Branch	120 Shih-Pai Road, Sec 2, Taipei 112, Taiwan TEL: (02)2826-5375 FAX: (02)2823-9604
4th Branch	24 Yu-Der Road, Taichung 404, Taiwan TEL: (04)2203-0795 FAX: (04)2202-5093
5th Branch	1 Pei-Peng 1st Street, Kaoshiung 807, Taiwan TEL: (07)322-6177 FAX: (07)323-5118
6th Branch	836 Zhongyang Road, Sec. 3, Hualien 970, Taiwan TEL: (03)846-3459 FAX: (03)846-3424
7th Branch	272 Shengli Road, Tainan 704, Taiwan TEL: (06)209-5735 FAX: (06)209-7638

本書經原出版者授權翻譯、出版、發行；版權所有。
非經本公司書面同意，請勿以任何形式作翻印、攝影、拷錄或轉載。

獻給我的母親與父親

Mary Watkins 1914-2006

William Watkins 1909-1985

人體運動由肌肉骨骼系統—骨骼肌、骨頭和關節所形成—並在神經系統的控制之下。骨骼在關節處相互連接，並允許它們相對地移動。骨骼肌施力於骨頭之上來控制關節的運動，藉由如此方式以整體性來控制身體的運動。透過不同肌肉群的協調性活動，再經由骨頭和關節傳遞肌肉所產生的力量，使我們能維持直立或部份直立的姿勢，同時從一個地方移動到另一個，並操作物體。

骨骼中骨頭開放鏈的排列—兩手臂和兩條腿分別連接於脊柱—允許我們能採取更廣泛的身體姿勢和執行更廣泛的運動範圍。然而這運動能力是骨骼肌以低機械效益的耗能為之的唯一的 possibility。大部份肌肉連接到骨頭，而且非常靠近關節，如此大部份的姿勢和運動但不包含躺下的情況下，肌肉必須產生巨大力量，進而導致關節內非常大的力量。

力量運用於肌肉骨骼系統的反應，使用它經歷應變—他們被變形。在正常情況下，肌肉骨骼組成改變他們大小、形狀和結構，此過程稱為結構上的適應，來更快速地抵抗每天物理活動之時間—平均的應變。然而，過度的應變將導致受傷。結構性適應在全面生活上持續進行的，而此能力在成年人之後會隨著年齡增加明顯地下降；在年輕人造成的正常性結構性適應的應變，可能會導致老年人組織的退化和失能。因此這在肌肉骨骼系統的結構和功能之間有密切的關係。本書的目的即是發展這相關性的知識和理解這種關係。本書主要的課程內文主要是針對肌動學、動作科學、運動科學和身體教育的學生，但它也提供健康照護專業人員好的處理方向，特別是物理治療師、職能治療師，以應付肌肉骨骼病理之急性和慢性的效果。

第二版有什麼是新的？

(What's New in the Second Edition?)

基於這幾年來學生和教師的回饋，第二版在組織和內文上有些改變。主要的改變如下：

- 所有內文的修訂：某些資料被移除，而有某些資料被加入。
- 內文被修訂成兩個單元，而不是三個單元：單元一是肌肉骨骼系統之功能性解剖學，單元二則是肌肉骨骼對負荷的反應和

適應。

- 病例研究：有數篇病例研究，包含描述在不同年齡層肌肉骨骼系統對運動的反應和適應，並推行在肌肉骨骼健康的促進和維持方面有良好之實行的討論文章。
- 重新組織基礎生物力學的概念和原則：在第一版中，所有基本的力學概念大量地被包含在單一章節中。在第二版中，此章節被刪除，而將其內容更適地合併到其他章

節中，當中包括在單元二一開頭簡短、新的章節。

- 精彩的說明圖例：在單元一，描述的過程經常以數個接序的圖合成的一個圖示來解釋。在這些例子中，說明的圖示以明顯地亮藍色彩來突顯。這可以幫助讀者在閱讀

文章時，同時也可參閱圖示。

除了前述的改變之外，所有在第一版中學習的特點均被保留－在每個章節開始的大綱、目的、重點和內文中某些重點之額外詳述、相關術語、延伸使用說明、問題複習、延伸閱讀的參考書籍和索引。

教師資源 (Instructor Resource)

本版中包含有新式教師資源，以Microsoft PowerPoint 簡報檔呈現的影像銀行，裡面涵蓋了文章之內所有圖片和表格。教師能以自己的方式運用圖片和表格來授課。影像銀行

也包含製造簡報檔所需的模版和指引。這教師資源可在 [www.Human Kinetics.com/Structureand Function of the Musculoskeletal System](http://www.HumanKinetics.com/StructureandFunctionoftheMusculoskeletalSystem) 中找到。

第二版的組織架構 (Organization of the Second Edition)

單元一，肌肉骨骼系統之功能性解剖學，描述肌肉骨骼如何作用－控制身體的運動之力量的產生與傳遞－反照出肌肉骨骼組成的架構。第1章肌肉骨骼系統，描述肌肉骨骼系統的組成和功能。第2章，骨骼，描述骨骼中硬骨開放式的排列。第3章，結締組織，區別原始結締組織的差異，特別是韌帶、肌腱、筋膜和特殊的結締組織－軟骨和硬骨。第4章，關節系統，解釋不同類型關節的差異性。特別是關節的設計反應出穩定性和柔軟性之間的互換。第5章，中軸骨骼關節，描述脊椎和骨盆之間的關節。第6章附肢骨骼關節，描述所有附肢的關節和關節複合體。第7章，神經肌肉系統，描述神經和肌肉系統在產生力量和本體感覺之間的關係。

單元二，肌肉骨骼對負荷的反應和適應，敘述立即及長期負荷對於肌肉骨骼系統外在形式和內部構造的作用。第8章，基本生物力學，發展其相關知識和理解基本力學的概念和原理。第9章，肌肉和關節的作用力，重點在骨骼如何以開放鏈形式去影響作用於肌肉和關節的力量。第10章，肌肉骨骼組成的機械特性，敘述肌肉骨骼系統對負荷的反應。第11章，肌肉骨骼系統的結構性適應，敘述肌肉骨骼系統的結構如何適應時間－平均的負荷作用於他們的力。第12章，肌肉骨骼疾病與損傷之病因，敘述影響肌肉骨骼系統之各種負荷的危險因子的主要族群。

我希望本書可鼓勵學生學習更多肌肉骨骼系統的構造和功能。合宜的肌肉骨骼功能是維持生活品質的重要依據。同時，本書內的資訊對任何希望維持或幫助他人來維持健

康的肌肉系統都是必需的。

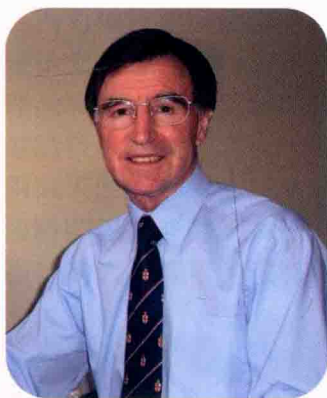
James Watkins

感謝

感謝我親愛的太太 Shelagh，她在我撰寫本書的過程中，持續的幫助與鼓勵我。也感謝 Human Kinetics 出版社所有對本書完成和出版有貢獻的成員。最後，感謝我大學的

同事和眾多的在校及畢業的學生，在這麼長的一段時間裡，直接或間接地幫助我組織、完成這本書。

關於作者



James Watkins 博士，是 Wales 之 Swansea 大學的人文科學學院生物力學教授，以及體育與運動科學研究所的指導者。Watkins 有超過二十年的時間待在蘇格蘭的 Glasgow，作為一位大學講師及研究員，並在 Glasgow 的 Jordanhill 大學與之後的 Strathclyde 大學擔任體育教育、運動及戶外教育學院的院長。

Watkins 主要教授和研究的是肌肉骨骼解剖學及體育和運動生物力學。他有 80 多

篇公開著作，其中包括三本知名的教科書 (*An Introduction to the Mechanics of Human Movement*, 1983 ; *Structure and Function of the Musculoskeletal System* ; *An Introduction to Biomechanics of Sport and Exercise*, 2007)。

Watkins 是英國體育和運動科學協會 (The British Association of Sport and Exercise Sciences, BASES) 及英國體育協會 (The Physical Education Association of the United Kingdom, PEAK) 的會員，體育協會 (Association for Physical Education, afPE) 的榮譽會員。他是「運動科學期刊 (*Journal of Sports Sciences*)」的諮詢委員會成員，以及英國體育和運動科學協會生物力學組之前任主席。

1975 年，Watkins 取得英格蘭之 Leeds 大學生物力學博士的資格。他居住在 Swansea 時，平日喜好走路、打高爾夫球和閱讀有關科學歷史之書籍。

譯者序

對於生物力學及相關動作分析的學問，是譯者十幾年來教學生涯所鑽研的領域。這些均是物理治療相關醫學領域知識的基礎，願以本書獻給我最摯愛的家人，包含我的太太瓊瑤、兩個天真無邪的女兒妍語和沛綸，她們在這段時間無怨無悔的付出。也感謝合記圖書出版社的大力栽培，沒有你們大家就

沒有這本書的誕生！最後，獻上三句祝福：
感恩！感謝！感念！

張俊詳

目錄

序言	v
感謝	vii
關於作者	ix
譯者序	xi

單元一 肌肉骨骼系統之功能性解剖學

1	肌肉骨骼系統	3
	單細胞以及多細胞生物 4 • 多細胞生物的細胞組成 5	
	• 肌肉骨骼系統的組成和功能 7 • 結論 19 • 問題複習 19	
2	骨骼	21
	術語 22 • 中軸骨骼 27 • 四肢骨骼 40 • 結論 57	
	• 問題複習 58	
3	結締組織	59
	結締組織的功能 60 • 一般結締組織 62 • 軟骨 72	
	• 硬骨 76 • 結論 93 • 問題複習 94	
4	關節系統	95
	關節的結構分類 96 • 關節動作 102 • 關節的穩定度－柔軟度分類	
	105 • 滑液囊關節的分類 107 • 滑液囊關節的柔軟度、穩定度以及鬆弛	
	度 110 • 結論 116 • 問題複習 117	
5	中軸骨骼關節	119
	椎體間之關節 120 • 脊柱之退化與損害 131	
	• 脊柱之正常形狀 142 • 脊柱的異常曲線 145	
	• 骨盆的關節 152 • 結論 160 • 問題複習 161	
6	附肢骨骼關節	163
	關節和關節複合 164 • 肩複合 164 • 肘複合 170	
	• 腕複合 171 • 髕關節 173 • 膝複合 175 • 後足複合 190	
	• 結論 196 • 問題複習 196	
7	神經肌肉系統	197
	神經系統 198 • 骨骼肌結構 209 • 肌纖維的構造與功能 216	
	• 運動覺與本體覺 220 • 肌肉－肌腱單位的力學特性 225	
	• 肌肉的構造與功能 230 • 牽張－縮短週期 235	
	• 結論 240 • 問題複習 240	

單元二 肌肉骨骼對負荷的反應和適應

8	基本生物力學	243
	力學與生物力學 244 • 重心 245 • 穩定度 246	
	• 壓力中心 248 • 向量和純量 249 • 力矩 254	
	• 槓桿 257 • 結論 259 • 問題複習 259	
9	肌肉和關節的作用力	261
	符合功能性徵召的運動單位選擇性的徵召 262	
	• 在站立姿勢下作用於頭部的力量 263 • 外力的力矩和內力的大小	
	268 • 在單腳站立時髖關節所受的力 269 • 蹲下和彎腰的姿勢對於腰椎	
	區域受力的影響 272 • 肌肉力量的擺動和固定分力 280	
	• 結論 287 • 問題複習 287	
10	肌肉骨骼組成的機械特性	289
	固體的應力—應變關係 290 • 功、應變能和動能 295	
	• 黏滯性和黏彈性 299 • 主動和被動負荷 301	
	• 衝擊和震動 305 • 結論 316 • 問題複習 317	
11	肌肉骨骼系統的結構性適應	319
	適應 320 • 負荷的生物正效應和生物負效應 320	
	• 肌肉骨骼承受負荷的反應和適應 325	
	• 結論 342 • 問題複習 343	
12	肌肉骨骼疾病與損傷之病因	345
	動力鏈 346 • 代償性動作 346 • 肌肉骨骼疾病之危險因素 347	
	• 結論 365 • 問題複習 365	

附錄 367

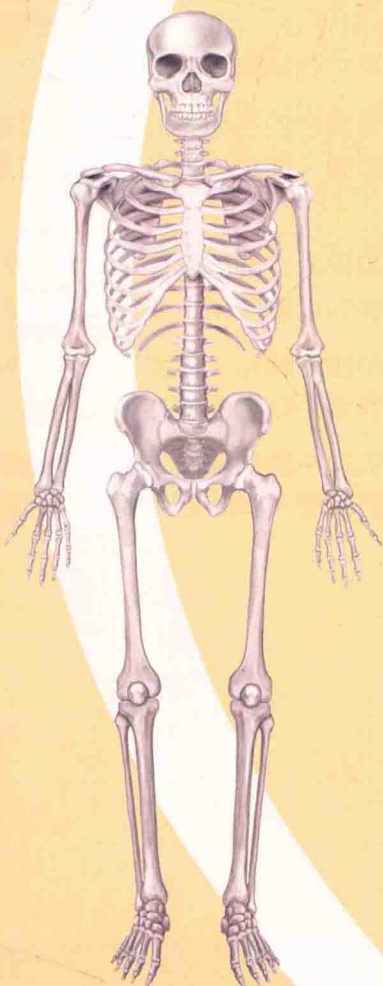
參考文獻 375

索引 391

單元一

肌肉骨骼系統之功能性解剖學 Functional Anatomy of the Musculoskeletal System

你的肌肉骨骼系統——你的骨骼和骨骼肌群——約佔你全部體重的一半。你的骨骼（體重之12% -15%）包含有206塊骨頭，連接成超過200個關節。你大約有640條骨骼肌（佔30%-42%的體重）牽拉你的骨頭來控制關節的運動，使你能夠站立、移動，並能操縱物體。骨頭是理想的承重物質，因為它不僅令人驚訝的強壯，也相當地質輕。相較於它的重量，骨頭比其他固體更強壯。它也比其他任何自然存生的東西有更高的強度—重量比率。你的骨頭必須強壯，足以抵抗肌肉在每天日常活動中加諸於骨頭上的強大力量。假如我們的肌肉同時作用在同一方向時，他們將產生近22公噸的力。



人體運動 (Human movement) 是在神經系統的控制之下，由肌肉骨骼系統所產生。肌肉牽拉骨頭去控制關節的動作，同時動作當中也將身體運動當做一體來控制。第一部份描述肌肉骨骼系統的功能－控制身體運動的力量如何產生和轉移－是以肌肉骨骼組成的結構來做說明。

- 第一章，肌肉骨骼系統，描述所有生命有機體最基本的構造－細胞－細胞如何形成為器官和系統。你將學習這些系統的其中之一肌肉骨骼系統，將藉由肌肉產生力量並傳遞這些力量經過關節的方式，使得你能以受控制的方式來移動。
- 第二章，骨骼，描述骨骼中的硬骨和骨頭間開放鏈式的排列。你將學習骨頭的大小、形狀和表面積特徵的巨大不同如何反應出骨頭傳遞肌肉力量的能力。
- 第三章，結締組織，描述廣泛類別的結締組織，範圍從疏鬆的結締組織－一層膠狀物質將細胞連接在一起－到韌帶肌腱、軟骨和硬骨。你將學習到所有結締組織有相同的基本結構，但是強度和柔軟度各有不同，因為它們結構組成的比例都不一樣。
- 第四章，關節系統，描述骨骼骨頭之間關節的各種不同種類。關節是伴隨著骨頭間開放式的排列，使得身體姿勢有廣大的動作範圍，你將學習所有關節的傳遞力量和允許某一定程度的運動。
- 第五章，中軸骨骼的關節，描述脊柱和骨盆之間的關節，你將學習與附肢骨骼作比較，中軸骨骼的關節和脊柱的形狀能提供高度的吸震作用，使得人體柔軟度降低。
- 第六章，附肢骨骼的關節，描述手臂和腿的關節，你將學習與中軸骨骼相反的概念，附肢骨骼的關節促進相當大範圍的動作，而減少吸震的能力。
- 第七章，神經肌肉系統，描述神經和肌肉系統的部份，其形成協調性運動。你將學習神經系統持續地監控和解釋各種不同感覺的訊息，同時使用此訊息以計劃肌肉的動作。

肌肉骨骼系統

(The Musculoskeletal System)

所 有生物都是由一個或一個以上的細胞組合而成，而人體就像大部分的生物一樣，由好幾百萬個細胞，組織成複雜的功能群組 (functional group)，就像是肌肉骨骼系統。本章的第一個部分介紹細胞的四種基本型態，也就是組織 (tissue)，以及器官及系統中之細胞組織 (organization)。第二部分則介紹肌肉骨骼系統的組成以及功能。

目的 (OBJECTIVES)

在讀完本章之後，你應該可以做到下列事項：

1. 描述組織的四種基本型態。
2. 描述多細胞生物的細胞組織 (organization)。
3. 描述肌肉骨骼系統的組成以及功能。

單細胞以及多細胞生物 (Unicellular and Multicellular Organisms)

生命最基本的構造以及功能單位就是細胞 (cell)，所有細胞都有四種主要結構：細胞液 (cytosol)、細胞核 (the nucleus)、細胞器官 (organelles) 以及細胞膜 (cell membrane) (圖 1.1)。細胞液是一種半透明的液體，由複雜的蛋白質、鹽類以及醣類溶液組成，而細胞核及細胞器官則懸浮在細胞液中。細胞核內含基因物質，控制細胞的生命過程 (life process)，包括動作、生長、發展、呼吸、循環、消化、排泄以及生產。細胞器官則遵循細胞核的指示，執行生命過程；每一個細胞器官執行其特定的功能。細胞液與細胞器官通常又合稱為細胞質 (cytoplasm)。

重點 (KEY POINT)

生命最基本的結構以及功能單位就是細胞，而所有生物都是由一個或一個以上的細胞所組成。

細胞膜又稱原生質膜 (plasma membrane) 或是原漿膜 (plasmalemma)，將細胞質包覆起來，頭成細胞的外壁。像細胞液一樣，細胞膜含有一種黏性液體，但其黏性通常會比其包覆的細胞液高。細胞膜以及細胞液的黏液特性讓細胞在改變其外形的同時不會損失其完整性。在正常的運作狀況下，所有的細胞都會在一定的範圍內不斷地改變其

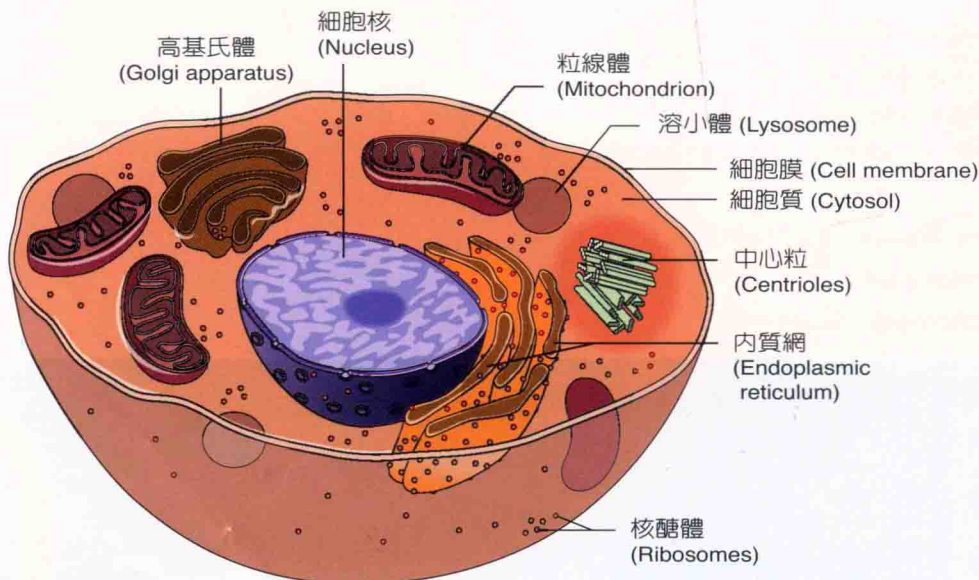


圖 1.1 典型動物細胞的橫切圖。

外形，改變的程度視細胞的種類不同而異，例如，骨骼細胞較不會改變其外形，而肌肉細胞改變外形的能力是高度特化 (specialized) 的，這是維持其正常功能的必要特性。

組成生物的細胞數目在某種範圍內反映了生物演化的程度，例如，最低等的生物物種，像是阿米巴原蟲 (amoeba) 以及裸藻 (euglena)，整個生物就由一個細胞構成，這種生物就稱為單細胞生物 (unicellular organisms)。相對地，大部分的動物都是由許多細胞構成，稱為多細胞生物 (multicellular organisms)。所有哺乳類、鳥類和魚類均是多細胞生物。多細胞生物的細胞數目差異性很大；例如，線蟲蠕蟲 *C. elegans* 是1毫米長而有959個細胞 (Kenyon 1988)。大部分多細胞生物包含數百萬個細胞；人體大約有 10^{14} (百兆) 個細胞 (Albert et al 2002)。不同生物的細胞大小與外型各異，

而同一種生物的細胞也有所不同。細胞的大小與形狀的不同通常反應出其功能的不同。

關鍵詞 (Key Terms)

- **細胞 (cell)**：所有生物的基本結構及功能單位。
- **生命過程 (life process)**：是細胞產生的活動，用以維持細胞的生命。
- **單細胞生物 (unicellular organism)**：由單一細胞構成的生物。
- **多細胞生物 (multicellular organism)**：由多個細胞構成的生物。

重點 (KEY POINT)

生物基本上分為兩種：單細胞生物與多細胞生物。

多細胞生物的細胞組成 (Cellular Organization in Multicellular Organisms)

所有生物在進行重要的生命過程的能力上都很相似，以生物學的觀點來說，單細胞的生命過程相對地簡單，然而，多細胞生物的細胞會組成複雜的功能群組，進行體內各種不同的生命過程。多細胞生物的組成可以依其結構被分成三種層次：組織 (tissues)、器官 (organs) 以及系統 (systems)。

重點 (KEY POINT)

所有生物都能夠執行數種重要的生命過程，對多細胞生物來說，生命過程包括細胞之間高度的組織與整合，細胞組成爲三種層次：組織、器官以及系統。

組織 (Tissues)

多細胞生物的所有細胞都源自於同一個細胞，它是由雌性卵子與雄性精子授精而形

成，這個細胞經過快速的細胞分裂之後形成球狀的細胞聚合體，接下來，細胞的大小、外型以及結構開始變化，以滿足生物體不同的功能需求，這個細胞分化 (cellular differentiation) 的過程產生了四種稱為組織 (tissue) 的細胞，分別是：上皮 (epithelia)、神經 (nerve)、肌肉 (muscle) 以及結締 (connective)。組織就是一群擁有相同特化結構的細胞，使其能在生物體內執行某一種功能 (Freeman and Bracegirdle 1967)。組織 (tissue) 這個字也常被用來泛指身體的任何一部分，例如軟組織 (soft tissue)、骨骼組織 (bone tissue) 以及皮膚組織 (skin tissue)。

關鍵詞 (Key Terms)

- **細胞分化 (cellular differentiation)**：指細胞特化成組織。
- **組織 (tissue)**：一群擁有相同特化結構的細胞，使其能在生物體內執行某一種功能。