



運動生理學讀本

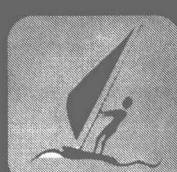
A Reader of Exercise and Sports Physiology

原著
增原 光彥 博士

編譯
林曼蕙 博士



不 昧 堂 出版
合記圖書出版社 發行



運動生理學讀本

A Reader of Exercise and Sports Physiology

原著
增原 光彥 博士

編譯
林曼蕙 博士



不 昧 堂 出 版
合 記 圖 書 出 版 社 發 行

運動生理学読本

著者 増原 光彦

ISBN 4-8293-0336-0

Copyright© 1997 by MITSUHIKO MASUHARA

Originally published in Japan in 1997 by FUMAIDO PUBLISHING Co., Ltd.,
This book is protected by copyright. No part of it may be reproduced,
stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any
means-electronic, mechanical, photocopy, recording or otherwise-
without the prior written consent of the publisher.

Copyright© 2001 by Ho-Chi Book Publishing Co.

All rights reserved. Published by arrangement through TOHAN
CORPORATION, TOKYO.

Ho-Chi Book Publishing Co.

Head Office 322-2 Ankang Road, Nei Hu Dist., Taipei 114, Taiwan R.O.C.

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

1st Branch 249 Wu-Shing Street, Taipei 110, Taiwan R.O.C.

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

2nd Branch 7 Lane 12, Roosevelt Rd., Sec 4, Taipei 100, Taiwan R.O.C.

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

3rd Branch 120 Shih-Pai Road, Sec. 2, Taipei 112, Taiwan R.O.C.

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

4th Branch 24 Yu-Der Road, Taichung 404, Taiwan R.O.C.

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

5th Branch 1 Pei-Peng 1st Street, Kaoshiung 807, Taiwan R.O.C.

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

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。

作者簡介

增原 光彦

1942年 生於中國武漢市

1965年 東京教育大學（現筑波大學）體育系畢業

■ 研究領域：

運動生理學

體力科學

■ 現職：

大阪體育大學體育科學研究科醫學博士

譯者簡介

林 曼 蕙

1947年 生於台灣

1970年 國立台灣師範大學體育系畢業

日本國立兵庫教育大學特殊教育學碩士

日本國立大阪大學醫學部醫學博士

■ 研究領域：

神經生理學、適應體育

■ 現職：

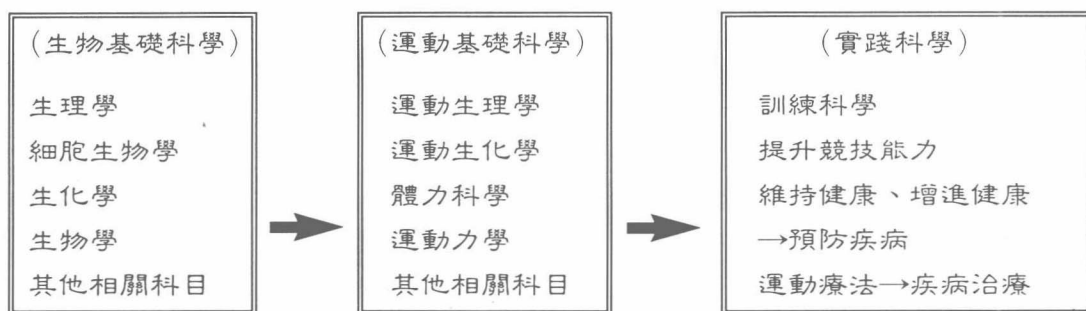
國立台灣師範大學體育學系副教授

前言



運動生理學是將運動、運動現象（身體活動、運動活動等）與生理機能的關聯性以科學方式分析並以合乎邏輯的方法追求的學問。換言之，是解釋引起運動現象的生理機能素、體力素與身體運動的關聯性（影響、效果）之法則或機轉的學問。

因此，先熟悉生物的基礎科學之後，再理解運動基礎科學變得非常重要。藉由這些基礎科學向運動實踐科學邁進，並應用到體育運動的實踐，則可使人類獲得健康的生活。以身體基礎科學作為基礎，進入運動基礎科學，再發展到運動實踐科學，對於體育運動理論的理解與指導的實踐非常有用，這些學問的關係以下圖表示。



話雖如此，並非若不完全理解這些生物基礎科學或運動基礎科學，就無法指導體育運動。但為能更有效地實際正確指導，這些知識確實非常重要。同時，就以個人實施體育運動時而言，若能對這些知識有某些程度的理解，會使運動變得更有成效。

迎接超高齡化社會的到來，並追求更健康又富裕的生活是我們人類迫切的願望，近幾年隨著驚人的社會經濟變革與技術革新，人們獲得了較寬裕的經濟和時間，但其結果導致運動不足、飲食生活產生變化，同時隨著社會體制變化產生的精神壓

力，使得成人病的發生率增加，引發更高的死亡率。但在另一方面，由於醫療技術的進步帶來平均壽命的延長，使得憂慮臥病不起或擔心可能成為痴呆的老人日益增加。它代表的意義，不僅止是身體的問題造成醫療費的開支增加，也孕含著可能造成人類社會崩潰的危險性。在這樣的趨勢之下，健康趨向高漲，爲了維持及增進健康，我們確信，正確地瞭解運動生理學將成爲必然的潮流。

本書是伴隨著這種人類社會的變遷，社會大眾對體育及運動科學的發展的需求，以及體育、運動科學已被認爲是人類科學的一種學問，爲了滿足需要有深奧學術體系爲背景的體育學學生之課程學習，特編著此書，作爲運動生理學的教科書。

此書在維持及增進人類的健康以及培育體育運動指導者的工作上有所貢獻的話，將帶給我無比的喜悅。

本書的編輯，承蒙許多長輩的指導及提供論文及著書，在此，衷心感謝。同時，對方之引導才疏學淺的我有今天的恩師，故加藤橘夫先生（元大阪體育大學學長）、以杉靖三郎先生（東京教育大學名譽教授）、田中英彥先生（東京教育大學名譽教授）、藤田紀盛先生（東京教育大學名譽教授）、淺見高明先生（現筑波大學教授）、橫山廣之先生（大阪體育大學名譽教授）、奧田清先生（大阪市立大學名譽教授）巽典之先生（大阪市立大學教授）、室井綽先生（姬路女子短期大學名譽教授），衷心表示感謝。

此外，向撰寫本書時，熱心協助插圖及其他許多瑣碎事務的白石就子學姐與岡本孝信學長致謝。

最後，向企劃出版時盡最大力量幫忙的株不昧堂出版社社長宮協道生先生以及擔任編輯的石川正雄先生及編輯部各同仁，致上最深的謝意。

1997 年 4 月

著者

目次



前 言	vii
目 次	ix
第一章 人類的運動	1
第 1 節 人類的運動與低等動物的運動之差異	1
第 2 節 產生運動的要素	2
第二章 運動與身體形態及骨骼	3
第 1 節 身體	3
第 2 節 骨骼的構成要素	6
第 3 節 骨骼的構造與成分	8
第 4 節 脊椎	9
第 5 節 骨的連接（結合、關節）	10
第 6 節 骨骼的運動	12
第三章 產生運動動力的骨骼肌	13
第 1 節 肌肉的簡介與種類	13
第 2 節 骨骼肌的構造與功能	15
第 3 節 骨骼肌的形態上分類	17
第 4 節 肌纖維的微細構造	18
第 5 節 骨骼肌纖維的種類	19
第 6 節 骨骼肌纖維的分化	20

第 7 節	骨骼肌的收縮	20
第 8 節	肌肉收縮的力學特性、速度、力量及工作	22
第 9 節	肌肉收縮時的熱能	24
第 10 節	伴隨肌肉收縮產生的物理化學現象	27
第 11 節	肌肉收縮的神經調節	30
第四章	發出運動命令及控制的神經、感覺機能	31
第 1 節	神經及感覺系統概論	31
第 2 節	神經與肌肉	33
第 3 節	仰賴反射的運動調整	34
第 4 節	隨意運動學習的中樞神經機轉	36
第 5 節	錐體路、錐體外路系統	38
第 6 節	反射、反應時間	39
第 7 節	敏捷性	40
第五章	有多樣功能的血液及體液	41
第 1 節	體液	41
第 2 節	血液	45
第六章	有能量攝取功能的呼吸	53
第 1 節	呼吸功能概論	53
第 2 節	呼吸運動的機轉	53
第 3 節	呼吸運動的調整	55
第 4 節	肺換氣量	56
第 5 節	氧攝取量與二氧化碳排泄量	57
第 6 節	無氧性作業關值	59
第 7 節	運動與換氣量	60
第七章	運送熱能的心臟・循環功能	61
第 1 節	循環功能概論	61
第 2 節	心電圖 (E . C . G) 的記錄方法	62
第 3 節	運動與脈搏數	68

第4節	運動與心血液輸出量	70
第5節	心血液輸出量與氧攝取量	70
第6節	運動心臟	71
第7節	脈搏	72
第8節	血壓	73
第八章	運動所需的能量代謝	75
第1節	基礎代謝量	75
第2節	運動代謝量	79
第3節	能量代謝率與METs	79
第4節	能源的燃燒價	83
第九章	身體形態與體力測試	87
第1節	形態測試的意義	87
第2節	測試項目	88
第3節	測試法	90
第4節	測試結果的整理	98
第5節	何謂體力	101
第6節	體力測試	102
第7節	主要的測試（組別測試）	103
第8節	精密診斷測試	104
第9節	測試時的四個原則	104
第10節	體力測試時的一般注意事項	104
第11節	體力測試的實施	106
第12節	體力測試成績判定基準表	116
第13節	壯年體力測試得分表暨體力年齡判定基準	117
圖・表之引用文獻		119
索 引		121

第 1 章 Chapter

1

人類的運動

第 1 節 人類的運動與低級動物的運動之差異

動物的運動有許多種類及樣式（圖 1-1）。像單細胞的白血球就是伸出偽足來運動，精子是使用鞭毛來運動，也有像蚯蚓般的蛇行運動。低等的原生動物對於外界的刺激是以個體整體反射來引運動，但高等動物的人類運動則是配合目的動作產生各個肌肉的收縮反應。例如步行、跑步、投擲等運動是看起來像似身體的部分運動，但其實需要靠全身的協調性來完成。運動是由一組具有相同目的動作之組合，它並非全體肌肉同時收縮，而是配合被要求的目的動作順序，做適合的肌肉收縮，這樣的動作，

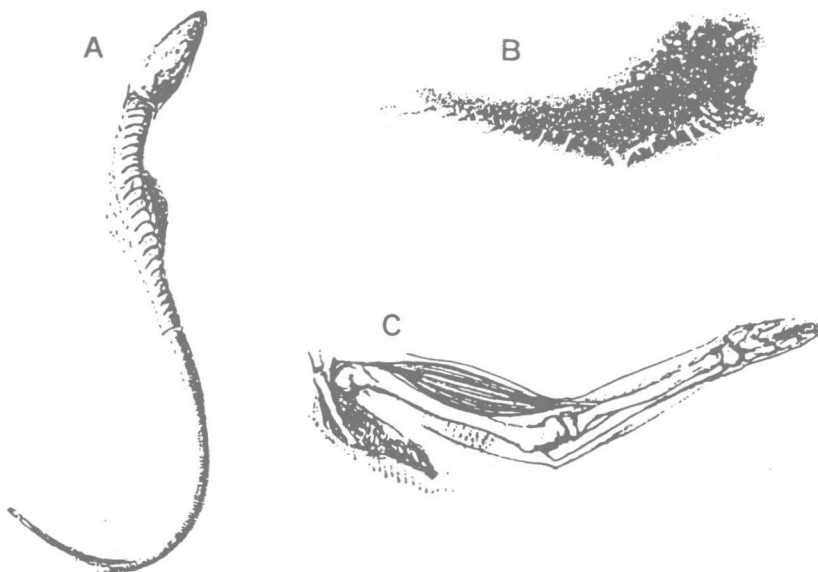


圖 1-1 精子 (A) 的鞭毛運動、白血球 (B) 的偽足運動、骨骼肌 (C) 的收縮運動。

（大阪市立大學、巽教授提供）

有可能是隨意運動，也有可能是反射性的不隨意的動作運動。

如果只是步行、跑步、投擲等動作，只需反射動作化就可以，但若是為了配合目的動作之方向、場所、距離，則需要控制系統的參與。這個控制系統指的是通過神經，感覺器系統的傳入情報。而肌肉的收縮運動是藉由神經、感覺器系統的支配來運行。

第 2 節 產生運動的要素

圖 1-2 是有關於人類的運動時，其直接相關的生理機能與從生理機能所衍生的體力要素之彙整圖。在此提及的與運動相關的生理機能只是一部分，還有其他的生理機能體系做二次性的參與自不在話下。換言之，對於維持基本的生命現象^(註)時的全機性是個體生存與運動之根本。

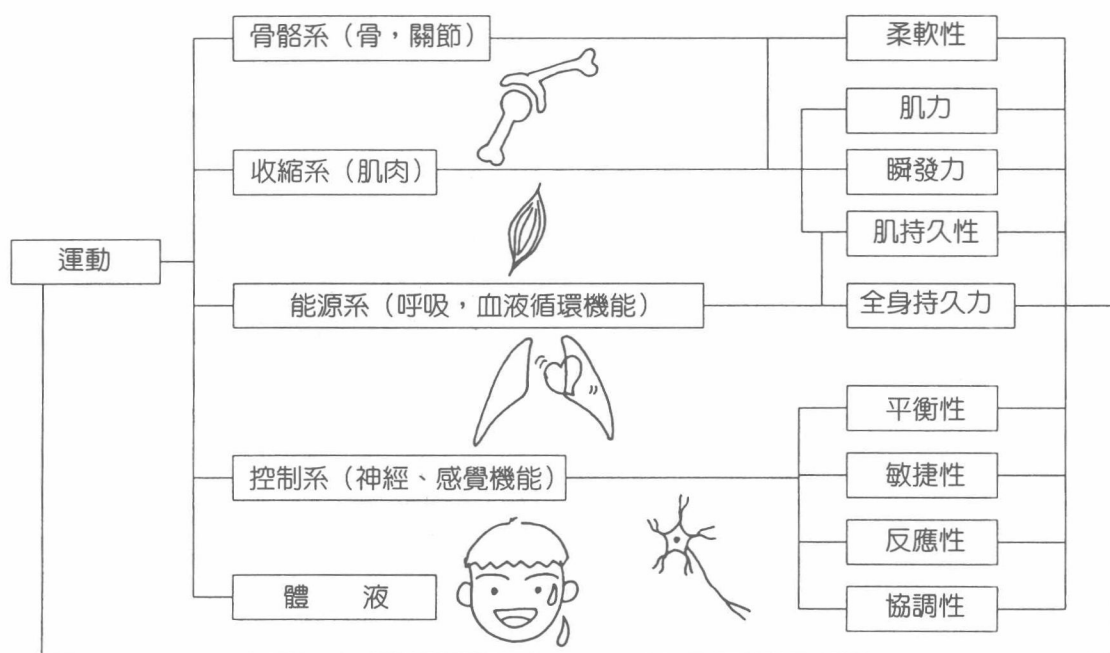


圖 1-2 運動－生理機能要素－體力要素的關係。

註：基本的生命現象係指生物要維持生命時之最基本的生命現象，包括下列四項。①代謝、②恆常性維持機能與適應能力、③全機性、④反應性

第2章 Chapter

2

運動與身體形狀及骨骼

第1節 身體

人類的身體從解剖學的觀點觀察時，是以縱斷面（垂直面）、橫斷面（水平面）與深度（厚度）的三層次來分析。縱斷面是從前面以垂直方向觀察的面，稱為前面（冠狀面），橫斷面（水平面）是從水平方向的斷面觀察身體，另外觀察正中線上的垂直深度稱矢狀面（正中面）。（圖2-1）

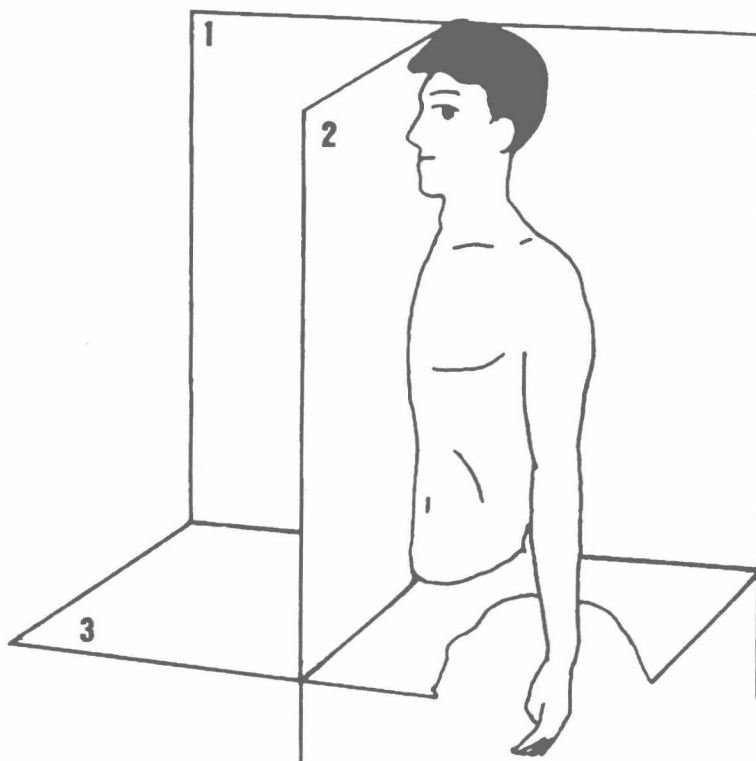


圖2-1 身體的觀察面

1. 前面（冠狀面）
2. 矢狀面（正中面）
3. 橫斷面（水平面）

1) 身體的靜態觀察

將人類的身體以長橢圓體的物體來觀察。長軸的尺寸稱為長幅，其代表的長度是身長與坐高。短軸的水平面與矢狀面的尺寸合為寬、厚，體重稱為量度胸圍稱為周幅。典型的形態如圖 2-2 可分為肥胖型、普通型、細長型（瘦型）等三種。

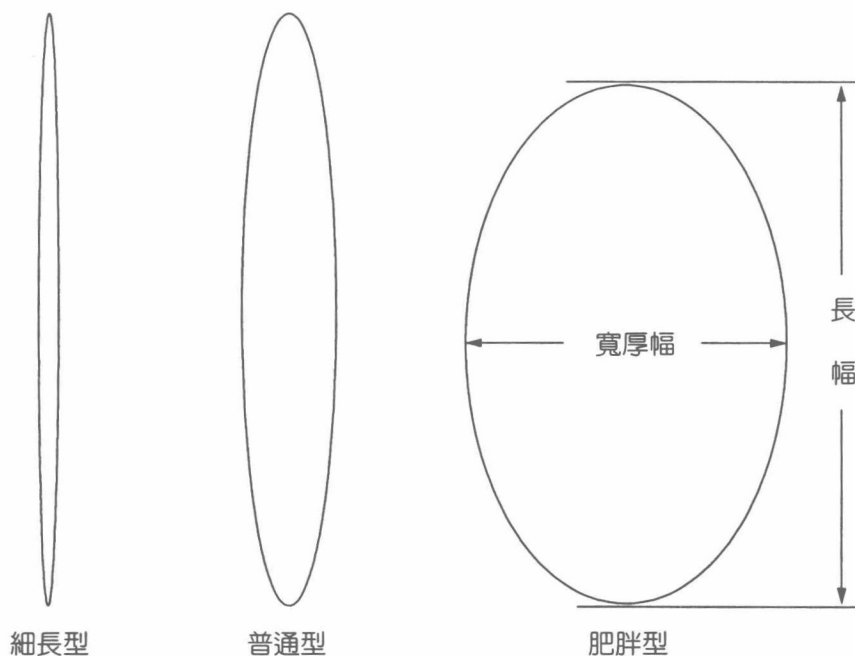


圖 2-2 典型的三類體型

在體型的分類中，以克列致馬(kretschmer)分類法最為有名。他於 1921 年發表如下的體型分類，即肥胖型、細長型、鬥士型。其他還有許多的分類方法也被發表過。體型與營養狀態及運動量有關。爲了要客觀性的判定體型，可由形態測定的結果計算出之體型及營養指數。

2) 體型指數與營養指數

肥胖或細長是以寬度、厚度對長幅的相對比例來評估。其代表性的指數如圖 2-1 到 2-9 所示。

(1) 體型指數

$$\textcircled{1} \text{ 比體重} = \frac{\text{體重 (kg)}}{\text{身長 (cm)}} \times 100 \dots\dots\dots(2-1)$$

$$\textcircled{2} \text{ 比胸圍} = \frac{\text{胸圍 (cm)}}{\text{身長 (cm)}} \times 100 \dots\dots\dots(2-2)$$

$$\textcircled{3} \text{ 比坐高} = \frac{\text{坐高 (cm)}}{\text{身長 (cm)}} \times 100 \dots\dots\dots(2-3)$$

$$\textcircled{4} \text{ 羅列爾指數} = \frac{\text{體重 (kg)}}{\text{身長}^3 \text{ (cm)}} \times 10^7 \dots\dots\dots(2-4)$$

(Rohrer, 1908)

$$\textcircled{5} \text{ 柯博指數} = \frac{\text{體重 (kg)}}{\text{身長}^2 \text{ (cm)}} \times 10^5 \dots\dots\dots(2-5)$$

(Kaup, 1921)

(2) 營養指數

$$\textcircled{6} \text{ 肥胖度 (\%)} = \frac{\text{體重 (kg)}}{\text{標準體重}} \times 100 - 100 \dots\dots\dots(2-6)$$

標準體重 (厚生省案) = (身高 - 100) × 0.9

標準體重 (BMI 法, 日本肥滿學會推薦) = 身高² (m) × 22

肥胖度 70 - 100 : 高度肥胖, 100 以上 : 重度肥胖。

$$\textcircled{7} \text{ Body Mass Index (BMI)} = \frac{\text{體重 (kg)}}{\text{身高}^2 \text{ (m)}} \dots\dots\dots(2-7)$$

標準 BMI = 22

$$\textcircled{8} \text{ 肥胖度 (\%)} = \frac{\text{BMI} - 22}{22} \times 100 \dots\dots\dots(2-8)$$

$$\textcircled{9} \text{ 伯利迪夕指數} = \frac{\sqrt[3]{10 \times \text{體重 (kg)}}}{\text{坐高 (cm)}} \times 10^3 \dots\dots\dots(2-9)$$

(Pirquet, 1916)

3) 身體的動態觀察

將人類的身體當做長橢圓體來觀察，分析其體型的特徵、發育和發達的狀況之方法為靜態觀察，而動物的運動是以關節為支點做統合之動作，因此，觀察人體時，由關節將各部位區分，測量各部位的長度、寬度、周徑等，則可以分析運動體，是為動態觀察（圖 2-3）。尤其，在運動活動的形態學分析，是要透視運動員是否有運動資質的有效手段之一。（關於測定法請參照第九章）

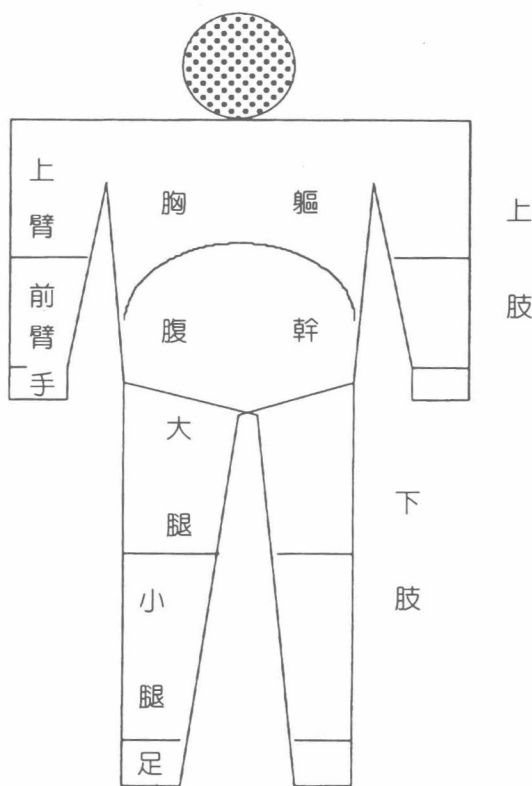


圖 2-3 動態身體觀察的指標

第 2 節 骨骼的構成要素

單細胞、多細胞動物中器官較簡單的動物的全身是由軟組織所構成，但越是高等動物其身體的結構越複雜，由於無法只以軟組織支持身體，因此由骨骼（骨架、骨的連結）做支柱，骨骼接受肌肉收縮產生的力，並將力傳達到外部引發運動。

骨骼是由骨、軟骨與結締組織所構成。骨骼分為在昆蟲或甲殼類可看到的外骨骼，和在脊椎動物看到的內骨骼。而內骨骼的組成單位為骨骼（圖2-4）。人體的骨骼數量有200多個（頭部23、胸部25、上肢64、下肢62、脊柱26-34），骨骼依形狀可分類為長骨（例：上腕骨、大腿骨）、短骨（手根骨、足根骨）、扁平骨（例：頭頂骨、前頭骨）、不規則形骨（例：椎骨、下顎骨）。又如上顎骨或側頭骨等在內部有空洞，可將空氣納於空洞內的骨稱為含氣骨。體肢的長骨內部有裝骨髓的髓腔，呈管狀，管狀骨的中央部位稱為骨幹，兩端部稱骨端。管狀骨只在自由體肢的長骨中可見，而鎖骨或肋骨則被海綿質所填滿。

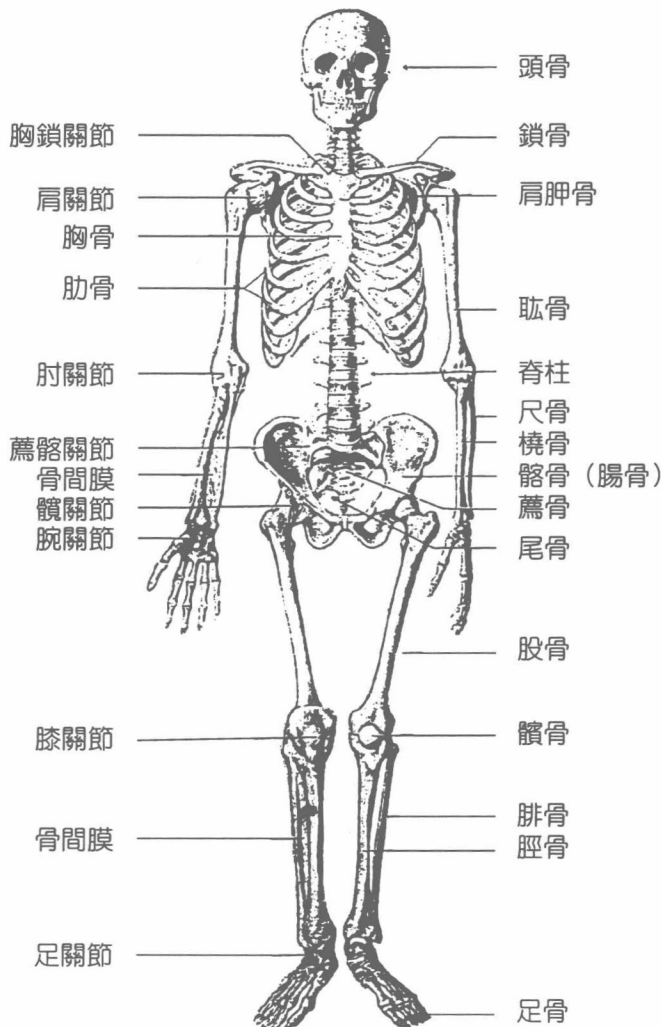


圖2-4 人類的骨骼

第 3 節 骨骼的構造與成分

骨骼是由骨質（骨骼硬的部份）、骨髓（髓腔、含括在海綿體、哈佛斯氏管 (Harvers, 1961)、軟骨（軟骨結合、骨端軟骨）和骨膜所構成（圖 2-5）。

骨質含的 25% 水分、30% 的蛋白質、和 45% 無機質（灰分）。而無機質的內容物為磷酸鈣 $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ 、碳酸鈣 (CaCO_3) 、磷酸鎂 $[\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2]$ 等。此外，軟骨含 73% 水分，其份量約為骨質的三倍，與其相比較無機質只含 2%，占骨質的 1/22 而已。因此，軟骨始終保持豐富的水份，且富有彈性可柔軟地適應環境的變化。因此，對於尚未骨化的發育當中之幼兒或兒童的骨骼是不能給予過度的負荷，否則將帶來不良的結果。

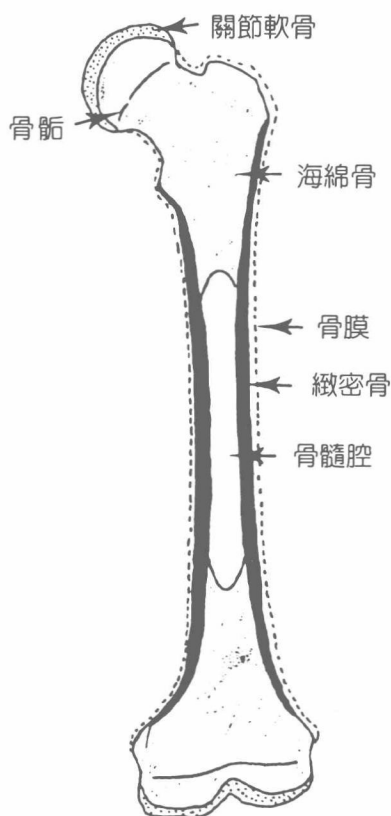


圖 2-5 骨骼的内部