

運動科學講座

第八冊

人體機動學

宮畑虎彥

著者：高木公三郎

林小一敏

譯者：方瑞民

校者：吳文忠

教育部國民體育委員會出版

維新書局印行

運動科學講座・8・人體機動學

原著者・宮畑虎彦

高木公三郎

小林一敏

譯者・方瑞民

校者・吳文忠

教育部國民體育委員會出版

維新書局印行

新學
社
PDG

- | | |
|------------|------|
| 1. 近代運動訓練法 | 吳萬福譯 |
| 2. 運動與體力 | 劉錫銘譯 |
| 3. 運動生理 | 齊沛林譯 |
| 4. 運動與疲勞養 | 黃乾全譯 |
| 5. 運動的適應性 | 陳金樹譯 |
| 6. 運動心理 | 吳萬福譯 |
| 7. 運動與健康管理 | 溫兆宗譯 |
| 8. 人體機動學 | 方瑞民譯 |
| 9. 運動員體力測驗 | 楊基榮譯 |
| 10. 運動與社會學 | 鄭煥韜譯 |



中華民國六十三年八月再版

人體機動學

基本定價 伍圓整

著 者：	宮 烟 虎	彥 郎 敏 民 周
	高 木 公	
	小 林 一	
譯 者：	方 瑞	
	發行人：蔣 紀	

內政部登記證內版臺業字第一一二一號

出版者・印刷者・發行所

維新書局

臺北市懷寧街一〇二號

郵儲劃撥六一八五號

第一章 有關人體運動力學宮畑虎彦	1
第一節 何謂人體運動力學	1
一、身體運動的科學	1
第二節 人體運動力學史	4
第三節 運動與人體運動力學	6
一、運動與身體運動	6
二、人體運動力學與運動	7
三、人體運動力學的應用	8
(參考文獻)	9
第二章 身體的構造與運動高木公三郎	11
第一節 關節與肌肉的功能	11
一、緒論	11
二、人體骨骼及其連結	11
三、關節的一般型態	12
四、運動與關節	16
五、肌肉的起始點與附着點	19
六、脊椎	20
七、胸廓與肋骨的功能	25
八、上肢帶的動作	28
九、上臂在肩關節的運動	31
十、肘關節與肱的運動	33
十一、手關節與手指運動	36
十二、腰部運動	38

十三、下肢運動	40
十四、踝關節	46
第二節 肌肉動作的肌電圖	50
第三節 運動與肌力	58
一、肌力	58
二、肌肉的工作方式	59
三、肌力與關節的角度	59
四、肌力傳達的方式	60
第四節 運動與身體的柔軟性	60
第三章 身體運動的控制 小林一敏	67
第一節 肌肉運動的神經支配	67
一、自動調節與自動控制	67
二、肌肉的回傳機構	68
三、運動系統的回路構造	70
第二節 身體運動的動作特性	72
一、身體運動控制系統的模型	72
二、控制系統模型的特性	75
三、反應時間、反射時間與身體運動的特性	77
四、管制反應動作的可能性	80
五、自動調整率分析舉例	81
六、身體活動的特性與訓練	84
第三節 知覺系統與情報的特性	85
一、人類動作特性的表現方式	86
二、由眼睛所得情報而反應的動作	87
三、由肌肉所得情報而反應的動作	87

四、由耳朵所得情報而反應的動作·····	88
五、由前庭迷路所得情報而反應的動作·····	88
六、知覺系統的協同效果與干涉作用·····	89
第四節 身體運動的技術機構 ·····	90
一、運動技術的操作要素·····	91
二、學習運動技能的方法分析·····	93
三、運動技術的力學條件與身體條件·····	96
(參考文獻) ·····	98
第四章 身體運動的力學 小林一敏 ·····	99
第一節 力的法則 ·····	99
一、力量及其基本性質·····	99
二、肌力與身體運動·····	112
第二節 運動的法則 ·····	141
一、速度與快慢·····	143
二、加速度·····	144
三、投射體的運動·····	148
四、運動量·····	157
五、衝擊·····	159
六、等速圓運動·····	162
七、慣性能率·····	163
八、角運動量(運動量的能率)·····	168
九、彈性·····	172
十、流體的抵抗·····	173
第三節 重力、重心與姿勢的穩定 ·····	175
一、重心·····	175
二、姿勢的穩定·····	179

第四節 基本運動力學	183
一、走步的力學	183
二、跑的力學	185
三、跳的力學	188
四、投擲的力學	190
五、打擊的力學	193
(參考文獻)	196
第五章 各種運動的力學分析	199
宮畑虎彥 第一節 田徑	199
高木公三郎 一、起跑	199
小林一敏 二、跨欄	201
三、急行跳遠	206
四、急行跳高	210
五、撐竿跳高	210
六、推鉛球	212
第二節 球類運動	216
一、排球	216
二、籃球	220
三、網球	227
四、棒球	236
第三節 自衛活動	245
一、柔道	245
二、劍道	254
三、相撲	262
第四節 水上運動	270
一、游泳	270

二、划船.....	281
第五節 機巧	290
一、身體的平衡.....	291
二、振動.....	292
三、身體的旋轉.....	293
四、跳躍.....	295
（參考文獻）	298



第一章 關於人體運動力學

第一節 何謂人體運動力學

一、身體運動的科學

人體運動力學是研究身體運動的科學之一，日語稱之為「身體運動學」。Kinesiology 一詞乃由 Kinesis（運動之意）與 Ology（學問之意）所組成。Kinematograph（電影）的 Kine 亦與上詞 Kinesis 同義。

當人清醒或在睡眠中，身體均經常維持其「動」的狀態。凡人類的活動，如：日常生活中的動作；各種職業性活動；主婦在廚房中的動作；以及競賽運動，休閒活動中的身體運動……等，種類繁多，不勝枚舉。以最簡單的動作「走步」來說，各人皆有其不同的走法與特別姿態。又如；日本人洗臉，其動作是用雙手移動毛巾而臉不動的，但是中國人則反之。由此可見，同樣的事情，亦有其不同民族性的不同做法，甚至同一人的同一種行動，也會因時因地而有不同的表現。

威路斯氏把這些人體的運動區分為下列五大項（註一）：

1. 需要身體平衡的運動。
2. 移動自己身體的運動。
 - （1）在陸地上或其他物體上：
 - 甲、臂、腳、上身的運動。
 - 乙、人體移動的運動。
 - 丙、全身旋轉的運動。
 - （2）在水中：



甲、游泳。

乙、划船。

(3) 在空中:

甲、跳水。

乙、彈簧床運動。

(4) 懸垂:

甲、單槓、吊環等的振動運動。

乙、水平梯、成排吊環的懸垂移動。

3. 衝擊的身體活動。

(1) 受自己的衝擊。

甲、跳躍後着地。

(2) 受外物的衝擊。

甲、接球。

乙、使用器具而受衝擊。

丙、在墊上或做機械操。

4. 予外物以衝擊的身體活動。

(1) 推、拉、刺及上舉運動。

(2) 用手或使用工具的投擲運動。

(3) 打、踢。

5. 預防危險的運動。

(1) 維持平衡、預防跌倒。

(2) 決定運動範圍與運動量。

(3) 體重的移動。

(4) 支撐自己的體重。

這些動作都是起因於肌肉的收縮，且依關節的不同動向而形成不

同的運動方式。在這一點上，它們彼此是相同的。不過，我們不能否認我們的肌肉也有徒然緊張而不收縮，且亦不牽動關節的狀態。當然這是肌肉的一種特殊狀態。

肌肉因收縮而產生力量，並以此力量來活動身體或身體的一部份，或者傳達此力量到某一物體而使該物體活動。肌收縮起於神經中樞的刺激，其收縮的程度亦受它的控制。欲理解身體運動，必須先明瞭肌收縮的狀況，為使肌肉保持在一定時間內繼續反覆收縮，以持續其活動，心肺的功能必須良好而且氧氣的供應必須充分。這些均屬於生理學的範圍。

身體或身體的一部份之所以能夠活動，是因為它們依賴關節而活動的結果。關節的種類很多，如肩關節具有幾乎在任何方向均能自由活動的結構；也有像肘或指關節，只能在一平面內活動的關節。關節周圍有很多腱、韌帶、肌肉等組織，用以鞏固關節本身。前臂以肘為軸，只能向前屈曲，不能向後屈，如果忽視此一事實而以強大的力量強迫前臂向後彎曲，則徒使肘關節脫臼。因此，要了解身體運動必須精通各關節的構造及其可動範圍等知識。

地球上所存在的物體均受重力的影響。身體也是物體，因此它常受重力影響，被力學的法則所支配。

人體由許多骨骼所組成。兩隻腳支撐骨盤，在骨盤上則豎立着一根由許多椎骨所組成的脊椎，而脊椎上面頂着一顆頗具重量的頭骨。為使它們保持正確的直立姿勢，其前後左右各肌肉羣必須互為平衡而工作良好。如果，其力學關係被破壞，則姿勢不再呈正確而優美的姿態。

人體運動力學與生理學，解剖學及力學有深切的關係，甚至於有人認為人體運動力學是以生理、解剖與力學為基礎的應用科學。

第二節 人體運動力學史

Kinesiology 一詞大約在一百年以前始被人應用。但是人類對身體運動寄予關心而開始研究它的時期很早。中國在四千年前就認為身體的運動與健康的保持具有密切關係而想出醫療體操。有人認為「人體運動力學由阿里斯多德 (Aristotles, 384~322 B.C.) 而誕生」(註二)。阿里斯多德是一位哲學家，同時也是生物學家。他觀察動物運動，對身體運動的法則貢獻很大。

他觀察動物伸縮腳腿部的動作，認為腳如缺乏關節無法行走。他的解釋如下：「屈曲者，由直線至弧或角的變化；伸展者，則由弧或角還原為直線。以足步行的動物，須站立着，將體重互為移至雙腳之一腳，當一脚將要推身體向前時，他腳必須屈曲」(註三)。

阿基米德 (Archimedes 287~212 B.C.) 發現了所謂阿基米德原理，認為在水中的物體比原來的重量減輕，相當於該物體在水中所排出之水量。這一原理在分析及指導與水有關的運動時，常被應用到。

賈連 (Galen. Claudin, 130~200) 解剖猿猴，創始實驗解剖學，記述肌肉位置及動作。在當時，解剖人體是被禁止的，直至十三世紀，羅馬帝國君王菲萊得里克二世始解除禁條，對於人體運動力學之發展功獻極大。

禁止人體解剖條例解禁後二百年，廖內德·達·文奇 (Leonardo da Vinci, 1452~1519) 出現。他是位有名藝術家兼工程師。他對人體構造中平衡問題很留心，也注意到建築物及機械的穩定，極有興趣於重心的問題。他曾說：「人以單腳站立時，乃以伸直另一側的手臂或其他部份，來保持全身平衡的」(註四)。又說：「坐着的人，如果其身體軸心前半部重量輕於後半部，那麼，他如不借手臂力量是站不起的。

正常的人體動作時，常有把更多重量，潛意識地移到移動方向的傾向」（註三）。「沒有不受力量之影響而能單獨運動的東西」（註三）。他曾經把後來被牛頓解釋得很清楚的慣性及反作用原則，做如是說明：「物體以空氣對它的相同力量來抵抗空氣」（註四）。他對身體運動所發表的言論，遺留到今天的就有這麼多。

他解剖過許多屍體，發現過許多事實。他曾經發現過伸肌伸直時屈肌也同時收縮的事實。

義國人賈李雷 (Galilei, 1564~1642)，卜雷利 (Borelli, Giovanni Alfonso, 1608~1679)，英國的牛頓 (Newton, Issac, Sir. 1642~1727) 等人的出現，對於人體運動力學的發展之貢獻亦大。卜雷利所著「動物的運動」一書，應用有關人體運動的知識到新研究法上。他製成一種測量運動儀器，使人體運動邁向現代化階段。他討論過，簡單運動中伸縮肌肉所損失的力量多少，以及空氣與水的抵抗等問題。

到十九世紀，德國出現了魏巴兄弟。英士 (Weber, Ernest Heinrich 1795~1878) 與威亨 (Weber, Wilhelm Edward 1804~1891) 在一八三六年合著一書：「人類步行器官的力學」。他們定義步行為：「身體倒向前之前，以雙足支撐並負荷體重的運動」。他們是將步行時的重心移動及走、跑等運動結構，依時間經過做一詳細說明的第一對學人。魏氏兄弟的小弟愛德華 (Weber, Edward Fredrich, 1806~1871) 長成後成為解剖學家，與兄長們合作無間。

但是，魏巴兄弟時代，在德國用儀器記錄並觀察運動的方法，尚未出現。

法國人馬黎 (Marey, Etienne Jules 1830~1904) 是開始使用儀器記錄並觀察運動，開始現代化研究方法的第一人。

馬黎使用電影技術分析人類與動物的運動，發明自動描繪方法，

一八九四年發表“運動”一書，分析四足獸，鳥，昆蟲及人類的運動。有關人類運動部份有三章，敘述運動的觀點，力學的觀點及技術的觀點。

利用抵抗訓練的理論為費克 (Fick, Adolf Eugen, 1829~1901) 所創。他首先使用等長性 (Isometrie) 及等張性 (Isotonic) 等名詞。

「肌肉的加強使用，可以使它發達」的構想是陸士 (Roax, Wilhelm 1850~1924) 所發表的。

馬黎首先使用照像觀察人類動作，開始現代化研究方法。麥布立支 (Muybridge Eadweard 1831~1904) 在照像技術方面對馬黎很有幫助。

本世紀初，斯卡斯德露發表「體操的人體運動力學」一書；鮑燕與麥肯士也公開其「應用解剖學與人體運動力學」一書。當時在日本，九州大學的櫻井也出版一本以解剖學及力學為立場所解析體操的著作。隨著競技運動的盛行，人體運動力學所涉及的領域，也逐漸擴大到與競技運動有關的人體運動力學分析方面。

一方面由於電影攝製技術的進步，一秒鐘內能攝取一百萬張的影片出現。另一方面因為電影器材發達，亦能顯露非常精細的影象。

在日本，因為舉行東京世運會的關係，人體運動力學的研究也跟着盛行。生物學界對於人類神經機能的研究，最近極度發展，大有利於身體運動的分析。在本書第三章神經的功能裡有所論述。

第三節 運動與人體運動力學

一、運動與身體運動

運動的種類很多，動作千變萬化，不勝枚舉。但是要將其分類為各種基本動作，並非難事。田徑運動以跑、跳、擲動作為主；棒球祇

須加上接球、擊球等動作即可，除足球與橄欖球有踢球動作之外，其他球類則不出上述五種動作範圍；柔道與相撲有推、拉動作；體操競技有懸垂、倒立等姿態。說及姿勢，我們知道其他競技運動也都有類似的獨特姿態；賽跑的蹲踞式起跑；網球的發、接球；籃球的守衛姿勢；柔道的「自然體」等，例子不少。

那種姿態對於當時的主要目的——欲穩定重心為主，或不穩定為主？一更有效？跑步時如何使脚步快些？向後踢地的有效方法為何？跳躍時的助跑該如何？以及踏板，跳躍角度應成幾度？如何保持空中姿勢？投擲時如何才能把最大的力量傳遞到物體上去？正確的投擲方法為何？相撲正面攻擊時，如何才能有效地將對方推倒？……等等基本動作均須有深入研究。那種運動應採用何種方法以加強比賽所需要的全身肌肉與耐力……等等都成了問題。

如此說來，更可以明瞭有關身體運動的科學，即「人體運動力學」對於競技運動確有不可或缺的重要性。

實際上，爲了要加強參加東京世運會選手的訓練，而被採用爲重要項目之一的人體運動力學，的確也或多或少有助於選手訓練的進步。

二、人體運動力學與運動

當仔細觀察「東京世運會」的影片，可從赫斯百公尺賽跑的高速攝影鏡頭看出，他很巧妙地利用腰部轉動情形。他使踏地那隻腳的膝蓋充分彎屈，當膝蓋彎屈時，大腿抬得更高，同時轉動腰部，使身體重心倏忽向前。卜羅 (Broer marion R) 在他投球實驗研究中，發現「投擲的力量約有百分之五十是出自上身扭轉與踏步」（註四）。觀察羅斯在墨爾鉢及羅馬世運會獲得金牌的游泳（一千五百及四百米）影片，可以明瞭他的踢腿動作大大地利用了身體扭轉力量。以此觀察赫

斯的跑法，「實在靈巧」，但是也有人認為「他只是快而已，以姿勢來說，是不成其為姿勢的」。運動的好壞應該看它是否合乎力學原則，而加以判斷，不可以乍看之下的姿態來討論。姿態不過是競技者的體格或習慣，而且常常是補償某一缺點的手段。赫斯跑的「內八字」踏步是他的習慣使然。開得很大的手臂恐怕是因為身體壯大所造成扭轉的結果，作為全身平衡的補償作用。

如果不以人體運動力學的立場，觀察動作，常會失去準繩。

我們長期被教導說，急行跳高在起跳蹬地時，膝蓋要充分彎屈，且深信不疑此說的正確。但是實際上「詳細觀察起跳蹬地時的影片，可看出膝蓋是「不充分彎屈的……」。為了把助跑前進速度轉移為向上速度，不是屈膝蹬地，而是直膝上頂」而且「充分彎屈膝蓋而蹬地時，起跳腳則不勝其負擔。」（註五）。

這是過去專門依賴經驗與「第六感」的錯誤，被科學家所指正的結果。

從前，我們相信只要很勤勉地游泳或划船，自然就可以培養游泳或划船所需要的肌力。現在我們明白，如果不用全力——至少百分之六十以上——不能使肌力發達。因此，單在水中的練習不足以鍛鍊肌力，必須藉陸上的輔助運動才能達到目的。這是科學教給我們的一課。我們清楚腰肌與腳肌的力量增強之後，游泳記錄也跟着好起來，可見游泳的速度與肌力之間有相當高的正相關。

三、人體運動力學的應用

柏拉圖曾說「最優美的運動就是使用最少的力量而獲得最大效果的運動而言」（註二）。在日常生活之間，使用最少的力氣而達成目的，是頗為重要的。就是在靜止間，身體各肌仍然在工作，因此以最少的力氣保持穩定的姿勢成為必需的事實。人體運動力學應以探求此種姿

勢為工作的開始。重心位置問題，平衡問題等都是力學問題。就是再快速的運動也必有這些問題的存在。走步的方法，十人十種，每人不同。但是，消耗熱能最少而較為快速的步行方法，應該為萬人皆可適用的共同原則。

在競賽時，每個人都想要比別人跑得快些，擲得遠些以及能大大地將力量用得其所。但是在籃球投籃時，單出大力是毫無用處的，此時必須適當地控制力量。相撲及柔道比賽，問題的焦點集中在如何保持自己的平衡而打破對方身體的平衡。

處理以上這些問題，我們知道單靠經驗與第六感是頗危險的。依靠經驗與眼睛的觀察不能正確地把握運動現象。我們要使用照相机或其他電化設備來觀察記錄，俾做精細的分析。

在運動競技上想要保持技術進步的運動員，指導他的教練，體育教師，以及其他與身體運動有關係的人們，要有人體運動力學的修養，並且應站在這個立場去觀察別人的運動，以從事改善的工作。

不過我們也必須了解科學有其一定的限度。只知道如何做，並不能就可如意的運動。人體這「機械」是非常複雜而不可思議，一般力學原理往往不能百分之百地適用到人體上。

在本書裡，做為本叢書的一卷；想在解剖學方面，精神的作用，力學原則作些敘述，最後在所選擇的幾項運動內，考察被認為重要的觀點。

（譯者註：書前號碼即為本章附註號碼）

參考文獻：

- 1 Wells, Katharine F., Kinesiology, W. B. Saunders. Co.,
2. Scott. M, Gladys, Analysis of Human Motion, F.S, Crofts & Co.
3. 宮烟、猪飼監修,身體運動の科學,學藝出版社。