

運動生理學的發展

陳相榮

壹、運動生理學的意義

運動生理學 (Physiology of Exercise) 乃生理學的一個領域。生理學為研究「生之理」的學問，生即是生命，理即是法則，亦即，生理學為研究生物體之機能法則者，或者可說是研究生命現象的一門科學。蓋頓 (Guyton, A.C.) 在他最近出版的「醫學生理學教科書」，開宗明義章說：「生理學乃是研究生活體的功能，並試圖闡釋有關生命的起始，發展及延續的物理化學因素者。運動生理學係把人體生理學的基礎知識應用於運動，以解釋運動所產生的生理學問題，為生理學的應用領域，歐美的體育及運動研究均以生理學研究為中心，設有應用生理學研究所 (Institute of Applied Physiology) 者甚多。因此，運動生理學實建築在普通生理學之上。正如生理學需以解剖學為其基礎一樣。生理學以人體的機能為主，解剖學則以人體構造為對象，兩者似乎對立，其實是相輔相成者 (Complementary)」。在不少生理學的研究發現上，均以形態的解剖學的研究與機能的生理學的研究並行不悖，雙管齊下而卓然有成的。例如英國的「位赫齊黎 (Huxley, A.F. 及 Hurley, H.B.)」，應用電子顯微鏡觀察肌肉，發現肌纖維的微細構造，從而了解肌肉的機能。提出為人注目的「滑行學說 (sliding theory)」。丹麥的克羅 (Krogh, A.) 亦從解剖學角度研究肌肉內的毛細血管，進而發覺安靜與運動狀態下的毛細血管的變化。運動生理學固為生理學的一個分支，但與普通生理學最大不同之點，在於普通生理學往往偏重於人體安靜狀態下的現象，亦即身體各器官侷限於日常能量水準的活動範

圍，另外值得注意的是，生理學很少以人體整體的活動角度來觀察；而運動生理學乃是高度活動狀態下的生理學，在活動狀態提高時，身體的各種機能變化之間，具有一定的法則，其次是經由活動可使得身體組織器官獲得改造，例如肌肉透過重量負荷，細胞容積增加，心臟亦然。我們都知道，身體在高度活動狀態下，組織器官之機能也隨着高度發揮。在較為劇烈的運動時，心跳頻率每分鐘二百次，心輸出量二十公升，氧攝取量四公升，血液循環時間十五秒，換氣量一百二十公升是常有的現象。像這種運動時身心各器官的機能所引起的顯著變化，由於各種器官的機能充進，代謝過程旺盛，以致氧氣的供應，能量的補給，二氧化碳及乳酸等代謝產物的排泄，均比安靜時顯得活躍。

由上面所言，當不難對運動生理學獲一梗概認識。身體運動的生理學基礎，不單是做為體育的基礎科學之一而已，在身體運動之際所發生的生理事實，亦為體育所追求的主題。運動生理學的意義為何？目前各國所出版的書籍雖然不少，但提及者却不多。已故東京大學豬飼道夫博士，曾在他的著作中對運動生理學下過定義，他認為「運動生理學是研究運動時身體各種適應的變化之學問。」「運動生理學乃是有系統的研究分析人體實施運動時的狀態，明確其法則，予以敘述的學問。」由於運動生理學本身尚無非常穩固的基礎，加上研究範疇日趨廣泛，實不易下一確切的定義，筆者以為，運動生理學可以認為是探討人體運動時各種功能機理的學問。

貳、運動生理學在運動科學中的位置

如施德克 (Storck) 所說「文化是一個社會所表現的一切生活活動的總名」，那麼運動亦為人類所創造的身體文化。隨着歷史的演進，運動可說是全世界最為普遍的生活活動。為使運動能有健全發展，則其基礎理論非建立不可。與運動的基礎理論關係最深者為臨床醫學、生理學、解剖學、心理學、力學、教育學等，這些可視為運

動的基礎科學。由上列所發展而成的運動醫學、運動生理學、運動心理學、運動力學、運動社會學等即所謂運動科學。日本在東京奧運會之後（一九六六年），曾出版運動科學講座共十冊，本省已有中譯本印行。在運動科學之中，尤以運動醫學逐漸成爲世界各國所矚目的「一門學問」。因其所包括範圍至廣，已故麥克樂教授曾把它的內容分爲十七類，足見一斑。依照今日運動醫學的趨勢可區分爲狹義及廣義兩類。狹義的是指運動所引起的傷害，疾病治療與預防等，早期的運動醫學多屬此類；廣義的則包含臨床醫學、生理學、解剖學等，其中最重要的是以臨床醫學和生理學兩種領域所構成，惟在基礎的研究領域則以運動生理學佔大部分。簡此而言，運動醫學的內容屬於運動生理學性質者較多。

參、運動生理學的發展

自古以來，體育運動對生理解剖的見解可說是片斷而不完整的。古希臘時代，以健兵爲主義的斯巴達式訓練及以培養和諧的人爲目標的雅典體育之中，已採用許多生理及解剖的知識。再如顧茲姆茲的「青年的體操」和林氏爲始的「瑞典體操」，均以生理解剖學的基礎構成。以後的形式體操，除了加入美學觀點之外，借助生理學和解剖學知識亦越發增加。事實上，以科學立場從事研究乃是十九世紀以後的事，因爲十九世紀前半段，物理學及化學的發展神速，影響所及，使得這階段被認爲是生理學的復興時期（Renaissance period）。像這種經由運動對身體科學的研究，係以身體運動的經驗及科學的分析，兩者互爲表裏，相輔相成而逐漸進展的，運動生理學即在此種緣由下因應而生。

運動生理學既屬於生理學的一個分支，故嚴格說來，運動生理學發展史自不能離開生理學而立。提起呼吸與循環，首先便吾人想到的，便是血液循環的開拓者威廉哈威（William Harvey, 1578-1657），因爲血液循環的發現乃有史以來最偉大的醫學發明之一，也是現

代生理學發展的原動力。十七世紀意大利的馬爾匹基（Marcello Malpighi, 1628-1694），更繼威廉哈威之後，應用顯微鏡發現銜接小動脈與小靜脈的毛細血管，使血液循環的徑路從此真相大白。一六六〇年梅友（Mayow）發現物質燃燒時，自空氣中損失了某種物質。一七六〇年普里斯特雷（Joseph Priestley, 1733-1804）終於揭開這個謎，發現了氧氣。一七七〇年前後，法國的化學家拉哇秀（A. Lavoisier, 1743-1794）更進一步獲知氧氣在體內的燃燒現象。約在同時，布拉克（Black）也發現二氧化碳，從此現代的呼吸生理學因而奠定基礎。在肌肉的結構方面，從達文西（Leonardo da Vinci）以降，至十七世紀的威沙利斯（Andreas Vesalius），由人體表面肌（Surface muscles）的觀察進步至實際人體解剖，獲知肌肉中有神經與血管進入。屆十八世紀，意大利的加爾文尼（Luigi Galvani）更從青蛙肌肉的研究中，發現電流使肌肉產生收縮，並且肌肉本身亦發生電流。現代的英國學者赫胥黎等人應用電子顯微鏡觀察肌肉，發現肌纖維的微細結構及收縮現象，使肌肉收縮的機理邁進一大步。至於肌肉收縮的化學過程，自十九世紀初葉開始即有多人研究，法國的貝爾納耳（Claude Bernard, 1813-78）從動物澱粉與乳酸的關係上追蹤，終於在一八五九年的實驗結果獲知，動物體內所含有的動物澱粉因肌肉活動而迅速消失。一九〇七年佛力查（Fletcher, W.M.）與賀普金斯（Hopkins, E.G.）進而明瞭肌肉內的動物澱粉與乳酸的生成量比例減少。一九二七年希爾（Hill, A.V.）和梅葉霍夫（Meyerhof, O. F.）兩人共同研究，發現肌肉在氧氣充足供應下收縮時，並非全部乳酸氧化成二氧化碳和水，事實上所產生的乳酸僅有五分之二被氧化，其餘五分之四再合成動物澱粉。羅門（Lohmann, K.）在一九三六年發現三磷酸腺核，並提出羅門反應。到一九四二年匈牙利籍的生化學者聖喬治（Albert Szent Gyorgyi），從實驗獲知肌動球蛋白（actomyosin）在加入鉀和三磷酸腺核時即產

生收縮。這是生化界中令人興奮的發現。今日已知肌肉收縮的化學過程可分為三個階段，即 ATP 的分解，CP 的分解以及動物澱粉的分解。以上所舉乃是運動生理最爲基本的肌肉生理以及關係密切的呼吸循環方面。由許多生理學巨擘所做的偉大貢獻。

運動生理學從什麼時候離開傳統的生理學範疇而自成一科，這是本文所關切的問題。有關生理學與運動方面的研究，需追溯到本世紀初葉，那時已有不少生理學者從運動的立場研究問題。如意大利的摩梭 (Mosso) 於一九〇〇年左右，即有肌肉收縮的論文發表，尤其他所設計的耐力計 (Ergometer) 今天仍然廣受應用。德國的鐘茲 (Zuntz) 於一九〇六年曾經發表有關登山及高地的影響方面的論文。試圖了解氧氣的意義。史密特 (Schmidt) 亦於一八九九年至一九〇〇年以科學立場論述身體運動的價值。丹麥的克羅 (August Krogh, 1874-1949) 除了在呼吸生理及毛細血管的生理方面頗有建樹之外，並研究人體在劇烈運動狀態的生理學。一九一九年英國倫敦大學的生理學者朋氏 (Rainbridge, F.A.) 與一九二〇年的希爾 (Hill, A.V.) 等人已開始極有系統的研究。在以上這些學者中，尤以希爾氏對運動生理的開拓貢獻最大，因此，現代的運動生理學的產生可說是在一九二〇年代，希爾可說是開山祖師。

自廿世紀以來，各國即有不少有關運動生理學的著作出版，由這些歷年來較具代表性的書籍裡，亦可了解近數十年來運動生理學的發展。謹就英、美、日等國出版者爲代表，並按年代順序列出以供參考。

英國方面，生理學者人材輩出，但直接參與運動生理學著作者，自威廉哈威以至現代的赫胥黎等多人中，僅有朋氏 (Rainbridge) 和希爾氏 (Hill)。朋氏爲倫敦大學生理學教授，於一九一九年出版「肌肉運動的生理學」(The Physiology of Muscular Exercise)。主要內容包括：(一)因運動使能量變換的發生過程以及肌肉之中引起怎樣變化。(二)肌肉活動所需氧氣與營養之供

應，其適應機構的性質爲何。(三)由以上兩點綜合，肌肉運動成立的機轉爲何。希爾氏分別在一九二六年出版「肌肉活動」(Muscular Activity)。一九二七年出版「人類的肌肉動作—支配速度及疲勞恢復的因素」(Muscular movement in Man: The factors governing Speed and Recovery from Fatigue) 以及「活的機械」(Living Machinery)。另外，希爾曾在一九二五年英國科學振興協會的年會上，以「運動競技記錄的生理根據」的題目發表演說。希爾的三冊書被許多學者認爲是運動生理學的開拓上光芒四射，頗具影響力的著作。

美國方面，麥肯基 (McKenzie, R.T.) 在一九二三年印行「教育與醫學的運動」(Exercise in Education and Medicine)，長達五七九頁，主要內容包含：運動中的呼吸、循環機能的變化、運動傷害的預防治療等。麥柯第 (McCurdy, J.J.) 在一九二八年亦出版「運動生理學」一書。史奈德 (Schneider, F.G.) 於一九三三年出版「肌肉活動的生理學」(Physiology of muscular Activity)，後來經由春田學院俄籍生理學教授卡波維琪 (Karpovich, P.V.) 數次修訂，去蕪存菁，使本書內容更加充實。在一九七一年由卡氏本人及春田學院教授欣寧 (Stimring, W.E.) 重加修訂印行第七版。本書可說是國際上比較普遍受人採用的教科書，並且以卡氏貢獻最大，他本人除了在春田學院擔任教職之外，更經常提出爲人矚目的研究報告，無怪乎被人譽爲運動生理學之父。摩爾豪斯及米勒兩人 (Morehouse, L.E. and Miller, A.T.) 由一九四八年合寫的「運動生理學」(Physiology of Exercise)。至一九七一年已出六版，本省有江良規翻譯本。Devries, H. 亦於一九六六年出版「運動生理學」(Physiology of Exercise for Physical Education and Athletics)。至一九七四年印行第二版，內容共有三篇廿七章，包括基本生理學、體育應用生理學及運動員的應用生理。另外，

一九六〇年由強生 (Johnson, W. R.) 主編的「運動的科學與醫學」(Science and Medicine of Exercise and Sports) 目前已印行第二版，內容除了運動生理之外，尚包含力學、心理、歷史文化、運動醫療等大題，網羅專家學者達四十二人，共三十六篇論文。

日本方面，自一九一六年吉田章信出版「運動生理學」以來，即有不少學者印行運動生理之著作，(但所引用文獻泰半出自歐美，本國實際研究報告不多。日本的運動生理學的發展，實際上是一九二〇年代東龍太郎留學英國時，受希爾的影響，尤其是「運動競技紀錄的生理學根據」的那篇講演，使得日本運動生理學的研究萌芽。最近十幾年來，以豬飼道夫主持的東京大學教育學部體育研究所，成績至為輝煌，日本所出版的運動生理學亦多半以豬飼為核心人物。不幸豬飼已於一九七二年一月三日逝世，正如阿斯姆森 (Asmussen, B.) 所說，是世界生理學界的極大損失。自東京奧運會以後，曾有豬飼道夫及廣田公一合寫的「運動的生理」，朝比奈一男及中川功哉的「運動的生理學」，以及豬飼晚年所主編的「身體運動的生理學」出版。

另外，瑞典體育學院生理學系的 Astrand, P.O. 與挪威體育學院的 Rodahl, K. 兩人合著的「工作生理學教科書」(Textbook of work physiology) 於一九七〇年由美國 McGraw-Hill 公司出版，共有十八章六百多頁，書中呼吸循環章節裡大都是本身的研究報告。這本書可說是比較有深度的著作，並且也是近年來世界各國運動生理研究集大成的一本書。另外，亦可看出北歐運動生理學所發展的系列，從 Bohr, O 以來接着 Krogh, Lindhard, Hansen, Christensen, Asmussen, Astrand 一連串的傑出生理學者的誕生，俗云：「名師出高徒」，實至理名言。

肆、運動生理學研究的課題及動向

肌肉活動時人體機構最重要的動員為聯絡、能量產生及運輸三種

機能的協調，換言之即是：(一)神經使肌肉受刺激而收縮。(二)能源物質被利用於肌肉以及其他器官。(三)供應氧氣，排除廢物。運動生理學係以身體運動時所引起的變化為題材，追求其生理的事實發展而成，主要研究課題不外乎：(一)肌肉、神經、感覺等構成運動與動作的問題。(二)運動時所引起的最顯著的變化：如呼吸的狀態，以心臟為中心的循環變化，血液動態，運動的能量及呼吸氣體代謝問題。(三)直接與運動能力有關的基礎體能，暖身活動，訓練，頓挫 (Stump) 疲勞與休息，近代運動訓練原理與方法等問題。

運動生理學自希爾以能量論觀點開拓以來，復經美國的芬氏 (Fenn, W.O.)，第耳 (Dill, D.B.)，羅賓遜 (Robinson S.) 以及意大利的馬格利亞 (Maregaria, R.) 等人繼往開來，發揚光大。另一方面北歐以克羅為首的一派學者，則從組織學及化學的立場進行研究，由是使得運動生理學的內容更具深度與充實。近年來的運動生理學，除了把握主要課題之外，更着重於最大作業能 (Maximum Work Capacity)、運動處方、訓練效果、體能適應以及自人工頭腦學 (Cybernetics) 所觀察的練習效果。

伍、結語

運動生理學發軔至今只不過是半個世紀的歷史，因此今日的運動生理學可說還不是一種具有穩固基礎的知識，它仍是一個研究的課題。然而過去二十年來，世界各國運動生理學實驗室有如雨後春筍急速增加，從而使得運動生理學的研究，無論在量或質的方面，也相對的增進。希望將來運動生理學確能名符其實的成為體育的基礎科學，更能以生理學的方法，闡明運動的機理。

參考書籍

1. Guyton, A.C. : Textbook of Medical Physiology, 1971, W.B. Saunders Co.
2. Karpovich, P.V. and Siming, W.E. : Physiology of Muscular Activity 1971, W.B. Saunders Co.
3. Herbert A. deVries : Physiology of Exercise for Physical Education and Athletics, 1975, Second Edition, W.M.C. Brown company Publishers.
4. Astrand, P.O. and Rodahl, K. : Textbook of Work Physiology, New York, 1970, McGraw-Hill Book Co.
5. Mathews, D.K. and Fox, E.L. : The Physiological Basis of P.E. and Athletics, 1971, W.B. Saunders Co.
6. Johnson, Warren (ed.) : Science and Medicine of Exercise and Sports, Harper & Row, Publishers, New York, 1960.
7. Morehouse, L.E. and Miller, A.T. : Physiology of Exercise, St. Louis, The C.V. Mosby Co.
8. 猪飼道夫編著 : 身體運動の生理學・杏林書院・一九七三年。
9. 猪飼道夫 : 運動生理學入門・體育の科學社・一九六七。
10. 阿久津邦男 : 運動生理學序說上下卷・犀書房・一九七四。
11. 朝比奈一男・中川功哉 : 運動生理學第一章・大修館書店・一九六九。
12. 猪飼・石河譯 : 運動の生理學・第一章序說・一九六三・ベースボール・マガジン社。
13. 猪飼・廣田公一 : 運動の生理・大修館書店・一九六六。
14. 猪飼道夫編 : 人體生理學・大修館書店・一九六九。
15. 青木純一郎 : 運動生理學研究的動向・體育の科學第二三卷第八號・一九七三。
16. 猪飼道夫・江橋慎四郎 : 體育の科學的基礎・東洋館出版社・一九六六。
17. 石河利寬・青木純一郎 : 諸外國の體育研究的動向・體育の科學・第二一卷第一號・一九七一。
18. 名取禮二 : 世界における日本の體育科學—運動生理學—體育の科學・第二二卷。
19. 李煥燦著 : 生理學發展史・生理學精義翻譯本一頁至十八頁・國立醫藥研究所出版。
20. 周先樂著 : 生理學第一章・正中書局・民國六十二年。
21. Meyers, E.J. : Exercise Physiology in Secondary Schools, JOPER, January 1975.

上承第一三頁

國家」，同時不允許一些額外的人員存留在家庭之中。因此，報章往往往公開報導法庭上妻子責備他的丈夫，或者子女控訴自己的父親等新聞。婚姻關係再也不像中國傳統的方式，乃是兩個家庭的結合，亦不像西方世界上小倆口的家庭，而是兩個異性同志精神上的結合；配偶第一件大事是加強和培養「夫」「婦」對共產主義的信仰，同時誓言為建立新社會而努力。這種教條將來是否成功目前雖無法逆料，但有一件事可以肯定的，家族觀念和大家庭制度目前在大陸上已經不復存在了。