



實用運動生理學

趙敏學編著



健康生活叢書

中華書局出版

本書內容提要

身體的運動是每一個健康的人所必需的，學校的青年、少年和兒童們，更需特別注意他們的動運訓練。本書根據運動教練的實際經驗，詳細敘述運動和生理的學理關係。內容極為廣泛，研討亦極深入；從人體的正常生長與發育說起，講到運動對於骨骼、肌肉、呼吸系、循環系、神經系以及全身共濟機能的影响和效果，運動與年齡和性別的適應，運動與體格、運動指導等，最後對於健適測驗，更特開專章論述。各項統計材料及研究實例，搜羅極為豐富。為各級體育訓練人員、從事體育鍛鍊者、運動醫師、生理學家、教育學家等的重要參考書；大學體育系課作教本，亦極適用。

序

關於運動生理學方面的書籍，無論在國內或國外都很少見，即有之，內容亦多着重在純粹生理現象的闡述，對於體育訓練的實際配合和應用甚少論及。家父在前國立中央大學執教時，曾編有『運動生理學』講義。現即根據我家先後教授此課程約十餘年的心得，並參考其他專著，編成『實用運動生理學』一書，供獻給從事體育工作者，作為教學上的一種參考。

本書編著的特點，即在討論運動對於器官所生的影響時，必先敘述該項器官有關身體系統的平時情況，其次及於運動的效果，最後說明其在體育教學上的配合與應用。由於我國學校中尚缺少運動生理實驗方面的設備，故不得不採取歐美學者研究所得的結果，以為佐證，此則著者所引以為憾者也。

本書初稿完成於一九四八年三月，當時因故未能出版。解放後重加修正，承出版總署介紹與中華書局出版，使本書得與讀者相見，衷心至感欣慰。至於內容與文字上的缺點，在所不免，尚望讀者隨時指正，以便再版時得以修正，尤所企盼！

趙敏學

一九五一年六月

實用運動生理學

目 次

第一章 緒論.....	7
第二章 人體的正常生長與發育.....	10
正常的生長情況——正常的發育情況	
第三章 運動對於骨骼的影響.....	17
骨的功用與生長——脊柱與姿勢——運動與胸廓——人體中的槓桿作用	
第四章 肌肉收縮時的變化.....	25
橫紋肌的構造——肌肉的化學成分——肌肉收縮時的化學變化——肌肉收縮時的其他變化——肌肉工作的燃料	
第五章 肌肉工作的效率.....	41
測量工作的方法——工作時能力的消費——人體的機械效率——肌肉的絕對力	
第六章 運動對於肌肉所生的效果.....	50

肌肉的活動性增大與彈性發展——運動的性質與肌肉效果——肌肉系統的訓練

第七章 運動時氧的重要性.....58

運動時的穩定情況——氧債——氧與工作負擔的關係

第八章 呼吸對於運動的適應.....64

呼吸的機構——運動時的呼吸變化——運動與肺活量的關係——加力

第九章 運動對於循環系統的影響.....78

血液反應的維持——運動時紅血球的變化——血糖與運動的關係——運動時的心血放出量——運動時動脈血壓的變化——運動對於脈搏的影響——運動對於心臟及血管的作用

第十章 運動時身體的共濟機能.....102

神經系統的作用——肌肉中的局部管制——肌外的其他管制——代償能的限制

第十一章 運動對於神經系統的訓練.....109

肌肉動作的節制——各類運動對於神經的訓練——運動與心理作用

第十二章 體育訓練的效果.....117

體育訓練對於肌肉系統的影響——由訓練所生的其他適應

第十三章 高空活動的身體適應.....126

高空中的生理擾亂——高空中的身體適應——高空活動
的適應

第十四章 疲勞.....138

疲勞的定義與種類——疲勞的徵象與原因——重要的疲
勞因素——疲勞的地點——慢性疲勞

第十五章 運動與年齡及性別的適應.....147

學齡前期兒童的運動——六至九歲兒童的運動——九至
十二歲兒童的運動——十二至十五歲男孩的運動——十
二歲以後女孩的運動——十五至十八歲男青年的運動
——十八歲以後男子的運動

第十六章 運動體格與運動指導.....158

體格的分類——運動體格——運動指導

第十七章 健適測驗.....167

健適測驗的意義與目的——健適測驗的種類與方法——
力的測驗——心臟血管功能測驗——呼吸機能測驗——
共濟機能測驗

實用運動生理學

第一章 緒論

體育教育的目的，在以身體活動為方式，而謀人體構造與機能雙方的平均發展，並為發展勞動生產與鞏固國防的準備。運動是實施體育教育的一個主要方法，體育也必須通過運動，才能達到它所預期的目的。凡人皆有運動的本能，所以各種運動如果常常反復舉行，則其人身體的生長和器官的功能，得以逐漸發展，生活亦可趨於完善之境；而該項運動也即成為用以獲得身心健康的一個必需工具。但是，適合的運動的性質與所能產生的效果為何？或者說，體育訓練對於人體所生暫時性的與永久性的影響為何？這是本書所要討論的問題。

習俗每以人體與人造機器相比，因人體與內燃機同以燃料由氧化作用而產生熱能與工作。機器以汽油為燃料，而人體則代之以有機食物，如醣類、脂肪及蛋白質等，其能力之變換則一。但人體比無生命的機器在不少情形中實有極大的區別，而此項區別均有利於人體生活，使人得能適應各種不同的環境和應付各類不同的需要。在人體，能力的消耗除表現於身體的工作上外，對其身體內部的活動更繼續不斷，直至於死；反之，在機

械，當它休止不對時，便根本不需任何能力的供給。其次，機械並不需要能力以爲修補組織之用，它所需要的僅爲少量的機油以維持其平滑；此項物質類似食料中之無機鹽及維生素等，具有調節機能的作用。而在人體，組織因工作而時有損毀，而此種損毀必隨時加以修補，才能維持內臟器官的生活常態與水平。例如生命的維持與延續，非有燃料不可，我們自食物中所取的能力，往往超過日常生活的需要，因此所得每有積餘，此項積餘類多儲藏於組織之中，備爲身體不時之需。人造的機器既然無法自行儲存燃料，自亦無從借用此項能力。此外，人體之異於機器者，人體能適應其所擔負的各種工作分量，且在不同的環境下能改變其機體的效能。人體之另一優秀特性，即在能負「氧債」(見第七章)之作用。運動員在行劇烈運動時，常須透支氧氣以應急需，此項因透支而所負的氧債，必須俟運動停止後方能償清。因之，運動雖已停止，呼吸係慢慢恢復以至常態，此即爲償還氧債的一種表示。此種特長可大大增加人體活動能量的範圍，遠非人造機器所能及得。總之，人造機器的工作情形固定，而在人體中則否，因人體對於加諸已身的一切變化，能作各種適當的適應與調整，其中最重要的一環，乃在保持身體內在環境的一致。

身體的內在環境，決定於血液與淋巴的性質。此二者皆與生活細胞有密切的關係。生活細胞一面自血中攝取用以維持其自身及活動時所需的燃料，一面則將自身的廢料及因活動而生的過剩產物交還血液。此種交換作用可以改變血液的成分，也可以影響及若干器官的活動；此種成分上與活動上的變化，又可因血液本身的緩衝作用以及器官活動的增減而使血液的

化學反應保持正常。人體健康的維護，乃在不使體內的環境發生過大過速與太不規則的變化，因之，人體內各種器官在運動時必須共同合作保持體內一定的理化情況，如酸鹼的平衡，水分的含量，血液的溫度，靜脈血中所含的氧及二氧化碳分壓等。

我們在討論運動生理時，須牢記人體各器官的活動，均有或多或少的合作性。意即每一器官都須為整個機體的利益而有所貢獻。要了解每個器官對於整個機體的關係，必須對該器官先作個別的探討；然後再努力於發掘各器官功能與變化上有何相互的關係，並研究它們如何促進整個機體的效能。

本章參考資料

金兆均著：體育與衛生之科學分析。

江良規著：體育原理第五章。

Schneider: Physiology of Muscular Activity, Chap. I.

第二章 人體的正常生長與發育

體育訓練給予人體最大的興奮與補益，當以幼兒與青年時期最為顯著。人體之所以能充分生長與發育者，除營養富足外，實乃運動所生的效果。生長乃表示體積的增加，所指出者為大小而非力量或工作的效能。發育乃表示與能力有關的身體組織情形。由此可見人體的生長在前，發育在後；但亦非必俟生長完畢後方始發育，發育亦可早早開始，不過遲遲達其頂點而已。換句話說，青年的早期偏重於生長，其末期則偏重於發育。二者之間無絕對的界限可分。從兒童生長的進度中，可以看出生活的能力，但營養與疾病都能左右生長的快慢，間接亦能決定發育的遲早與盛衰。凡此皆有事實可以證明。人在幼年時期，身體的生長與發育雖然都依規律進行，但各器官發展的速率並不相等，且隨年齡而有不同。自出生以至成人各個時期中，每表現有生長與發育的特點。

正常的生長情況 正常的生長情況，可分下面數點來說：

(一)長度 初生兒的身長，普通為 45—50 公分。從頭頂到下頰底的長，約等於身體全長的四分之一；軀幹與腿長相等，但較為粗大；臂較腿為長；平分身體為上下兩半的橫線的位置比臍稍高。到三歲時，腿便長過於臂，此乃用於行路的結果。直至青春時期，四肢仍繼續生長；平分身體的橫線，也漸漸下降而到達恥骨地位的高度。到成人期，下肢比上肢約長 20%，比軀幹約長 28%（歐美成人的下肢，比上肢約長 24%，比軀幹約長 40%。國人的下肢較短，文中所列數字係根據作者個人測量所得者），而

頭之長則僅及身長之七分之一。依常例而論，年屆二十歲以後，身體的生長大半完成，其身長的增加約為生下時的三到三倍半。在身材瘦長的人，其軀幹短而腿長；在身材粗壯的人，則軀幹長而腿短。在同年齡的兩性，女子往往比男子短10%。此種區別是否可由女子增加練習運動而改變，尚不易確定。

人在初生時，胸圍約等於身體全長的三分之二，到九歲時適及其半，此後漸減，至青春初期，又漸增加，達二十歲時，又大於身長之半。胸厚與胸寬相比，在一歲時，寬厚幾屬相等，此後胸寬逐漸增加，至二十歲時，胸的厚度約僅寬度的68%。至於身體一般的寬度到青春後期（即十七歲以後）始有顯著的改變。如男子的肩寬在生長成熟時稍大於脊柱全長之半。如以身長相同的男女相比，則男子的肩寬較大於女子；反之，女子的骨盆則較寬於男子，大腿骨的傾斜度亦較男子為甚，因之，女子的下肢活動，如奔跑、跳躍之類，均不能與男子相抗衡。

（二）重量 初生兒的體重通常為三公斤左右。在生後數日內，由於母乳分泌不足及嬰兒本身水分的排洩，遂有一生理的體重減輕時期，但到五至六日後即可恢復原有的重量。此後體重迅速增加，正常的小兒到生後六個月時，體重約為初生時的一倍，到足歲以後，約為初生時的三倍。

生長在一生中有兩個時期最速，一在出生以後第一年內，一在青春初期。女孩的青春期早於男孩，故女孩在十一至十四歲一段時期中，其身長與體重均超過同年齡的男孩，但胸圍與肌肉的發展仍不及男孩。由此可以證明女孩在青春期間應該努力於身體活動，以便促進器官機能的發展。男

孩身長曲線的突升，開始於十三歲；約在十五歲時，發展最速；其體重則在十六歲時增加較大。所以男孩在十四至十六歲一段時期中，身長與體重又超過同年齡的女孩。男孩在十四至十六歲，女孩在十一至十四歲，都為身長與體重增長最速的時期，此後，則身體的寬度繼續增加，直到青春末期為止。

體重從初生以至成人時期，約增加十五至二十倍；而以體表面積與體重相比，則自胎兒時期開始，即逐漸減低。嬰兒初生時，每公斤體重約有八百平方公分的體表面積，到七歲時減至四百餘，達成人時僅及三百之數；由此可知，嬰兒每一公斤體重所需供給身體的熱能，要比成人約多二至三倍，所以幼年時期的營養必須豐富，才能適合身體上的需要。

我們常可見一般中學生的體重不能和其身長比例增加，此種體格的特徵為身材高而瘦狹，胸廓長而扁平，肌肉白而萎縮，全身形態單薄而不相稱，此即由於體重青春前期不能和身長以同等速度增加之故。嬰兒與幼兒時期，身長與體重的增加最速，其後逐漸變緩；青春前期的身長上的增加，主由於腿的加長，十四歲以後，則以軀幹的加長為速。同理，十四歲以前，身圍的增加也不如長度增加之速，故在幼兒時期，由於軀幹短小而腿則相比過長，便成為易趨衰弱的一個原因。同時，由於內臟的生長亦不能與腿長的速率相均衡，便又成為小兒易於得病的原因。身圍的增加，常為體力增強的表示。軀幹的變大亦即表示內臟器官的體積加大，於是健康乃得促進。惟身長與體重的增加必須互成比例，否則，長度的過度增加將成為內臟器官的負累，故在發育期間，當兒童的身長迅速增加時，必須

注意利用豐富的營養與適宜的運動，幫助體重得以隨身長度的增加而增加，方不致有害於健康。一般的說，兒童生長上的缺點，每受學校中不良生活的影響，此中尤以缺乏體育活動為最。所以，欲求體格的進步和健全，必須在小學與中學時代，即予兒童以適合而充分的體育訓練，俾使身體獲得正常的生長與發育。

(三)內臟

1. 腸 根據 Muehlmann 氏的調查，男孩初生時，腸的重量約佔體重的6.7%；四至六歲時約為5%，十四至二十四歲時約為3.3%。據 Bencke 氏的調查，兒童時期每一公斤的體重合於腸的容積約100—180立方公分，若在成人，相比僅及半數。此即由於兒童時期，有充足的食料供生長與體內燃燒之用所致。兒時腸的容積既大，於是腹亦多半挺出。

2. 肝與腎 肝為體內物質的構成與毀滅的主要場所，因之，肝的大小亦可為代謝量大小的表示。嬰兒的肝甚大（平均約重164公分），五歲以後，便比例的減小，重量的增加也漸減低，此種原因，或由於肝的生長緩慢，或由於其他器官的生長過速。至於主持排洩用的腎臟，它在生長上的情況，一般亦和肝相類似。

3. 循環系統 心臟在初生時甚重（平均約24公分），生後二年內可增一倍，八歲時又加倍，此後六年中復可增加一倍。心的容量在初生時約為20—25立方公分，生後二年內加倍，其後五年中略有增加，在七至十四歲間增加亦甚微小；但到青春期，便大大增加，可相當於以前七年的總數，故此時的心臟，實大而弱，男女兩性都是一樣。男子心臟的重量，從初生

以至成人約增12.7倍，女子約增10.8倍。按比例分配，兒時的動脈口圍與心臟容量相比為最大，在青春期中漸小，四十歲後又漸大，但趨硬化。由於青春時期心臟容積的增加，遠比動脈口徑的增加為速，故此時的血壓也便急升。因心與血管相比的大小不同，其影響於各人的生活者亦異，即在同一人的各年齡時代中亦復不同。

4. 肺 肺的生長與兒童的日常生活情況極有關係。男孩在六至十歲間，肺的增長甚速，此後三年中漸緩，到十四至十六歲時，又有極顯著的加速生長。大學男生的平均肺活量約為三公升半，女生約為二公升半。在九或十歲前，肺活量在兩性上無甚區別。青春期間由於身體的生長最速，須有多量的氧供給血液，行使交換，所以肺的發展在此時期極為重要。

5. 腦 根據 Vierordt 氏的調查，初生時腦的重量平均約有350公分，相當於體重的12%；在成人則為2%，遠不如其它器官生長之速。初生兒的腦重約為成熟時的四分之一強，當九個月時加倍，到三歲末約為三倍，到七歲末，其重僅略次於成熟時；再後，主為腦機能上的增加，而在重量上則所增無幾。但小腦的增長則從青春期中開始至二十歲時最速。

正常的發育情況 人體發育方面，當以神經與肌肉系統間的關係最為密切。神經上的任何變化必引起肌肉的動作，而每一肌肉的動覺亦必作用於神經中心。二者之間實有連帶的關係。成年男子的肌肉重量，平均占體重的半數，從初生以至成人，肌肉約增27倍。在四歲以前，內臟的生長超過肌肉；到六至十七歲間，肌肉的發達便加速，且在前數年中主為長度的增加，而在後數年中則以粗度的增加為顯。十七歲以後的體重增加度雖



械，但肌肉的強度仍繼續加大，且增加其堅韌與持久的力量。

人體各部肌肉的發育，以軀幹肌爲較早。上肢肌肉早於下肢肌。八歲前下肢的生長較遠於上肢，其後則反之。握力在五歲時增加最顯著，其後漸減，至青春期的復增，其遲早與大小則隨生活的情況與習慣而有不同。

神經機能成熟的一種表示，爲中樞神經纖維的髓鞘的產生。在腦脊髓系統中，產生最早的髓鞘，爲在脊髓中連絡鄰近中心的神經纖維，司最簡單的反射動作；其次爲連絡上下級中心的纖維，於是動作乃稍形複雜；其後漸形上升而達小腦，動作乃有共濟。以上的變化，均在人之出生前即已完成。人在初生時，大腦中僅有甚少的髓鞘組織。在腦中以知覺中心的成熟爲最早，嗅、視、聽諸覺係次第發生；而腦皮質中司理隨意動作的中心爲最遲。故兒童最初的生活主爲接收知覺，然後才有帶有目的性的活動。神經通路的滯塞將爲智力低弱的主因，此因聯想難以構成之故，所以高級中心的活動，實有賴於相通的低級知覺與運動神經細胞的發達。最複雜的神經通路須至成年時方始發育，此乃兒童理智薄弱之故；但在幼年時期，學習與領受能力甚高，故早期的肌肉活動，可以促進神經發育的程度。

Kerr氏把人體的正常發育分爲三個階段：一爲營養期，二爲運動期，三爲理智期。此三種發育過程，並非分段進行，惟在不同年齡的階段上各佔一個高潮時期而已。現再爲分述如次：

(一)營養的高潮時期 此期從一歲到五歲，兒童整個的生活表現，主爲飲食消化與睡眠。雖然小兒長至一歲末即開始學習走路及其他的簡單動