

運動員與體力

訓練的理論與方法

林 正 常 譯

健行文化出版公司發行

吳 序

科學對人類的貢獻，是把複雜的事或物及神奇奧妙的道理，都能分析成簡單的定理或因素，使人類易於掌握應用。

同時，再將已經分析成簡單的因素，加以深入的研究，使其極度精細化，並理解其所以然。

例如，醫學將複雜、神奇、奧妙的人體，分爲細胞、組織、器官、系統等的研究，藉分門別類的進行理解其真象及個別功能。

科學對人體複雜的運動定理因素之分析，也有其類似的貢獻。

先將人體動作構成因素，分爲體力及技術，再針對體力技術作深入的探討。

例如，過去有關體力及技術的改進，迭有新猷，致使運動技術有日新月異之感。年來，運動員體力（運動能力）的研究，形成增進運動成績的主流，其進步的速度與分類的精細，已成爲專門的學問。

爲了使中國體育及運動界人士，對體力的訓練及練習，有較爲詳盡的瞭解，林正常先生選擇了在國際間，頗具權威的「運動員與體力」一書，譯爲中文，以見一斑。

林先生譯事流利，自謙從事譯著，乃性之所好，本不敢侈言出書，然鑒於本書可能有利於全民體育之推行，乃不揣冒昧，逕予印行，冀以拋磚引玉。體育界有人爲此，故樂爲之序。

吳文忠 序於國立台灣師範大學體育樓

六十二年四月一日

譯 者 序

運動員之需要體力，就如同發明家之需要智力。我們過去對運動員有關體力方面的訓練，雖不盡屬錯誤，但我們却不得不承認，我們在這一方面浪費了不少時間，走了不少冤枉路。雖然沒有人做過統計上的分析，但運動員整年內花於體力訓練方面的時間，極可能多於技術訓練方面的時間。而不幸的，比賽下來，又往往敗在體力的不足。每次派隊參加國際競賽，我們失敗的原因，除了技遜一籌外，體力不如人是一大原因。因此，如何改進運動員體力訓練方法，提高運動員的體力水準，實是今日身為運動教練當務之急。此亦自不量力翻譯本書目的之所在。

人體是一部極其複雜的活機器，如何在適當的時候，使這一部機器做最大限度的發揮，或者如何配合需要做最適度的發揮，實是一門大學問，困難的程度恐怕非任何一部人類所創的機器所可比擬。因此，我們不能再憑經驗、憑主觀的判斷來做事倍功半的努力。

本書原著為 V.M. Zatsiorskij，於一九七〇年出版，一九七二年由渡邊謙翻成日文，譯者再就日文本譯成中文。作者參考了六十三種文獻編著此書，資料之收集相當完整，而且頗具權威性。希望本書對我國發展全民體育造就運動人材能稍盡棉薄。

譯者學術淺陋，恐難盡譯事之信雅達，尚祈體育界與運動界的先進不吝賜正。

林正常序於一九七三年三月

國立臺灣師範大學體育學系

目 錄

序.....	1
緒論、體力（運動能力）.....	1
一、體力的概念.....	1
二、體力的關係名詞.....	2
第一章、肌力訓練法.....	1
一、肌力.....	1
(一)前言.....	1
(二)何謂肌力？.....	2
(三)不同運動條件下所發揮的肌力.....	2
(四)人體運動能力中肌力的形態.....	9
(五)肌力與體重.....	12
(六)生理學的肌力調整機構.....	16
二、肌力的訓練法.....	18
(一)肌力訓練時負荷的設定.....	18
(二)肌力的訓練法.....	21
(三)反覆肌力訓練的特性.....	22
(四)最大肌力法.....	25
三、肌力訓練及其實際.....	28
(一)肌力訓練的種類與特徵.....	28
(二)靜的肌力訓練.....	29
(三)肌力訓練時的呼吸法.....	32
(四)肌力訓練的最適速度.....	33
(五)姿勢與肌力的關係.....	34
(六)最適速度的選擇方法.....	37
四、各種不同肌羣的訓練法.....	39
(一)肌力地圖.....	39

(二)腹肌及其訓練法	41
(三)腰部肌肉及其訓練法	42
五、體育活動的肌力訓練法	44
(一)體力活動與肌力訓練	44
(二)週期訓練計劃時的肌力訓練法	47
(三)訓練週期裡的肌力訓練	48
(四)不同項目的肌力訓練法	50
(五)補助運動的肌力訓練	52
(六)肌實質(體積)的增大	53
第二章、速度的訓練法	59
一、速度	59
(一)速度的意義	59
(二)速度的生理學、生化學及形態學基礎	61
二、運動反應的速度及其訓練法	62
(一)單純反應時間	62
(二)複雜反應時間	65
三、速度的訓練	69
(一)最大速度	69
(二)速度訓練法的基礎	69
(三)速度障礙與對策	72
四、速度訓練有關的肌力與技術訓練	74
(一)肌力訓練方面	74
(二)技術訓練方面	80
第三章、耐力的訓練法	83
一、人類的耐力	83
(一)耐力的意義、疲勞與耐力、耐力的種類	83
(二)有氧的產物與無氧的產物	89
(三)耐力的轉移、全身耐力	93

四耐力的絕對指標與相對指標、速度與耐力·····	95
二、耐力訓練的一般問題·····	99
(一)前言·····	99
(二)耐力訓練的負荷條件·····	99
(三)有氧作業能力的訓練法·····	104
(四)無氧作業能力的訓練法·····	111
(五)有氧的與無氧的作業能力之相互關係·····	115
(六)內部環境不利變化的抵抗能力之訓練·····	116
(七)呼吸與耐力·····	117
三、特殊耐力的訓練法·····	119
(一)各不同強度耐力訓練的特性·····	119
(二)強度隨時變化的運動之耐力訓練·····	122
(三)技擊與球類項目的耐力訓練法·····	124
(四)肌力運動的耐力訓練·····	125
(五)情緒疲勞·····	127
第四章、巧緻性、柔軟性及其他體力的訓練法·····	129
一、巧緻性的訓練法·····	129
(一)巧緻性的意義·····	129
(二)巧緻性的生理學與心理學基礎·····	131
(三)巧緻性的訓練法·····	131
二、柔軟性的訓練法·····	134
(一)柔軟性的意義·····	134
(二)柔軟性的訓練法·····	136
三、其他體力要素的訓練法·····	137
(一)放鬆及其訓練法·····	137
(二)平衡性及其訓練法·····	144
(三)空間知覺及其訓練法·····	145
結論 體力訓練的統一過程·····	147

第一章 肌力訓練法

一、肌 力

(一) 前 言

「力」的意義有各種解釋。但須用較科學的概念來區分。尤其以下兩種更不得混淆使用。

1. 運動機械性特性中的「力」——對有質量（ m ）的物體的力（ F ）的作用。
2. 人類的特性或能力的「力」——如本書中，「各年齡力的變化」或「運動員的力量比非運動員的力量大」等場合使用之。

前者表示運動的其他概念，為力學研究的對象；後者為體育理論、生理學或人類學上的研究對象。

運動有關的書籍或運動生理學有關的文獻，提到力時，通常遵循牛頓的第二運動定律——力與加速度成正比（ $F=ma$ ）。通常，此乃根據力的慣性作用，而不考慮特殊的場合（case）。反作用受物體質量的影響而發生時，不受加速度的影響，祇受質量的左右（如重物不去動它就永遠不動）。拉長彈簧或車內胎所發生的力，幾乎與加速度無關，主要受被拉長的部分的長度所左右。

甚至，因摩擦而發生反作用時，力的大小不受加速度或運動距離的影響，而決定在速度。幾乎所有運動同時受重量、慣性、張力、彈性及摩擦所發生的力之作用，所以運動往往受其他運動特性（速度、加速度、方向等）的影響。 $F=ma$ 的關係，係由觀察所得的「純粹型」，僅限於特別設定的實驗室條件下才可能存在。

(二) 何謂肌力

欲確定某一概念時，說明其測量法，不失為最佳之手段。

Fr. 元雷魯斯曾說：「評價運動時，能測量的，才有價值。如果不能測量，力量再強的運動，也全無價值」。

人的肌力，可用肌力器或相類似的測量器來測出其物理的力。肌力可說是肌肉發揮一定力的能力，即所謂物理的相互作用尺度。換句話說，肌力即肌肉發揮力量的結果，能與所加的外力成反作用對抗的能力。

肌力的發揮，有三種形態：

1. 肌肉發生張力但長度不變者——稱「靜的收縮」或「等長收縮 (Isometric contraction)」。
2. 肌肉長度縮短者——稱為「縮短性的收縮」或「向心性收縮 (Concentric contraction)」。
3. 肌肉長度伸長者——稱為「伸張性收縮」或「離心性收縮 (Eccentric contraction)」。

以上三種不同形態的收縮，產生的最大肌力各不相同，詳見本章第四節。

(三) 不同運動條件下所發揮的肌力

運動的力——即因運動產生的壓力或牽引力——主要受對抗的力的性質所左右。

現在，人類之研究運動，僅限於一定質量的物體加速度方面有關的研究而已。此方面的研究，應用所謂「慣性肌力測量器」。此種測量器的特徵是可測量不受重力影響的運動之力。A. V. Karpovich 名之為「慣性車輪 (Inertia wheel)」。此器的用法是從一定質量

的車輪牽上一鐵索，被測者手拉着鐵索的另一端，急速拉動車輪，測量此時的牽引力及給予車輪的加速度及速度。

使用此種裝置，車輪的狀態變化，其重力不發生位置能量的變化，所有功均轉換於對車輪的運動能量（可不顧因摩擦所產生的些微能量的消耗）。此種慣性車輪的運動，完全符合牛頓的第二定律，變化慣性的運動，即可增加種種「等價質量」的加速度。

力與物體質量的關係

當人發揮最大的肌力，以移動各種質量的物體時，因質量的不同，發揮的肌力隨之改變。最初階段，隨物體質量的增加，肌力跟着增加。但達到一定質量後，肌力即不再增加（圖 1）。

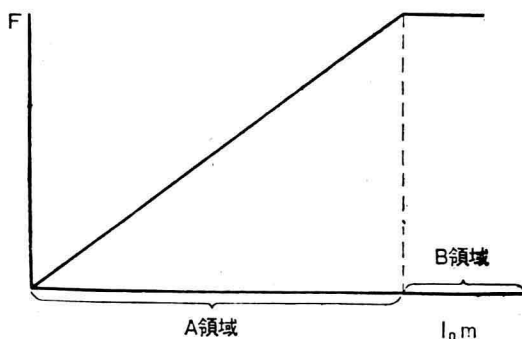


圖 1 發揮最大肌力時力與物體的質量的關係

在數學上，隨質量的增加，最大肌力的增大範圍（圖 1）如下式所示：

$$F = a + k \ln m$$

上式中， F 為肌力， a 與 k 為個人特有的常數， $\ln$ 為自然對數， m 為質量。

肌力與質量的關係，在實際運動上各不相同。譬如 同一選手推

鉛球所發揮的肌力，小於他舉重時發揮的肌力。不過，如圖 1 之 B，物體的重量超過一定範圍後，給予該物體加速度的肌力與發揮的質量無關。

肌力與速度的關係：

投擲不同重量的鉛球時，從各個鉛球飛行速度與發揮的肌力，即可獲知兩者間成反比例關係。換句話說，速度越增，發揮的肌力越小，速度減慢，發揮的肌力越大。

如在特殊場合，鉛球非常重，費九牛二虎之力亦無法推出時，肌

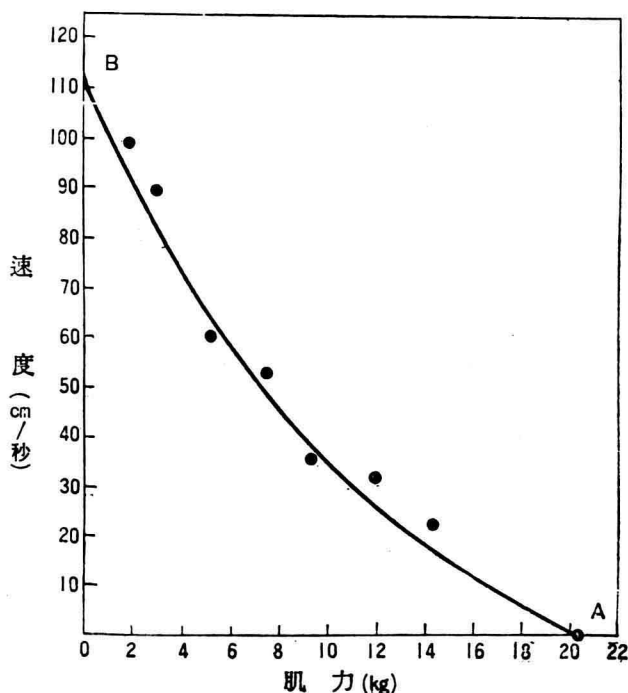


圖 2 各種荷重運動時肌力與速度的關係

(大胸肌實驗資料, Ralston, H. J. et al.)

力達最大值。此時，發揮的是靜的肌力，速度等於零。相反的，鉛球相當的輕，因為沒有重量，給予鉛球的肌力當然等於零，此時手的運動速度最大。通常投擲比賽用鉛球時，質量在中等程度，速度與肌力各屬中間之值。

若再以更嚴密的實驗條件來檢討其間的關係，肌力與速度間，如圖 2 所示的曲線關係。

圖 2 中，A 點表示等長收縮狀態（速度等於零，肌力最大），B 點為無負荷的運動（負荷為零，速度最大）。圖中的黑點為中間階段的速度—肌力的關係。

此處所引用的肌力與速度間的關係，稱為「肌肉機械特性的基本公式」，其關係如下：

$$(P+a)(v+b) = (P_0+a)b=k \quad (\text{Hill 的公式})$$

式中 P 為發揮的肌力， P_0 為最大肌力， v 為速度， a 及 b 為個人特有的常數，是各被測者固有之值，由實驗資料求之。

此一等式所獲知的，並不祇是肌力和速度成反比例的關係。更重要的是，無論負荷如何的改變，肌力與速度間的關係，受等長收縮狀態所測得的最大肌力（ P_0 ）所左右。換句話說，靜的狀態下所測得的最大肌力大小之不同，深深地影響動的狀態下發揮的肌力。靜的狀態下所測得的最大肌力與上舉槓鈴的最大重量間，在統計上無顯著的差異，測量二十四個人，所得的值與標準偏差為 43.2 ± 3.4 磅與 41.8 ± 6.9 磅。

不過，後來 Stepanov, A. S, M. A. Burlakov 兩人實驗的結果，兩數值間的差更大，為六～八公斤。

肌力及其他指標與速度間的關係，如圖 3 所示。

由圖可知，速度越大時，發揮的肌力越為下降，但全體能量的消耗量（做功+熱）反而增加。同時，瞬發力在最大速度的三分之一時最大，對消耗能量的工作效率（K.P.D.），約在最大速度的二〇%時最大。最單純條件下，瞬發力等於力與速度的乘積。

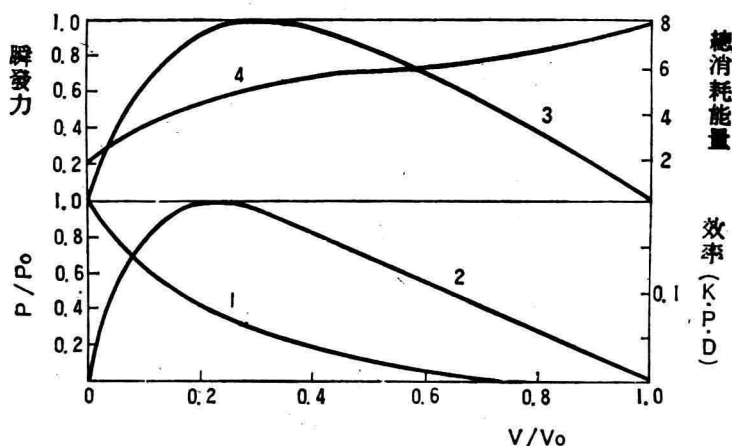


圖 3 運動的各種指標與速度的關係 (Hill, A. V.)

橫軸是負荷零時對最大速度的速度比，縱軸 1 是等長的最大肌力 P_o 所發揮肌力 P 的比率，2 是工作能量對消耗能量的比率（效率），3 是機械的瞬發力，等於 PV ，4 是總能量消耗量，等於 $PV/\text{效率}$ 。

$$N = \frac{A}{t} = \frac{FS}{t} = F \left(\frac{S}{t} \right) = Fv$$

上式中， N 為瞬發力， A 為工作量， F 為力， v 為速度， t 為時間， S 為運動距離。

速度與肌力成反比例的關係。瞬發力要發揮至最高值須在肌力與速度皆在適當之值時才能做到。瞬發力最大值時的肌力與速度，各研究者研究的結果，多少有些差異。但所有的結論，皆認為各在它們最大值的三分之一時能夠產生最大的瞬發力。

所以，實際運動時，最大的瞬發力，祇是做同一運動發揮的最大肌力與發揮的最大速度乘積的十分之一而已。鉛球選手的瞬發力能大於舉重選手，其理在此。根據 Oplavin 的資料，鉛球推十八・一九公尺時的瞬發力為六・九馬力，舉一五〇公斤的槓鈴時的瞬發力為四・三馬力。此實驗時，加之於鉛球的最大肌力為六十一・三公斤，加

之於槓鈴的力量達二〇〇公斤，推鉛球發揮的肌力小於舉重之時，但由於速度相當大，瞬發力的值也較大。

實際的運動，各分佈在力—速度曲線上。（圖4）

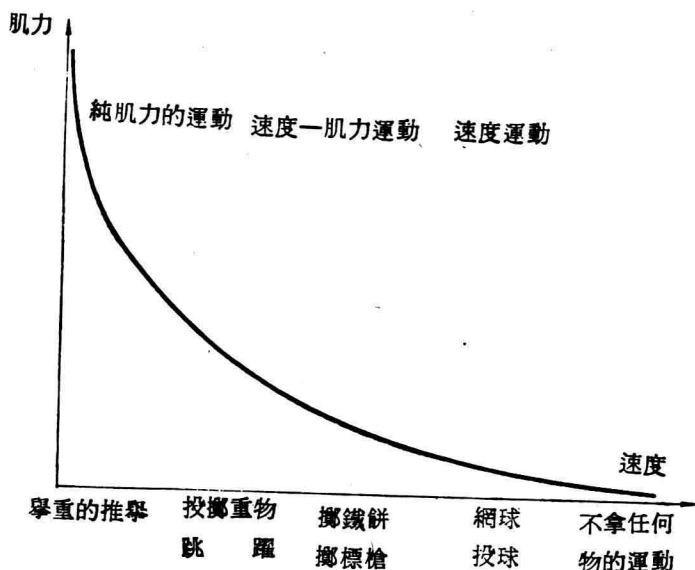


圖4 各種運動的肌力與速度的關係

力量由質量乘以加速度而得。欲增加發揮的肌力，如果加速度小，質量必須大（此種運動稱為純肌力運動）。如以近於最大的肌力從事推舉及蹲舉（Squart）之類的運動，質量不變時，加速度必須增加。這種運動 Farfelj V. S. 稱之為速度—肌力運動（譬如投擲項目）。加速度大，但由於帶動的物體的質量很小，發揮的力量非常小時的運動稱為「速度運動」（圖4）。

力量的最大值（圖2之A點附近）與速度的最大值（圖2之B點附近）間沒有相關關係。換句話說，從事某一運動時，發揮最大速度的能力，可以說與同一運動發揮更大速度的能力之間互不相關。它們

各受力—速度曲線兩端各點位置的影響，中間的指標，最大肌力與最大速度一決定，即自然的決定了。

離心收縮的肌力：

以外部的力量強制拉長肌肉時，所發揮的肌力，比等長收縮時更大（約加多五〇～六〇％），此種力量稱為「離心收縮的肌力」。

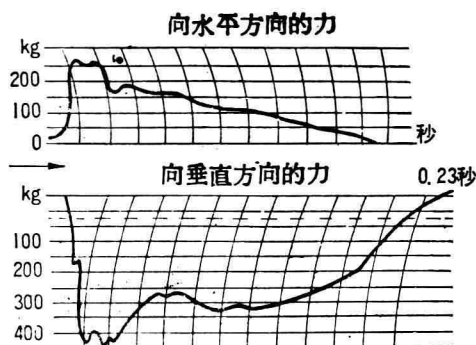


圖 5 原世界跳高世界記錄保持者，史天巴諾夫蹬足力的分析。

（以蹬地初期的緩衝階段發生的力量最大）

譬如：從高處跳下時，着地瞬間發揮的肌力，大於蹬足（kick）時所發揮的肌力。肌肉發生離心收縮的實際例子很多。尤其是跳躍時，蹬足瞬間所出現的緩衝作用，或發動快速動作時必須消滅身體一部分的運動能量時出現。這種運動的一連串動作，發揮最大力量的時候大致皆在離心性收縮的階段（圖 5）。

離心性收縮所發揮的肌力，也受速度的影響，速度越增，發揮的力量越大。

速度的絕對值以及速度的方向，如圖 6 所示。

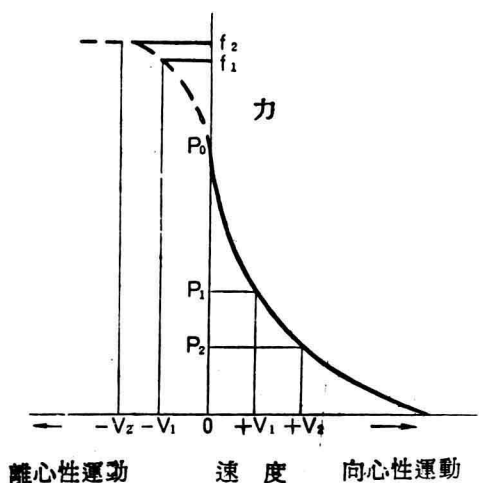


圖 6 離心運動與向心運動的力與速度的關係 V_1 , V_2 : 肌縮短與伸展速度; P_1 , P_2 某速度的向心的收縮肌力; f_1 , f_2 : 某速度離心收縮的肌力; P_0 : 等長收縮的最大肌力。

(四) 人體運動能力中肌力的形態

按前節所述，肌力的原則可歸納如下：

1. 在本質上，緩慢運動所發揮的肌力，同於等長性收縮條件下所發揮的肌力。
2. 離心收縮時發揮的肌力最大，常達等長收縮時的二倍。
3. 速度運動中，速度越增肌力越小。
4. 速度極快的運動，所發揮的肌力與等長收縮的最大肌力間無任何相關。

根據以上四個原則，按作業形態可將肌力分類如下：

(肌力的形態)

1. 純肌力 (靜的肌力)

(肌力發揮的狀態)

靜的狀態或非常緩慢狀態 (如推舉) 下的發揮時

2. 速度—肌力運動的肌力

(1) 動的力量

速度運動

(2) 緩衝的力量

離心性的運動

以上這些，最為基本者為靜的肌力。速度運動或離心性收縮所發揮的肌力，本質上，由等長性收縮狀態所測量的最大肌力所左右 (參照 Hill 的公式)。

肌力發揮的三個基本形態，如上所述。但人類的肌力發揮並不如此的單純。總之，「瞬發力」擔任重要的角色。譬如：圖 7 為優秀運動員與初學者由張力計所測得的記錄。

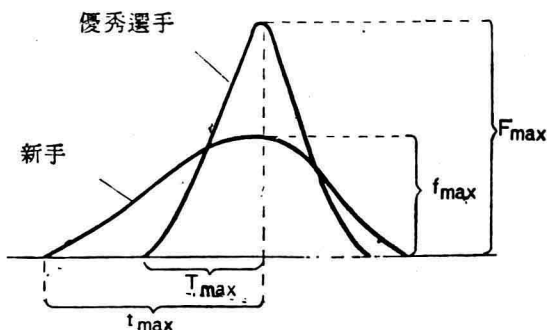


圖 7 垂直跳蹬足力的張力曲線

由圖 7 可以知道，優秀選手能在極短的時間內發揮較大的肌力。下列的速度—肌力指數可做為評價瞬發力的一個指標。

$$I = \frac{F_{\max}}{T_{\max}}$$

上式中， I 為上記之指數， $F_{\max}$ 為最大肌力， $T_{\max}$ 為發揮最大肌力所需要的時間。

圖 8 為發揮一次肌力時的力的增加曲線。根據 Wilkie D. R. 的論文，沒有訓練的人，達到最大力量的時間需要二五〇毫秒（一毫秒為千分之一秒）。由該增加的曲線，可得下一等式：

$$f(t) = F_{\max} (1 - e^{-kt})$$

上式中， $f(t)$ 為時間 t 時的瞬間力量， $F_{\max}$ 為最大肌力， e 為自然對數之根， k 為表示力量增加（斜率）的常數。

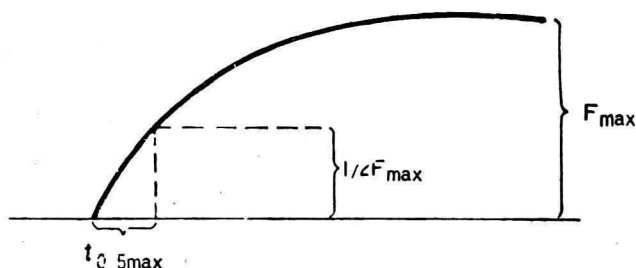


圖 8 發揮最大肌力時力的增加過程

分析此等式時（此關係式在科學領域中時常使用），時間 t 的值，常常以達到等長性收縮的最大肌力所需時間的一半時間做為基準。把握此時間（ $t_{0.5\max}$ ），即可獲知全曲線的性格特徵。尤其，亦可因而容易的求得常數的值。

$$k = \frac{\ln 2}{t_{0.5\max}}$$

力量的斜率，也可拿達到最大力量，所費的時間的二分之一來評價。

最大肌力與其達到五〇%肌力所需的時間，沒有相關。筆者等人曾經測量一〇〇名大學生，求兩者間的相關，結果相關度才〇・一一四。且力量大的人，並不一定能够很快地完成測驗。

譬如：舉上五〇公斤重物所需的時間與最大肌力的相關係數為〇・二七六。可是，此時間與力斜率間的相關，為〇・七〇九。此完全