

## 二十二、登階測驗對體能指標的評價問題之探討

摘 要

杜登明

人的能不能長時間從事費力作業(工作或運動)，全賴心肺系統能不能充分供應氧氣而定，因此，當一個人從事費力作業時，單位時間內氧攝取值，遂成為運動生理學家們所熱衷研究的課題。測量氧攝取量的方法以電動跑道測驗(treadmill test)和定式肌力腳踏車測驗(bicycle ergometer test)為最有效。但這兩種方法作起來困難較多，為克服這些困難，學者們又極力開創簡易的方法，登階測驗就是其中的產物。

登階測驗是以大肌肉活動，間接刺激心肺系統，再根據活動後脈搏恢復常態的快慢，評斷心肺功能優劣。原來 Brouha 於 1943 年所創登階測驗，是用來測驗大學男生的，稱為哈佛登階測驗(Harvard Step Test)。這個測驗的負荷為階高 20 吋(50.8 公分)，每兩秒上下階登一次，持續五分鐘，這是一種測驗心肺功能極有效的方法，但却是一種極重負荷的測驗。

為了使這種測驗方法也能廣泛的應用於較大年齡層及性別，於是有降低階高、縮短測驗時間、改變每分鐘上下階登次數的倡議。這種將原哈佛登階測驗負荷因素加以改變的測驗方法，稱為登階測驗(step test 或 modified step test)。

本研究為了探討登階測驗對體能指標能否有效的給予評價，及登階測驗，在測驗中、測驗後及於脈搏的影響，及影響體能指數的因素，乃以年齡 16~17 歲高一男生 31 人為研究對象，實施登階測驗，最大氧攝取量測驗(其中抽取六人)，耐力跑測驗及身體型態測量。登階測驗係以階高 40 公分，每兩秒上下階登一次，測驗三分鐘、四分鐘和五分鐘，進行有關研究。測驗所得資料經整理與分析後得到下列結果與結論：

- 一、不同負荷時間的登階測驗所得指數，三分鐘平均為 64.72，標準差為 9.43，四分鐘平均為 76.3，標準差為 11.2，五分鐘平均為 90.68，標準差為 13.70。
- 二、最大氧攝取量，平均為  $3.01 \text{ l/min}$ ，標準差為  $0.47 \text{ l/min}$  單位體重最大氧攝取量，平均為  $53.61 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ，標準差為  $4.25 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}$ ，最大脈搏數，平均為  $195.2/\text{min}$ ，標準差為  $5.897/\text{min}$ 。
- 三、三分鐘和四分鐘登階測驗指數與最大氧攝取量的相關都不具統計上的顯著性，五分鐘登階測驗則有 5% 的顯著性 ( $r = 0.823$ )。單位體重最大氧攝取量與不同負荷時間的登階測驗指數的相關，也得同樣結果，只有五分鐘的登階測驗指數具有 5% 的顯著性 ( $r = 0.865$ )，但其相關比最大氧攝取量為高。設以單位體重最大氧攝取量為  $Y (\text{ml/kg}\cdot\text{min})$ ，以五分鐘登階測驗指數為  $X$ ，可得一回歸方程式  $Y = 38.385 + 0.1679X$ 。
- 四、1500 公尺耐力跑成績(秒)，與不同負荷時間的登階測驗指數的相關都具有 1% 之顯著，但以五分鐘登階測驗測驗  $r = 0.547$  為最高。設以五分鐘的登階測驗指數為  $Y$ ，以 1500 公尺跑成績為  $X$  (秒)，可得一回歸方程式  $Y = 226.2 - 0.473X$ 。

## 壹、緒言

### 一、研究動機：

根據生物進化的法則，人體器官。若廢棄不用，則將因萎縮而功能減退，相反的，若使用過度，也將因過度疲勞而效率無法發揮，甚至引起疾病。但若時常施予適度的刺激，則將會因刺激的效果，而提高功能，這就是所謂運動訓練的生理效果。這效果比較顯著的有(1)肌力增大，(2)神經與肌肉的協調圓滑化，(3)循環機能增強，(4)呼吸機能提高。其中後二者，由於與生命的維持息息相關，因此，有關這兩系統的功能研究為生理學家們所熱中。

至於心肺功能評價方法根據負荷量及測驗目的的不同可分為兩種：(1)為評價最大能力的最大能力測驗 (Maximal test)，(2)未達最大努力的一定負荷，持續若干時間後，根據他對負荷所產生的生理反應，來加以評定他的最大下能力測驗 (Submaximal test)。前者的測驗方法有最大能力跑、最大氧攝取量，或最大心輸出量等生理測驗。後者有哈佛登階測驗 (Harvard Step Test) 的脈搏、血壓反應，及 PWC<sub>170</sub> (Physical work Capacity test) 脈搏保持每分鐘在 125~170 次的穩定狀態下作業量測驗。

由於一公升的氧燃燒約可產生五大卡 (5 KCal) (4.7~5.05) (註 6) 的能量，因此，一個人的最大氧攝取值遂被認為是判斷體能 (Physical fitness) 最有效的指標。

一般而言，評定體能的優劣，當以最大能力測驗為最有效，尤其是以電動跑道腳踏車 (treadmill test 或 bicycle ergometer test) 為工具作最大氧攝取量測驗。不過由於實施這種測驗，不但受試者須有強烈的動機，而且對於身體健康狀況不良的受試者容易發生危險，加以作這種實驗需有昂貴的設備，又不

能同時作大樣本的測驗，因此一般的研究者常放棄這種測驗而採用最大下負荷測驗。

常被採用作為評價體能的最大下負荷測驗的測驗方法，有登階測驗 (step test) 和耐力跑測驗 (endurance running test)。登階測驗是一種以一定的節拍，上下一定高度的階凳，以階高和自身體重為負荷，作一定時間的運動，然後觀察運動後，脈搏數恢復的快慢，評定其體能的優劣的測驗。由於這種測驗具有很高的信度和效度 (註 31)，因此這種測驗便成為廣被採用作評定體能指標的方法。Margaria (註 28) 對此種測驗評論說：「依我的意見，依照一定的節拍而作的上下階凳運動，可說是測驗有氧工作能量 (Measurement of Aerobic capacity) 最好的方法。這種方法不需昂貴的設備、動作簡單易學，而且不會導致受試者因疲勞而感到不愉快，且測驗時只需要一個技術人員就可執行。測驗結果的計算方法又簡單，因此我認為以這種測驗方法所得的資料，將比以直接測驗所得的資料更為可靠……。」

耐力跑測驗也是常被採用評定體能的方法，其方式有二：(1)工作量限制法的 1000 公尺，1500 公尺，1 哩跑等，(2)時間限制法的五分鐘跑及十二分鐘跑。

### 二、研究範圍

本研究是以東京都立雪谷高等學校高一男生三十一人，接受最大氧攝取量測驗，登階測驗及 1500 公尺耐力跑測驗所獲得的資料為限。登階測驗是以階高 40 公分，每兩秒上下階凳一次，持續三分鐘、四分鐘和五分鐘為負荷量進行測驗。登階測驗指數的計算公式為：體能指數 (Index of Physical fitness) = 
$$\frac{\text{運動時間} \times 100}{2 \times (\text{三次脈搏數和})}$$
。登階測驗起源於 1943 年 Brouha (註

9)所創的哈佛登階測驗(Harvard step test)，原測驗是以階高20吋(50.8公分)，每兩秒上下階凳一次，持續五分鐘。本研究中凡是以這種負荷量所進行的測驗稱為哈佛登階測驗(Harvard Step Test)。將其中的負荷因素之一、二或全部加以改變的稱為登階測驗(step test 或 modified step test)。

一般所說的體能(Physical fitness)所包括的因素有：(1)肌力(strength)，(2)肌耐力(endurance)，(3)平衡性(balance)，(4)柔軟性(Flexibility)，(5)爆發力(Power)，(6)敏捷性(agility)，(7)協調性(coordination)，(8)心肺耐力(Cardiorespiratory endurance)。本研究中所謂的體能乃指心肺耐力而言。

### 三、研究目的

本研究的目的是探討下列幾個有關登階測驗的問題：

1. 登階測驗對於體能(指標)能否有效的給予評價，其必要的負荷量又為若干？
2. 登階測驗在測驗中，測驗後及於脈搏數的影響。
3. 影響登階測驗指數的因素。
4. 登階測驗指數與耐力跑的相關。

## 貳、文獻探討

### 一、登階測驗的歷史回顧

1921年 Hambley 和 Hurt)等二人(註33)就曾經研究過上下樓梯對心跳的影響，但由於上下樓梯的運動，其運動量與運動時間不易控制，因此設計成13吋(33公分)的登階運動。1925年 Hambley 和 Pembrey (註44)開始以階高13吋，作每分鐘24次和18次兩種不同負荷的測驗，以比較體能的優劣。

1943年，哈佛大學疲勞研究室教授

Bronka (註9)，首次以階高20吋(50.8公分)，每兩秒上下階凳一次，持續五分鐘，測驗大學男生，用以考察從事劇烈運動後脈搏恢復的情形，並藉脈搏恢復正常的快慢，來判斷體能的優劣，這就是登階測驗的濫觴。

由於這是一種極強負荷的測驗，因此除體能特別優異者外，很多人無法完成規定的五分鐘測驗，究其原因或在於階高過高，或測驗時間過長，因此，乃有降低階高，縮短測驗時間，或減少每分鐘上下階凳次數的倡議。

1943年 Clarke (註10)開始以階高18吋(45.8公分)，每兩秒上下階凳一次，持四分鐘，測驗大學女生，並沿用原哈佛登階測驗計算指數公式計算指數，以作為判斷體能的標準。同年 Gal-lagher & Brouha (註22)，以階高18吋，每兩秒上下階凳一次，持續四分鐘，測驗高中男生，並以16吋測驗中學女生。1946年，Elbel 和 Green (註18)，曾以階高12吋、14吋、16吋、18吋、20吋，每分鐘上下階凳24次，持續時間分為三十秒和六十秒，測驗航空大學學生，結果剛運動後，脈搏數有顯著差異，但經一分鐘後，都沒有顯著差異，研究其原因，在於負荷過輕，同時認為如負荷過輕即無法以運動後脈搏水準判斷體能優劣。1963年，Skubic 和 Hodgkin(註40)，曾以階高18吋，每分鐘上下階凳24次，持續五分鐘，實施測驗，結果發現這種負荷量有效且可靠，與原哈佛登階測驗脈搏數相關為0.79，有1%的顯著性。1965年，伊藤等人(註16)，曾以四名中學男生為對象，將階高分為30公分、40公分和50公分，每兩秒上下階凳一次，持續時間分三分鐘、五分鐘和十分鐘，以觀察不同負荷的登階測驗，在測驗中，測驗後脈搏變動的經過，結果指出階高40公分，測驗三分鐘為適

當負荷。1964年小川等人(和36)，以十名中學生為對象，將階高分為30公分、35公分、40公分和45公分，每兩秒上下階凳一次，測驗時間分三分鐘、四分鐘和五分鐘，結論認為登階測驗以階高40~45公分，測驗三分鐘為適當負荷量。日本文部省(教育部)公布(註21)，以階高40公分，每兩秒上下階凳一次，持續三分鐘，以測驗中學以上男性，並以階高35公分測驗小學男生及所有女性。

## 二、登階測驗與最大氧攝取量

1961年，Hettinger(註42)以96名23~62歲警察為對象，求定式肌力腳踏車測驗(bicycle ergometer test)和各種登階測驗與最大氧攝取量的相關，結果發現，定式肌力腳踏車測驗與哈佛登階測驗(Harvard step test)與最大氧攝取量的相關，及定式肌力腳踏車測驗與登階測驗(Modified step test)與最大氧攝取量之間的相關都具有1%的顯著性。1966年，Kasch等人(註25)，以電動跑道測驗(treadmill test)，登階測驗，求這兩種測驗與最大氧攝取的相關，結果單位體重最大氧攝取量  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ，電動跑道平均為48.3  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ，登階測驗為48  $\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ ，兩者相關係數  $r=0.95$ ，有1%的顯著性，丹羽等人(註43)，曾以運動選手為對象，求哈佛登階測驗與最大氧攝取量的相關，結果發現測驗指數在55~64的一群最大氧攝取量約為二公升，指數在65~79的一群的最大氧攝取量約為二公升四，指數在80~89的一群，最大氧攝取量約為二公升八，指數在90以上的一群，最大氧攝取量約為二公升九。阿久津邦男(註3)，曾以12~13歲中學男女生為對象，男生階高40公分，女生階高35公分，測驗時間分三分鐘、四分鐘、五分鐘和六分鐘，以求登階測驗指數與最大氧

攝取量的相關，結果發現，三分鐘和四分鐘不論男女生，指數與最大氧攝取量的相關都不具統計上的顯著性，而五分鐘和六分鐘所得指數，與最大氧攝取量的相關，不論男女生都具有5%的顯著性。

## 三、登階測驗指數與耐力跑測驗

1951年 Taddonio 和 Karpovich (註41)曾研究哈佛登階測驗與耐力跑的相關情形，結果發現，長距離跑選手，得到優異的指數。

受試者	人數	指數
1. 越野賽跑代表隊	31	115±23.00
2. 上述代表隊新生	18	105±19.63
3. 馬拉松跑者	13	98.58±15.00
4. 短距離及跨欄選手	21	86.45±8.56
5. 座式作業者	22	62.42±16.60

1951年 Cureton (註12)，曾有1哩跑者在訓練前、訓練後對哈佛登階測驗指數影響的研究，結果訓練前1哩跑成績與哈佛登階測驗指數的相關  $r=-0.31$ ，訓練後的相關  $r=-0.54$ ，雖都具有1%的顯著性，但以訓練後為高。因此認為，哈佛登階測驗指數可因訓練而提高。1965年，日本奧運會運動科學研究中心，曾以哈佛登階測驗，測驗各項代表隊，所得結果如下：(註35)

項目	人數	指數
1. 長距離、馬拉松選手	9	160
2. 競走選手	6	126.9
3. 短距離、跨欄選手	17	111.0
4. 擲部選手	6	94

1967年 Ishiko (註19)，曾以8名長距離選手為對象，求哈佛登階測驗指數與5000公尺名次的相關，結果得到  $r=0.909$  的極高相關。青木等人(註48)，曾以一萬公尺12名選手，分較優的前六名及較差六名，實施五分鐘和十分鐘的哈佛登階測驗，結果五分鐘的測驗所得指數、分別為  $122.6\pm9.5$ ， $121.3\pm9.9$ ，沒有顯著差異，十分

鐘的測驗所得指數，則分別為  $121.8 \pm 12.8$ ， $107.5 \pm 2.2$ ，兩組間有顯著差異。

耐力跑在體能測驗中亦為廣被採用的方法，日本文部省（教育部）運動能力測驗以 1500 公尺作為耐力測驗項目。耐力跑能力也與最大氧攝取量有密切關係。

1968 年 Cooper（註 11）以 115 名空軍為對象，求 12 分鐘跑走測驗與最大氧攝取量的相關，結果得到  $r = 0.897$  的極高相關。其後 Doolittle（註 13）Metz（註 30）Maksud（註 27）等人也先後以青少年為對象，求證 12 分鐘跑走測驗與最大氧攝取量的相關，結果證實具有極高的相關（ $P < 0.01$ ）。1971 年 榊原（註 38）曾以航空醫學實驗隊所屬隊員為對象，求最大氧攝取量與 1500 公尺成績的相關，結果其相關係數  $r = -0.68$  有 1% 的顯著性。

### 三、最大氧攝取量測驗

一般測量最大氧攝取量的方法有三，

(1) 為電動跑道測驗 (treadmill test)，(2) 為定式肌力腳踏車測驗 (bicycle ergometer test)，(3) 為登階測驗 (step test)，其中以採用電動跑道測驗所測得的值最大，平均比採用其他兩種方法所測得的值高 5%~15%。究其原因，在於實施電動跑道測驗時參與運動的肌肉群最廣，其次是由於採用其他兩種測驗，不論定式肌力腳踏車，或登階測驗，都容易造成局部疲勞，因此常因心肺系統尚未達到最大負荷時，大腿肌肉已先疲勞。而測量最大氧攝取量的負荷方法有

兩種，(1) 為最大負荷測驗，(2) 為最大下負荷測驗，其測驗方法分別說明如下。

#### (一) 最大負荷測驗 (Maximal load test)

##### 1. 電動跑道法 (treadmill method)

###### (1) Mitchell, Sproule, Chapman 法 (註 34)

這種測驗方法首先給受試者以每小時三哩，10% 的坡度跑十分鐘，作為暖身運動，然後休息十分鐘，再給每小時 6 哩，0% 的坡度跑二分半鐘，採他 1'30"~2'30" 的呼氣，並予分析。再休息十分鐘，再以同樣速度，2.5% 的坡度跑兩分半鐘，如此反覆實施直到測得最大值為止。

###### (2) Saltin-Astrand 法 (註 39)

這種測驗方法，首先給受試者五分鐘的最大下負荷踩踏腳車，作為暖身運動，並且測量最後一分鐘的脈搏數，再以此脈搏數預測其氧攝取量，再利用此項資料，求得受試者單位體重最大氧攝取值，(參照表 1 及圖 1) 然後以此值決定受試者實施電動跑道測驗，在 3~7 分鐘內完全衰竭 (all-out) 的開始負荷量 (速度與坡度)。例如，某男性受試者的五分鐘最大下負荷踩踏腳車的最後一分鐘單位體重最大氧攝取值為  $45 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$ ，則如表所示其開始的負荷為速度每小時 7.8 哩，5.2% 坡度。測驗期間 (duration) 每三分鐘坡度增加 2.7%，直到完全衰竭時為止，當受試者每分鐘脈搏數達到 175 次時，開始連續每分鐘採氣。

表 1 Starting workload use for the Saltin-Astrand maximal aerobic power test.

Predicted Max. $\text{VO}_2$ $\text{ml/kg} \cdot \text{min}$	Men			Women		
	Speed $\text{mi/hr}$	Grade $\text{Per Cent}$	Grade $\text{km/hr}$	Speed $\text{mi/hr}$	Grade $\text{km/hr}$	Grade
below 40	6.2	5.2	10.0	6.2	5.2	2.7
40 - 54	7.8	5.2	12.5	6.2	5.2	5.2
55 - 75	9.3	5.2	15	7.8	5.2	5.2
above 75	10.9	5.2	17.5			

### (3) The Ohio State 法(註 29)

這種測驗方法仿如上法，首先給受試者每小時 3.5 哩，10% 的坡度步行十分鐘，作為暖身運動，跟隨着（無休息）實施 4~8 分鐘完全衰竭的跑步，開始時速度的變異量在每小時 6~9.3 哩間，這因對象而異，一般未接受過訓練的大學女生為 6 哩，男生 7.8 哩，運動員則在 9.3~10 哩之間，不過不論以何種速度開始，開始時的坡度都是 2%，以後每隔兩分鐘增加 2%，到受試者完全衰竭為止，當受試者每分鐘脈搏數達 175 次時，開始每分鐘連續採氣。

### 2. 定式肌力腳踏車法 (Bicycle ergometer method)

雖然電動跑道測驗所測得的最大氧攝取值比定式肌力腳踏車測驗大，但定式肌力腳踏車測驗也有它的優點，(1)購置這種腳踏車花費不大，(2)世界不論何處有許多人有騎腳踏車的經驗，因此在測驗時，心理負擔較小，(3)攜帶方便，可隨意異地進行研究。這種測驗方法可分為連續性的和 (Continuous) 非連續性的 (discontinuous) 兩種，但所得結果是一致的。

#### (1) 非連續負荷法 (discontinuous) (註 23)

先以每分鐘 60 回轉零阻力，踩踏五分鐘。然後休息十分鐘，如此反復二三次，作為預備實驗及暖身運動。然後才開始正式測驗。開始測驗的負荷為每分鐘 60 回轉，阻力則視預備實驗的脈搏數而定，通常男性在 125~150 瓦特 (watts) 之間 (750~900 kg-meters per min)，女性在 75~100 瓦特之間，再每隔五分鐘增加阻力負荷一次 (增加阻力，通常每次增加 20~30 瓦特)，一直到受試者完全衰竭時為止

(阻力比前負荷的阻力大 10~15 瓦特，而受試者無法踩踏，即每分鐘回轉數下降，達到三分鐘) 在每一負荷最後一分鐘 (即第四分鐘起) 採氣。

#### (2) 連續性負荷法 (Continuous) (註 32)

以每分鐘 60 回轉 (根據文獻，每分鐘 40, 50, 60, 70, 80 回轉中以 60 回轉效果最好)，開始時阻力在 150~180 瓦特間，然後每兩分鐘增加 30 瓦特，到受試者完全衰竭時止 (受試者無法繼續踩踏腳車，或腳踏車每分鐘回轉數降到 50 回轉)，當受試者每分鐘脈搏數達到 175 次時，開始採各負荷第二分鐘的呼氣。

### (二) 最大下負荷測驗 (Submaximal load test)

在一般正常的情况下，以最大下負荷量從事運動時，氧攝取量與脈搏數大致成一直線關係。因此為避免最大負荷測驗時所易於遭遇到的困難，遂有以最大下負荷測驗，間接預測最大氧攝取量的方法。其方法很多，茲舉較簡單的兩種方法說明如下。

#### 1. Astrand-Astrand Nomogram (註 7)

如圖 1 是 Astrand 經多次實驗所設計而成的，製作這圖所使用的資料，係得自 18~30 歲健康良好的體育系學生。其觀點 (idea) 基於 (1) 當以最大下負荷進行測驗時，不論採用電動跑道或定式肌力腳踏車，發現脈搏數與氧攝取量成一直線關係。(2) 而以上述兩種測驗方法實施測驗時，當每分鐘脈搏數約達到 195 時，則利用此圖，預測最大下負荷脈搏率在 125~170 間的最大氧攝取量，所得結果，更顯正確。這個量圖的應用方法如下：(1) 不論採用定式肌力腳踏車、電動跑道，或登階測驗，其負荷量應使受試者每分鐘脈搏數達到

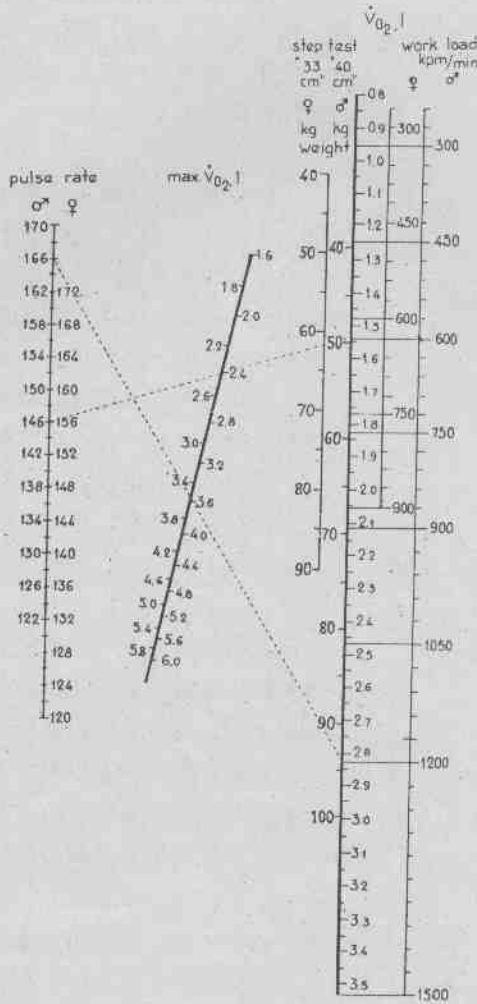


圖 1 最大氧攝取量預測量圖 (Nomogram)

125~170 間。但若採用登階測驗，則階高男性為 40 公分，女性為 33 公分，每兩秒上下階凳一次。(2)當測得脈搏率之後，就可應用這量圖預測最大氧攝取量。但還必須參照體重圖 (Scale)，且採用定式肌力腳踏車測驗時，則必須參照負荷量圖 (kpm/min scale)，然後分別與脈搏率量圖連結起來，其所連結的線與最大氧攝取量圖 (Max.Vo<sub>2</sub> Scale) 相交之點，就是所預測的最大氧攝取值。(3)雖然實施最大下負荷測驗時，脈搏率及氧攝取量與

年齡沒有很大的變異，但是最大氧攝取量與年齡有關係，因此，在預測時若未考慮受試者年齡因素，就參照量圖決定最大氧攝取量，對年長者常有估計過高的現象，因為最大氧攝取量，不論男女都在 18~20 歲間達到頂點之後，開始逐漸減低。通常到 65 歲時，約減到 25 歲時的 70%，而與 25 歲的女性相若 (註 8)。因此以最大下負荷測驗，預測最大氧攝取量時，還需校正年齡因素 (age factor)，校正係數如表 2。

表 2 預測最大氧攝取量年齡因素校正表

年 齡 (歲)	校 正 係 數
25	1.00
35	0.87
45	0.78
55	0.71
65	0.65

(4)例：

例一、有一女性受試者，其體重為 61 公斤，登階測驗的脈搏數為 156 次，由圖可預測其最大氧攝取量為 2.4 l/min，設若其年齡為 45 歲，必須校正年齡因素，則其最大氧攝取量應為 2.4 × 0.78 = 1.87 l/min。

例二、有一男性受試者的腳踏車測驗，當負荷量 900 KPM/min 時，其脈搏率為 139 次，由量圖可預測其最大氧攝取量為 3.9 l/min，設若其年齡為 50 歲，則其最大氧攝取量應為 3.9 × 0.75 = 2.925 l/min。

## 2. The Fox Equation (註 29)

最近 Fox 又有更簡單的預測方程式，用來預測最大下負荷測驗的最大氧攝取量，這方程式是根據最大下負荷腳踏車 150 瓦特 (900 kg-meters) 第五分鐘的脈搏率所作出的。其方程式如下：預測的最大氧攝取量 (liters Per min) = 6.3 - 0.0193 × HR sub

例如某受試者在 150 瓦特的負荷下 (Sub) 實施腳踏車測驗，其第五分鐘脈搏率 (HR) 為 160 次，則其預測的最大氧攝取量 (Pred. Max.  $\dot{V}O_2'$ )

$$= 6.3 - (0.0193 \times 160)$$

$$= 6.3 - 3.09 = 3.21 \text{ l/min}$$

但仍需校正年齡因素，設其年齡為 50 歲，則其最大氧攝取量應為  $3.21 \times 0.75 = 2.39 \text{ l/min}$ 。

閱讀了上述的相關文獻，可以知道，(1)就歷史的觀點而言，登階測驗僅有短短的三十多年歷史，但却有許多的研究者致力於這方面的研究，其負荷量，雖有許多變異，但就階高與負荷時間，從測驗中脈搏數增加情形考慮，一般以為以階高 40~45 公分，測驗三分鐘為最佳。(2)就登階測驗與最大氧攝取量的相關看；因為最大氧攝取量為判斷體能最有效的指標，而登階測驗既為體能測驗的方法，當然也應以最大氧攝取量為依歸。就階高與負荷時間着想，一般認為以階高 40~45 公分，測驗五分鐘以

上為最有效。(3)最大氧攝取量的測驗方法，有最大負荷測驗與最大下負荷測驗兩種，其工具不論採用電動跑道測驗，或定式肌力腳踏車測驗，以最大負荷測驗為最有效。

本研究即以上述相關文獻為背景，藉以探明登階測驗對於體能評價的有關問題，以期使登階測驗在體能評價上發揮更大效用。

## 參、方法與步驟

### 一、測驗項目：

1. 登階測驗 (Step test)
2. 最大氧攝取量測驗 (Maximal Oxygen intake test)
3. 耐力跑 (1500 公尺) 測驗。
4. 身體形態 (體格) 測量：身高、體重、下肢長、下腿長。

### 二、受試者：

東京都立雪谷高等學校一年級男生 31 人，年齡 16~17 歲，身體健康情況良好，在校未受過特殊運動訓練，其體格特徵如表 3

表 3 受試基本資料 (N = 31)

統計結果 項目	M	S. D	C. V	Max	Min
年齡 (滿)	16.7	0.34	2.03	17.4	16.2
身高 (cm)	168.03	6.37	3.79	178	156
體重 (kg)	58.35	5.75	9.85	74.2	53.4
下肢長 (cm)	78.23	4.43	4.32	83.5	75.8
下腿長 (cm)	47.66	1.57	3.29	49.2	42.6

### 三、地點：

最大氧攝取量測驗及接受最大氧攝取量測驗者的登階測驗，在東京教育大學體育學部運動醫學研究室實施。其他登階測驗及身體形態測量在雪谷高校體育館實施，耐力跑測驗在該校運動場舉行。

### 四、時間：

1977 年 1 月 10 日起至 2 月 20 日

止。

### 五、方法：

#### (一) 登階測驗：

#### 1. 準備：

木製高 40 公分，長 3.5 公尺的長凳一張，碼錶、節拍器 (Metronome)、記錄表、筆、椅子。

#### 2 方法：

(1)每兩秒上下階凳一次，測驗時間分爲三分鐘、四分鐘及五分鐘。

(2)測驗分組實施，並使每一受試者及其前後一組分配成對，當一人爲受試者時，另一人即爲試驗者，負責計測測驗前五分鐘及測驗後一分到一分三十秒，兩分到二分三十秒，三分到三分三十秒脈搏數，並即予記錄。

(3)預備時，受試者站在凳後，試驗者坐在受試者的後面。

(4)測驗開始時，當聞到「一」的口令時，舉上一腳（左右均可）於凳面上，聞到「二」的口令時，伸直舉上一腳的膝關節，另一腳立即跟上併攏，而成直立姿勢於凳上，聞到「三」的口令時，先前舉上的一腳舉下到地面，聞到「四」的口令時，還原到原來的預備姿勢。（如圖2所示）

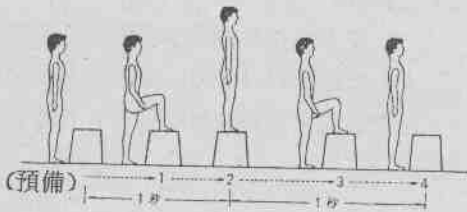


圖2 登階測驗的動作要領

### 3 記錄：

作完測驗後，受試者靜坐於階凳上，由試驗者測量其1'~1'30"，2'~2'30"，3'~3'30"三次脈搏數。

### 4 注意事項：

- (1)脈搏的測量以（第二、三、四指）觸診法測量撓骨動脈的搏動爲原則，如撓骨動脈的搏動不明顯時，改測心搏。
- (2)受試者一律穿着長袖長褲運動服裝。
- (3)測驗前作兩分鐘上下階凳運動，以爲暖身運動，並作配合節拍上下的練習。
- (4)上下階凳不能跳躍。
- (5)立於凳面時必須全腳掌站在凳面上，同時兩膝關節必須伸直。
- (6)途中舉上的一腳不可更換。

### 5 指數的計算：

依照計算體能指數公式，計算體能指數，其公式（Physical fitness index）

$$= \frac{\text{上下階凳運動時間} \times 100}{2 \times (\text{三次脈搏數和})}$$

爲了更進一步探討登階測驗指數與最大氧攝取量的相關，及登階測驗及於脈搏的影響，接受最大氧攝取量測驗的六名受試者，在接受登階測驗時，以心電計，胸部誘導法導出，測量其測驗前，測驗中及恢復期十分鐘的脈搏數。其每分鐘脈搏數的換算，爲數得每分鐘最後15秒鐘的脈搏數，乘以四所得的值。

### (一)最大氧攝取量測驗

#### 1 準備：

採氣面具（Mask）、道格拉斯袋（Dauglass Bag）、樣本袋（Sampling bag）、接管、氣體計量器（Gas meter）、心電計、增幅器、計錄器、自動瓦斯分析器（Gaschromatograph Respialyzer）Monark 製腳踏車（bicycle ergometer）。

#### 2 方法

##### (1)負荷量

採連續負荷的漸增負荷法，每分鐘60回轉，配合節拍器（Metronome）踩踏，開始的負荷量爲2Kp（1Kp = 360Kpm，2Kp = 720Kpm），以後每隔兩分鐘增加1Kp，到受試者完全衰竭（all-out）時止。（即每分鐘回轉數降到50）。

##### (2)採氣

自第二負荷（3Kp）起，每分鐘採氣一次，到受試者完全衰竭時止。

##### (3)氣體分析

就所採得的氣體中，抽取樣本2公升，以福田牌氧與二氧化碳分析器（Gaschromatograph Respialyzer）先求氧攝取率（STPD），再依

其一分鐘換氣量，求一分鐘氧攝取量，所得最大值就是最大氧攝取量。

#### (4) 記錄

最大氧攝量的記錄方法分爲兩種，一爲絕對值 ( $l/min$ )，一爲單位體重最大氧攝取量 ( $ml/kg \cdot min$ )

### 3 注意事項

(1) 測驗前給受試者以第一負荷量作兩分鐘的練習，以爲暖身運動，並作爲配合節拍踩踏的練習。

(2) 依據受試者的高度調整腳踏車椅高度。

(3) 採氣時間未達三十秒鐘者不予計算。

4 測驗中同時以心電計胸部誘導法導出，測量受試者測驗中脈搏變化，其每分鐘脈搏數的換算，係以每分鐘最後 15 秒鐘數得的脈搏數乘以四所得值。

5 實驗室環境，溫度  $16^{\circ}C-20^{\circ}C$ ，相對濕度  $40\% \sim 60\%$  之間。

### (三) 耐力跑測驗

#### 1 準備

200 公尺運動場，於起(終)點處劃一五公分白線，發令槍、跑錶(1/10 秒)、記錄表、筆。

#### 2 方法

(1) 發令員立於跑道左外側五公尺處發令

(2) 指揮口令，「各就位」時，受試者以橫排立於起跑線後，「預備」時，抱臂，兩腳前後開立，上身前傾，作起跑準備，聞槍聲衝出。

(3) 分組實施，兩人共用一錶計時。

#### 3 記錄

(1) 計時員聞槍聲按錶，到受試者跑畢全程到達終點計時。

(2) 計時依到達終點名次 1、3 名一人計時，2、4 名另一人計時。

(3) 秒以下不計。

#### 4 注意事項

(1) 受試者均着運動服裝。

(2) 測驗前作 5~8 分鐘的暖身運動。

(3) 受試者應全力跑畢全程，若途中有以

走代跑者，資料作廢。

### 四 身體形態測量

#### 1 身高

(1) 準備：身高計、記錄表、筆。

(2) 方法：測量受試者赤足時足底至頭頂的垂直高度。

(3) 記錄：以公分爲單位，公分以下取小數點一位。

#### 2 體重

(1) 準備：體重計、記錄表、筆。

(2) 方法：測量受試者着短運動衣褲時的重量。

(3) 記錄：以公斤爲單位，公斤以下取小數點一位。

#### 3 下肢長

(1) 準備：Martin 杆狀計、卷尺、記錄表、筆。

(2) 方法：測量受試者自地面至髌骨上棘的垂直高度減去 4 公分。

(3) 記錄：以公分爲單位，公分以下取小數點一位。

#### 4 小腿長

(1) 準備：Martin 杆狀計、卷尺、記錄表、筆。

(2) 方法：測量受試者自地面至腓骨端外側垂直高度。

(3) 記錄：以公分爲單位，公分以下取小數點一位。

### 六、資料的整理

(一) 所有測驗所得的結果都計算其平均數 (Mean)、標準差 (Standard deviation) 及差異係數 (Coefficient of Variation)。

(二) 各種相關係數的計算是採用皮爾遜積差相關法 (Pearson's Product Moment Method) 計算，其計算公式爲

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{N\sigma_x\sigma_y}$$

再檢定其顯著性，其計算公式爲  $t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ ，顯著水準爲 5

% (※顯著), 及 1% (※※非常顯著)

(二) 登階測驗脈搏增加率 =

$$\frac{\text{登階測驗運動中脈搏數}}{\text{最大氧攝取量測驗最高脈搏數}} \times 100$$

(三) 脈搏恢復率 =

$$\frac{\text{登階測驗最高脈搏數} - \text{恢復期脈搏數}}{\text{登階測驗最高脈搏數} - \text{安靜時脈搏數}} \times 100$$

表 4 測驗結果

項 目		M	S. D	C. V.	Max	Min	N
最大氧攝取量測驗	最大氧攝取量 (l/min)	3.01	0.47	15.69	3.89	2.53	6
	單位體重最大氧攝取量 (ml/kg.min)	53.61	2.38	4.44	57.21	50.11	6
	衰竭 (all-out) 時間	5'40"	1'7"2	19"7	6'57"	4'19"	6
	最大脈搏數 (次/min)	195.2	5.87	3.01	202	188	6
登階測驗指數	三分鐘	64.72	9.43	14.57	90	59	31
	四分鐘	76.3	11.2	14.67	101	65.3	31
	五分鐘	90.68	13.70	15.10	112	75	31
1500公尺耐力跑 (秒)		5'30"6	28"1	8"49	4'42"	5'44"	31

由表 4 可知, 最大氧攝取量平均為 3.01 l/min, 標準差為 0.47 l/min, 最高為 3.89 l/min, 最低為 2.53 l/min, 有相當大的差距。單位體重最大氧攝取量, 平均為 53.61 ml/kg.min, 標準差為 2.38 ml/kg.min, 最高為 57.21 ml/kg.min, 最低為 50.11 ml/kg.min, 差距較小。完全衰竭 (all-out) 時間, 平均為 5'40", 標準差為 1'7"2, 最短為 4'19", 最長為 6'57"。最高脈搏數平均為 195.2, 標準差為 5.87, 最高為 202 次, 最低為 188 次。

二、不同負荷時間登階測驗結果

(一) 指數

三分鐘登階測驗指數, 平均為 64.72, 標準差為 9.43, 最高為 90, 最低為 59

七、協助人員

師大林正常老師, 輔大黃彬彬老師, 研究室大學研究生高野、石橋、加藤諸先生等。

肆、結果

一、最大氧攝取量 ( $\dot{V}O_{2Max}$ ) 測驗結果

。四分鐘登階測驗指數, 平均為 76.3, 標準差為 11.2, 最高為 101, 最低為 65.3。五分鐘登階測驗指數, 平均為 90.68, 標準差為 13.70, 最高為 112, 最低為 75。所得指數有隨着負荷時間的加長而增大的現象。

(二) 測驗中脈搏數的變化及增加率

表5 登階測驗脈搏變化及增加率(最大氧攝取量測驗的最大脈搏數平均195.2為100%)

時間 負荷量	經過	脈搏變化及增加率					N
		1'	2'	3'	4'	5'	
登階測驗	三分鐘	143.6(73.5)	159(80.8)	168(85.8)			6
	四分鐘	145(74.2)	161(82.7)	167.6(85.5)	173.3(88.5)		
	五分鐘	144(73.7)	160.6(82.2)	167.6(85.7)	175(89.7)	179(91.7)	
	平均	144.2(73.8)	160.2(81.9)	167.7(85.7)	174(89.1)	179(91.7)	
註	括弧內為增加率%						

由表5可知，不同負荷時間的登階測驗，測驗中的脈搏數，隨著時間的延長，脈搏數也隨著增大，而增大的時間不論何種負荷，以測驗開始後的第一、二分鐘最為顯著。自第三分鐘後增加較緩，而逐漸進入穩定狀態。再就最大脈搏數(最大氧攝取量測驗時的最高脈搏數)觀察測驗中各時

間的脈搏增加率(以最大氧攝取量測驗的最高脈搏數為100%)，當測驗到一分鐘時，脈搏增加率平均為73.8%，測驗到二分鐘時，平均為81.9%，三分鐘時已分別達到85.5%~85.8%，平均為85.7%，到五分鐘時，為91.7%。

(三)恢復期脈搏的變化及恢復率

表6 登階測驗恢復期的脈搏變化及恢復率(以登階測驗最高脈搏數0%)

經過 負荷量	安靜時脈搏數(100%)	最大脈搏數(0%)	脈搏變化及回復率										N
			1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	
三分鐘	72 (100%)	168.8 (0%)	121 (72.3)	107 (63.8)	101 (70)	97 (74.2)	95 (76.2)	92 (79.3)	91 (80.3)	90 (81.4)	88 (83.4)	86 (85.5)	6
四分鐘	75 (100%)	173 (0%)	126 (42.8)	112 (62.2)	103 (71.3)	99 (75.5)	99 (75.5)	99 (75.5)	99 (75.5)	95 (79.6)	94 (80.6)	91 (83.6)	
五分鐘	76 (100%)	179 (0%)	137 (38.7)	122 (54.2)	112 (63.9)	108 (67.8)	108 (67.8)	106 (69.7)	104 (72.6)	104 (72.6)	101 (75.5)	100 (76.5)	
註			括弧內為回復率										

由表6可知，脈搏數的恢復隨著負荷時間的加長，而恢復較慢，再就不同負荷時間恢復期脈搏的恢復數觀察，恢復速度與恢復時間成反比，即恢復時間越長，恢復數越小。但不論何種負荷，脈搏恢復的幅度，以第一、二分鐘最為顯著，尤其第一分鐘幾成直線下降，自第三分鐘逐漸變緩。再就不同負荷時間登階測驗的最大脈搏數觀察其恢復率(不同負荷時間登階測驗的最高脈搏數0%)，其情況一如脈搏數的變化。

(四)登階測驗指數與最大氧攝取量的相關

表7 最大氧攝取量與登階測驗指數及恢復期脈搏數的相關

恢復期	登 階 測 驗			N
	三 分 鐘	四 分 鐘	五 分 鐘	
登階測驗指數	0.663 (0.78)	0.571 (0.63)	0.823* (0.865)*	6
1'~1'30" 脈搏數	-0.677 (-0.716)	-0.572 (-0.627)	-0.817 (-0.842)*	
2'~2'30" 脈搏數	-0.688 (-0.694)	-0.534 (-0.585)	-0.68 (-0.794)	
3'~3'30" 脈搏數	-0.728 (-0.746)	-0.496 (-0.529)	-0.673 (-0.701)	
註	括弧內為與單位體重最大氧攝取量的相關，*為5%顯著性			

由表7可知，不同負荷時間的登階測驗所得指數與最大氧攝取量的相關，三分鐘為  $r = 0.663$ ，四分鐘  $r = 0.571$ ，五分鐘  $r = 0.823$ ，經檢定結果，三分鐘和四分鐘都不具統計上的顯著性，而五分鐘則有5%的顯著性。登階測驗指數與單位體重最大氧攝取量，也得同樣結果，只有五分鐘的登階測驗具有5%的顯著性。

最大氧攝取量與恢復期1'~1'30"、2'~2'30"、3'~3'30" 脈搏數的相關，都成負相關，且都不具統計上的顯著性。但單位體重最大氧攝取量與五分鐘的登階測驗恢復期1'~1'30" 的脈搏數，其相關  $r = -0.817$ ，具有5%的顯著性。

(五)以恢復期1'~1'30" 的脈搏數計算指數與以原法計算指數的相關

表8 登階測驗恢復期以1'~1'30"脈搏數所得指數與原法所得指數的相關

	原法 ( 1'~1'30" , 2'~2'30" , 3'~3'30" )			
	三 分 鐘	四 分 鐘	五 分 鐘	N
1'~1'30" 之脈搏數所得指數	0.943**	0.917**	0.956**	31
註	**為1%的顯著性			

由表8可知，不同負荷時間登階測驗，測量恢復期一次(1'~1'30")的脈搏數所得指數與測量三次(1'~1'30"、2'~2'30"、3'~3'30")的脈搏數所得指數的相關，三分鐘登階測驗為  $r = 0.943$

，四分鐘為  $r = 0.917$ ，五分鐘為  $r = 0.956$ ，經檢定結果都具有1%的顯著性。  
(六)安靜時脈搏數與指數的相關

表9 安靜時脈搏數與登階測指數的相關

	登 階 測 驗 指 數			N
	三 分 鐘	四 分 鐘	五 分 鐘	
安靜時脈搏數	-0.837**	-0.844**	-0.861**	31

由表 9 可知，不論何種負荷時間的登階測驗指數與安靜時脈搏數的相關都成負相關，三分鐘的登階測驗  $r = -0.837$ ，四分

鐘  $r = -0.844$ ，五分鐘  $r = -0.861$ ，經檢定結果都具有 1% 的顯著性。  
(c) 五分鐘登階測驗指數與身體形態的相關

表 10 身體形態與五分鐘登階指數的相關

	身 體 形 態				N
	身 高	體 重	下 肢 長	下 肢 長	
五分鐘登階測驗指數	0.017	-0.125	0.16	0.21	31

由表 10 可知，五分鐘登階測驗指數與身高的相關  $r = 0.017$ ，與體重的相關  $r = -0.125$ ，與下肢長的相關  $r = 0.16$ ，與小腿長的相關  $r = 0.21$ ，經檢定結果

都不具統計上的顯著性。

(d) 登階測驗最高脈搏數與單位體重最大氧攝取量的相關

表 11 登階測驗最高脈搏數與單位體重最大氧攝取量的相關

	最 高 脈 搏 數			N
	三 分 鐘	四 分 鐘	五 分 鐘	
單位體重最大氧攝取量	-0.773	-0.721	-0.828*	6

由表 11 可知，不同負荷時間的登階測驗的最高脈搏數與單位體重最大氧攝取量的相關，都成負相關，三分鐘  $r = -0.773$ ，四分鐘  $r = -0.721$ ，都不具統計上的顯著性，五分鐘  $r = -0.828$ ，經檢定具有 5% 的顯著性。

### 三、耐力跑測驗

#### (一) 結果

由表 4 可知，1500 公尺耐力跑測驗，平均為 5'30"6，標準差為 28"1，最快為 4'42"，最慢為 5'44"。

#### (二) 耐力跑成績與登階測驗指數的相關

表 12 1500 公尺耐力測驗成績 (秒) 與登階測驗指數的相關

	登 階 測 驗 提 數			N
	三 分 鐘	四 分 鐘	五 分 鐘	
1500 公尺	-0.483**	-0.472**	-0.547**	31

由表 12 可知，不同負荷登階測驗指數與耐力跑 1500 公尺成績的相關，與三分鐘登階測驗指數的相關  $r = -0.483$ ，四分鐘  $r = -0.472$ ，五分鐘  $r = -0.547$ ，經檢定結果都具有 1% 的顯著性，但以五分鐘為最高。

### 一、不同負荷時間的登階測驗

#### (一) 登階測驗指數與最大氧攝取量

原哈佛登階測驗的測驗時間為五分鐘，但由於這種負荷對不同年齡及性別的受試者，常有人因不勝負荷而無法完成規定的測驗時間，因此有人倡議將測驗時間修改 (縮短) 為四分鐘或三分鐘，但不論將測驗時間縮短為幾分鐘，最重要的是應使

## 伍、分析與討論

得測驗仍具有效度 ( Validity )。體能 ( 心肺功能 ) 優劣的評斷以最大氧攝取量為指標，而登階測驗又為體能的測驗方法，則當然也以最大氧攝取量為依歸。

探討登階測驗對體能能否有效的給予評價，為本研究的目的之一，本研究即以階高 40 公分，每兩秒上下階登一次，測驗時間分三分鐘、四分鐘及五分鐘三種負荷實施測驗。再以這三種不同負荷時間的登階測驗指數求與最大氧攝取量及單位體重最大氧攝取量的相關，以進行有關的研究。所得結果如表 7，由表 7 可知，三分鐘和四分鐘的登階測驗指數與最大氧攝取量，及與單位體重最大氧攝取量的相關，都不具統計上的顯著性。而五分鐘的登階測驗則與最大氧攝取量及單位體重最大氧攝取量，具有 5% 的顯著性。尤其與後者  $r = 0.865$  為高，這表示五分鐘登階測驗指數與單位體重最大氧攝取量關係較密切。阿久律邦男 ( 註 4 ) 認為，最大氧攝取量應以個人體重為準較具意義，因為氧的消費量除與運動負荷量成直線關係外，與個人的體重有關。因此，本研究中，五分鐘登階測驗指數，應可作為體能評斷的指標。石河等 ( 註 20 ) 曾以階高 40 公分，持續三分鐘，測驗 12—17 歲青少年，以求登階測驗指數與最大氧攝取量的相關，結果不論男女生，其相關都不顯著，究其原因，在於這種負荷太輕，同時認為，以登階測驗所得指數作為體能指標時，其測驗的負荷量必須幾近最高，所得指數才具意義。本研究中三分鐘和四分鐘的登階測驗指數與最大氧攝取量的相關不顯著，應可解釋為係因這種負荷過輕所致。

五分鐘登階測驗指數與單位體重最大氧攝取量既有顯著相關，為更進一步探討二者之間的關係，設以單位體重最大氧攝取量 (  $ml/kg \cdot min$  ) 為 Y，以五分鐘登階測驗指數為 X，可求得一回歸方程式  $Y = 38.385 + 0.1679 X$

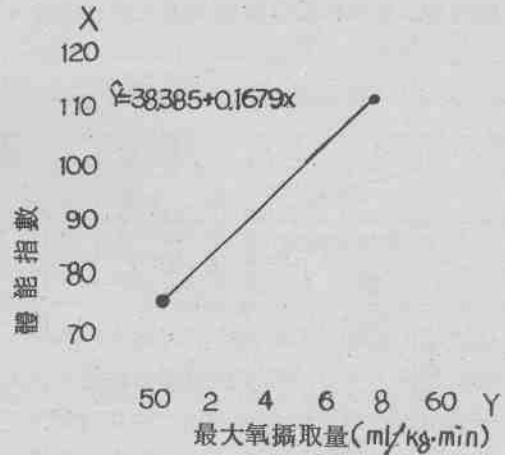


圖 3 單位體重最大氧攝取量與五分鐘登階測驗的相關

#### (二) 測驗中脈搏數的變化及增加率

由圖 4 可知，登階測驗中的脈搏數，隨着測驗負荷時間的延長而增加，而增加的幅度則不論何種負荷，以測驗開始後第一、二分鐘增加最為顯著，自第三分鐘增加較緩而逐漸進入穩定狀態。許多學者們 ( 註 36, 16 ) 認為登階測驗負荷時間，三分鐘就已足夠，其理論根據可能在此。因為當測驗開始後二分鐘到三分鐘時，脈搏數已逐漸達到穩定狀態，這時全身器官的功能已經全部動員 ( 註 14 )。本研究中也得到同樣傾向，如表 5，不論何種負荷時間的登階測驗，當測到二分鐘時，脈搏數已分別達到最大脈搏數 ( 最大氧攝取量測驗時的最大脈搏數 195.2 為 100% ) 的 80.8%~82.2%，此後增加較緩而逐漸進入穩定狀態，當測驗到三分鐘時已達到 85.5~85.8%。

但以所得指數作為體能指標的登階測驗的負荷時間，三分鐘是否就已充分，則有更深入研究的必要。因為有氧性工作能量 ( Aerobic Capacity ) 是以最大氧攝取量為指標，而最大氧攝取量的測定時間，Åstrand ( 註 5 ) 認為應在運動開始後



圖4 登階測驗脈搏增加率

4~6分鐘，豬飼道夫（註15）也認為，運動開始後4~9分鐘才能發現最大氧攝取量。這說明了最大氧攝取量的測定必須在脈搏數確實達到穩定狀態後，再延一段時間才能測得。據此，本研究中的五分鐘登階測驗所得指數與最大氧攝取量的相關，比三分鐘、四分鐘為高自是不言可喻。雖然其相關不高，（只有5%的顯著性），但至少可以說五分鐘的登階測驗，比三分鐘和四分鐘的登階測驗對於體能的評價，具備了較多的評價要素。當然隨意延長測驗時間，徒增受試者的負擔，本為實驗研究的大忌，但就本研究所得結果，五分鐘的負荷該是必要的。如1963年國際運動醫學會議（FIMS）（註21）在捷克斯拉夫舉行時，亦認為登階測驗的時間應以五分鐘為宜，其原因在此。押田（註37），曾以小學5~6年級學生為對象，實施三分鐘和五分鐘的登階測驗，求此兩種負荷的登階測驗與最大氧攝取量的相關及與最大耐力跑的相關，結果五分鐘的登階測驗與最大氧攝取量及最大耐力跑有5

%的顯著性。

(三)不同負荷時間登階測驗最高脈搏數與單位體重最大氧攝取量的相關

由表1.1可知，不同負荷時間的登階測驗，測驗中最高脈搏數與單位體重最大氧攝取量，其相關都成負相關，但只有五分鐘的登階測驗具有5%的顯著性。這說明了對於相同負荷的運動，運動中脈搏數較少的人，其單位體重氧攝取量越大，也說明了，運動中脈搏越少的人，具有比較優異的體能。

(四)恢復期脈搏數的變化及恢復率

由表6可知，恢復期脈搏數的恢復，隨着休息時間的延長，而逐漸恢復到安靜時的水準，而恢復所需要的時間，則因測驗負荷時間的延長而需時較長。至於脈搏數的恢復，則不論何種負荷，仍以測驗終了的第一、二、三分鐘為最顯著。第一分鐘的恢復率由零（各負荷的最高脈搏為0%）恢復到38.7%~49.3%，第二分鐘則恢復到54.2%~63.8%，第三分鐘恢復到63.9~70%，自此以後

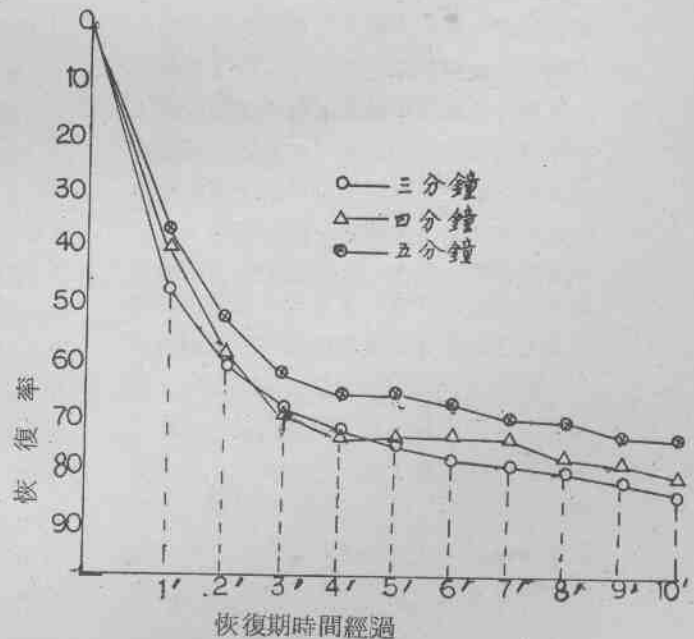


圖5 恢復期脈搏恢復率

恢復漸緩。由上述趨勢中可知，以恢復期脈搏數恢復正常的快慢，以作為判斷體能優劣根據的登階測驗，以測量恢復期 1'~1'30"，2'~2'30"，3'~3'30" 三次脈搏數計算體能指數的理由，是因為恢復第一分鐘脈搏都成急劇下降，而第四分鐘以後脈搏所繪成的曲線又接近水平。

#### (四) 恢復期脈搏數與最大氧攝取量的相關

由表 7 可知，恢復期各次脈搏數與最大氧攝取量的相關，都成負相關，且有依次逐漸降低的現象。其中三分鐘和四分鐘各次脈搏數與最大氧攝取量及單位體重最大氧攝取量的相關，都不具統計上的顯著性。五分鐘則第一次 (1'~1'30") 的脈搏數與最大氧攝取量及單位體重最大氧攝取量，有 5% 的顯著性，但此後 (2'~2'30"，3'~3'30") 的相關却依次降低，且都不具顯著性。這說明了，三分鐘和四分鐘登階測驗，當測驗終了後一分鐘到二分鐘之內，脈搏數幾乎都已恢復，因此無法以恢復期的脈搏數計算指數來鑑別體能的差異。青木 (註 1) 曾以一萬公尺較優的前六名 (A 組)，較差的後六名 (B 組)，及一般學生六名 (C 組) 為對象，實施五分鐘和十分鐘的哈佛登階測驗，來比較所得指數的差異，結果五分鐘的測驗所得指數，A B 兩組與 C 組之間有顯著差異，但 A B 兩組間却無顯著差異。但十分鐘的測驗，則 A、B 兩組間已有顯著差異。也就是說 A B 兩組施以十分鐘的測驗以後，脈搏恢復常態的快慢才能鑑別出來，本研究三分鐘和四分鐘的登階測驗，恢復期各次脈搏數與最大氧攝取量的相關不高，或因測驗終了後一二分鐘內，脈搏數都已恢復所致，但五分鐘的測驗則因脈搏數恢復較慢，所以能判斷體能的差異。登階測驗是以恢復期三次脈搏數和的多寡判斷體能的優劣，則這三次脈搏的測量時間若稍予提前，可能各次脈搏與最大氧攝取量的相關會更密切。但是測量時間提前後

，測量的技術問題必須加以考慮，因為如果稍予提前，則此時期的脈搏更快，若不是使用儀器，而以手觸診法測量，所得資料的正確性令人憂慮，因為脈搏率越高，測量的誤差越大。

#### (五) 恢復期一次脈搏數所得指數與原法所得指數的相關

由表 8 可知，以恢復期第一次 (1'~1'30"，2'~2'30"，3'~3'30") 脈搏數所得指數的相關，不論何種負荷，都具有 1% 的顯著性。伊藤 (註 17) 曾以中學生作同樣研究，也得到極高的相關 ( $r = 0.99$ )，因此，以這種簡易方法計算體能指數，當也可行。

#### (六) 身體形態與指數的相關

由表 10 可知，五分鐘的登階測驗指數與身高、體重、下肢長、小腿長的相關，都不具統計上的顯著性。因此就本研究而言，實施登階測驗，可不必考慮受試者身體形態的因素。Keen 和 Slban (註 26) 曾以醫學院的學生和體育系的學生作同樣的研究，結果發現指數與身高、體重、腳長的相關不顯著。但青木 (註 2) 曾以籃球俱樂部的球員為對象，將身高 160 公分  $\pm$  2 公分為一組 (S 組)，170 公分  $\pm$  2 公分為一組 (M 組)，180 公分  $\pm$  2 公分為一組 (G 組)，共計三組，實施哈佛登階測驗，結果身高在 160 與 170 公分的兩組所得指數與身高沒有顯著的差異，但這兩組與 180 公分的一組比較時，則有顯著差異。Toddonio (註 49) 認為 20 吋 (50.8 公分) 的階高過高，易導致受試者下肢的疲勞。橋本 (註 24) 也認為對日本人而言，20 吋的階高過高，易導致受試者上下階動作無法合乎規定，同時容易形成心肺機能未疲勞前，下肢已先疲勞的現象。因此認為對日本人而言，登階測驗的階高以 40 公分為宜。



圖6 身高與指數的相關

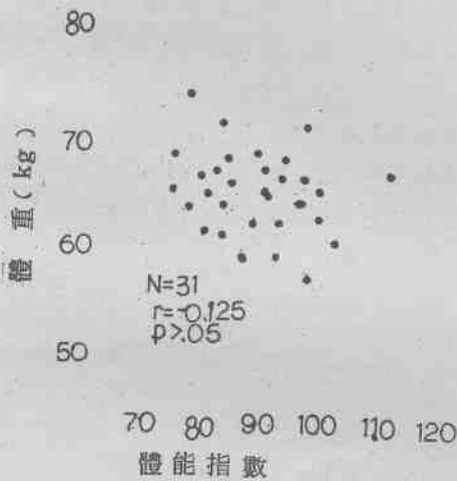


圖7 體重與指數的相關

(A) 安靜時的脈搏數與指數的相關

由表9可知，不同負荷時間的登階測驗指數與安靜時脈搏數的相關，都成負相關，且都具有1%的顯著性，可見安靜時脈搏越少，登階測驗指數越高，但是否能肯定安靜時脈搏數少的人，就具有較佳的體能，則有待研究。因為安靜時的脈搏容易受神經，內分泌及情緒不安的影響而變動。但本研究所得的這種結果，仍然具有某種程度的意義，因為如果安靜時的脈搏數可作為循環機能的指標，則本研究中安靜時的脈搏數與指數之間呈現密切的相關，就成為當然的事，且可肯定若無特意的條件或刺激加諸個人身上，則安靜時脈搏數

少的人，具有較好體能。

二、耐力跑與不同負荷時間登階測驗指數的相關

耐力測驗 1500公尺跑的成績與登階測驗指數的相關，由表12可知，與三分鐘登階測驗的相關  $r = 0.483$ ，與四分鐘的相關  $r = 0.472$ ，與五分鐘的相關  $r = 0.547$ ，經檢定的結果都具有1%的顯著性，因此1500公尺耐力跑也是體能優劣判斷的有效測驗方法，其成績可作為體能判斷的指標。其中由於與五分鐘登階測驗指數的相關最高，為更進一步探討二者間的關係，設以五分鐘登階測驗指數為  $Y$ ，1500公尺跑成績（秒）為  $X$ ，則可得一回歸方程式  $Y = 226.2 - 0.473 X$ 。

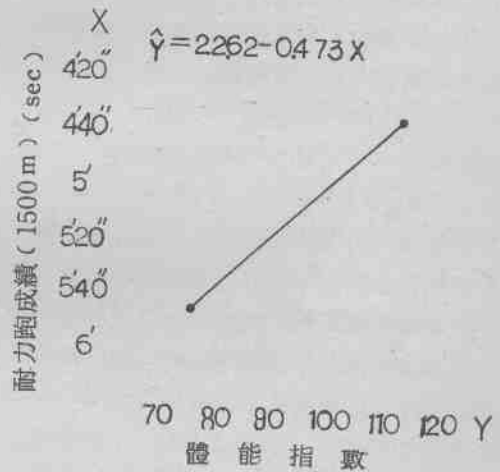


圖8 五分鐘登階測驗指數與1500公尺的相關

陸、結論

本研究為了探討登階測驗對體能優劣能否給予有效的評價，及登階測驗在測驗中，測驗後及於脈搏的影響，及影響登階測驗指數的因素，乃以年齡16~17歲高一男生31人為對象，實施登階測驗，最大氧攝取量測驗，耐力跑測驗及身體形態測量。登階測驗以階高40公分，每兩秒上下階凳一次，測驗三分鐘、四分鐘和五分鐘。測驗所得資料經分析與討論後得下列十點結論。

- 一、不同負荷時間的登階測驗所得指數：三分鐘平均為 64.72，標準差為 9.43，四分鐘平均為 76.3，標準差為 11.2，五分鐘平均為 90.68，標準差為 13.70
- 二、最大氧攝取量平均為 3.01 l/min，標準差為 0.47 l/min，單位體重最大氧攝取量平均為 53.61 ml/kg·min，標準差為 2.38 ml/kg·min，最大脈搏數平均為 195.2，標準差為 5.879。
- 三、不同負荷時間的登階測驗指數與最大氧攝取量的相關，三分鐘和四分鐘的登階測驗，其相關都不具顯著性。五分鐘的登階測驗則有 5% 的顯著性。不同負荷的登階測驗指數與單位體重最大氧攝取量的相關，也得同樣結果，只有五分鐘登階測驗具有 5% 的顯著性，但其相關比與最大氧攝取量的相關高。設以單位體重最大氧攝取量 (ml/kg·min) 為 Y，以五分鐘登階測驗指數為 X，可得一回歸方程式  $Y = 38.385 + 0.1679X$ 。
- 四、單位體重最大氧攝取量與五分鐘登階測驗最高脈搏數的相關具有 5% 的顯著性。
- 五、最大氧攝取量及單位體重最大氧攝取量與五分鐘登階測驗恢復期 1'~1'30" 的脈搏數有 5% 的顯著性，其他則沒有。
- 六、以恢復期第一次 (1'~1'30") 的脈搏數計算體能指數，所得指數與以原法 (計算 1'~1'30"，2'~2'30"，3'~3'30" 三次脈搏數) 所得指數的相關具有 1% 的顯著性。
- 七、五分鐘的登階測驗指數與身高、體重、下肢長，小腿長的相關都不具顯著性。
- 八、安靜時的脈搏與登階測驗指數的相關有 1% 的顯著性。
- 九、1500 公尺耐力跑成績與不同負荷時間的登階測驗指數的相關，都具有 1% 的顯性，但以五分鐘的登階測驗為高。設以五分鐘登階測驗指數為 Y，以 1500 公尺跑成績 (秒) 為 X，可得一回歸方程式  $Y = 226.2 - 0.473X$ 。

十、綜合以上，以體能指數作為體能指標的登階測驗，若以階高 40 公分，每兩秒上下階發一次，實施測驗時，測驗時間「五分鐘」實為必要。同時 1500 公尺耐力跑也是體能評價的有效方法。

## 參考書籍

- 1 青木純一郎他：Step test による持久性評價に關する生理學的研究，順天堂大學體育學部紀要，6(12):9-15, 1963
- 2 青木純一郎他：Harvard Step test の生理學の解析，順天堂大學體育學紀要 5(12):1-5, 1962
- 3 阿久津邦男：ステップテスト負荷時間の検討，體育科學，1:174-181, 1973
- 4 阿久津邦男著：運動のエネルギー，犀書房 1976, P96
- 5 Astrand, P.O. : Experimental studies of Physical work Capacity in relation to sex and age. Copenhagen Munksgaard, 1952.
- 6 Astrand, P.O. 等著，淺野勝巳譯：運動生理學，大修館書店，1976, P205~206
- 7 Astrand, P.O. and Ryhming, I. : A nomogram for Calculation of aerobic Capacity from pulse rate during Sub-maximal works. Journal of Applied Physiology, 7:218-222, 1954.
- 8 Astrand, I. : Aerobic work capacity in men and Women with special reference to to ago. Acta. Physio. Scand, 49, suppl. 169:1-92, 1960.
- 9 Brouha, L. : The step test : A simple method of measuring Physical fitness for muscular in young men. Research Quarterly, 14(1):31-36, 1943.
- 10 Clarke, H.L. : A functional Physical fitness test for College girls. Journal of Health and Physical Education, 14(7):358, 1943.
- 11 Cooper, K.H. : A means of assessing maximal oxygen intake Correlation

- between field and treadmill testing  
Journal of American Medical Association. 203(3):201-204. 1968.
12. Cureton. T.K. : Physical fitness of champion Athletics. University of Illinois Press. P.265. 1951.
13. Doolittle. T.L. and Bigbee. R. : 12 run-walk : A test of cardiorespiratory fitness of adolescent boys. Research Quarterly. 39:491-495. 1968
14. 猪飼道夫他 : 心拍出量かウミタ全身持久性 (1-2) , 體育の科學, 17:288~293, 344~349. 1977.
15. 猪飼道夫他 : 全身持久性の研究 (1-3) 體育の科學, 6(11):12. 1965
16. 伊藤稔他 : 踏台昇降による男子學生の循環機能検査法, 體育學研究, 9(2):23-32. 1965.
17. 伊藤稔他 : 踏台昇降による女子學生の循環機能検査法, 體育學研究, 11:37~45. 1966.
18. Elbel. R. Green. E. L. : Pulse reaction to performing step-test exercise on benches of different height. American Journal of Physiology. 145:521-527. 1946.
19. shiko. T. : Aerobic Capacity and external criteria of Performance. Canadian Medical Association Journal. 96:476-479. 1967.
20. shiko Nakagawa. et al : Assessment of aerobic capacity with special reference to sex and junior and senior high school students in Japan . The Japan Journal of Physiology. 20:118-129. 1970.
21. 福田邦三編, 日本人の體力, 杏林書院, 1960. P160.
22. Gallapher. J.R. and Brouha. L. : A simple method of testing the Physical fitness of boys. Research Quarterly. 14:23-30. 1943.
23. Hermansen. L. and Saltin. B. : Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. Journal of Applied Physiology. 26(1):31-37. 1969.
24. 橋本邦衛 : step test による持久性體力の評價法に關する研究, 日本生理學雜誌, 21:231-241. 1959.
25. Kash. F. W. : A Comparison of maximal Oxygen uptake by treadmill and step test procedures. Journal of Applied Physiology 13:241. 1958.
26. Keen. E. N. and Sloan. A.W. : Observation on the Harvard step test. Journal of Applied Physiology. 13:241. 1958
27. Maksud. M. G. and Coutts. K. D. : Application of the Cooper twelve-minute run-walk test to young males. Research Quarterly. 43(1):54-59. 1971.
28. Margaria. R. : Commentary. Canadian Medical Association Journal. 96:734-735. 1967.
29. Mathews. D.K. and Fox. E. L. : The Physiological basis of Physical education and athletics. W.B. Saunders company Philadelphia 1976.
30. Metz. K.F. and Alexander. J. F. : An investigation of the relationship between maximum aerobic work capacity and Physical fitness in twelve to fifteen-year old boys. Research Quarterly. 41:75-81. 1970.
31. Meyers. C.R. : A study of reliability of Harvard Step Test. Research Quarterly. 42. 1969.
32. Mc Ardle. W. Katch. F. : Comparison of Continuous and discontinuous treadmill and bicycle test for maximal Oxygen intake. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 5(3):156-160. 1973.
33. Miller. W. A and Elbel : The effect upon pulse rate of various cadences in step test. Research Quarterly. 17:263. 1946.

- 34 Mitchell, J. Sproule, B. and Chapman, C. : The Physiological meaning of the maximal Oxygen intake test. J. Clin Invest. 37:538-547. 1957. step test
- 35 日本體育協會：東京オリンピックスポーツ科學研究報告，588. 1965
- 36 小川新吉他：Step test に關する研究—發育期の少年に對する適性負荷量に關しての考察。  
東京教育大學スポーツ研究所報，2：1-10. 1964.
- 37 押田輝彦：兒童の全身持久性と持久走に關する研究・同註21・264-265. 1966.
- 38 榊原千恵子他：持久性體力評價法に關する研究，日本航空醫學實驗隊報告，11(4)：12-21. 1971。
- 39 Saltin, B. and Astrand, P.O. : Maximal Oxygen uptake in athletes. Journal of Applied Physiology . 23:353-358. 1967.
- 40 Skubic, V. and Hodgkins, J. : Cardiovascular efficiency test score for girls and Women. Research Quarterly. 34:191-197. 1963.
- 41 Taddonio, D.A. and Karpovich, P.V. : The Harvard Step Test as a means of endurance in running. Research Quarterly. 22:381-384. 1951. .
- 42 Theoder Hettlinger : Assessment of Physical work Capacity. Journal of Applied Physiology . 16:153-156. 1961.
- 43 丹羽健市他：最大酸素攝取量とハーバードステップテストの關連について，體育學研究 10(2)：320. 1965.
- 44 同註 33
- 45 同註 9
- 46 同註 36
- 47 同註 21
- 48 同註 1
- 49 同註 41