

中國文化大學運動教練研究所

碩士論文

大學生上下樓梯能量消耗與
生理反應之比較研究



指導教授：林正常 博士

研究生：黃士育

中華民國 99 年 1 月

大學生上下樓梯能量消耗與生理反應之研究

2010 年 1 月

研究生：黃士育

指導教授：林正常 博士

摘要

目的：本研究探討男性大學生走上樓梯與走下樓梯的能量消耗與生理反應情形。**方法：**實驗分二個測試部分，其一，安靜狀態的心肺反應(resting oxygen uptake and resting heart rate)；其二為上下樓梯之心肺反應(oxygen uptake and heart rate in stair-climbing)，所得生理反應再計算出能量消耗。走樓梯活動的測量均先測量走下樓梯，再測量走上樓梯。走下樓梯與走上樓梯至少間隔 48 小時。每次上或下樓之前必須休息 10-15 分鐘，以避免累積疲勞而影響實驗數據。走樓梯時配戴心律測量器測量心跳率，並藉背上攜帶式採氣面罩，採集走樓梯活動時所呼吸的氣體，測量 HR、 $\dot{V}E$ 、 $\dot{V}O_2$ 、MET。**結果：**本研究顯示上樓梯的運動強度為心跳率 143.88 ± 28.04 次/分，攝氧量 30.93 ± 3.37 ml/kg/min，能量消耗為 8.84 ± 0.96 METs；下樓梯的運動強度為心跳率 81.25 ± 5.50 次/分，攝氧量 15.38 ± 3.41 ml/kg/min，能量消耗為 4.16 ± 1.28 METs。本研究不論是走上樓梯或是走下樓梯的各項研究數據 (HR、 $\dot{V}E$ 、 $\dot{V}O_2$ 、MET) 的比較，與安靜值均達到顯著差異水準 ($P < .05$)。**結論：**研究結果顯示，走上樓梯的能量消耗是走下樓梯的兩倍，表示大學生走樓梯運動確實有益於能量消耗，達到身體活動的目的。

關鍵詞：走樓梯活動，心跳率， $\dot{V}O_2$ ，MET

The energy consumption and physiological reaction of stair-climbing of undergraduate students

January, 2010

Advisor: Jung-Charng Lin

Student: Shih-Yu Huang

Abstract

Purpose: In this study, the energy consumption and physiological reaction in stair-climbing of male undergraduate students was investigated. **Methods:** The subjects, including eight male, were between 18 and 24 years old. The tests contained two parts: (1) resting oxygen uptake and heart rate and (2) oxygen uptake and heart rate in stair-climbing. The minimal interval between the stair-up test and the stair-down test was 48 hours. While stair-climbing testing, the stair-up was measured after stair-down. The subjects took a rest at least 10 to 15 minutes prior to each test to avoid fatigue effect. During those test, the Polar RS800 heart rate monitor was used to measure the heart rate. Also, the Meta Max 3B portable oxygen analyzer was used for measuring the HR, $\dot{V}E$, $\dot{V}O_2$ and MET. **Results:** The results indicated that the exercise intensity of stair-up was 143.88 ± 28.03 beats/min of heart rate and 30.93 ± 3.37 ml/kg/min of oxygen consumption, and the energy intensity was 8.84 ± 0.96 Mets, while the stair-down was 81.25 ± 5.50 beats/min, 15.38 ± 3.41 ml/kg/min, and 4.16 ± 1.28 Mets respectively. **Conclusion:** The stair-up consumes two-fold oxygen of stair-down and exercise intensity is high enough for health promotion.

Key words: stair-climbing testing, heart rate, $\dot{V}O_2$, MET

目次

第壹章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究問題	2
第三節 研究目的	4
第四節 研究範圍	4
第五節 研究限制	4
第六節 研究假設	4
第七節 研究意義與貢獻	5
第貳章 文獻探討	6
第一節 間接熱量測量法	6
第二節 階梯運動的訓練效果	7
第三節 不同速度上下樓梯的能量消耗	8
第四節 不同速度上下樓梯的心肺反應	9
第五節 心跳率與攝氧率之間的相對應關係	10
第六節 不同運動模式的心肺反應	11
第七節 走樓梯活動在心肺反應的變化	13
第參章 研究方法與步驟	17
第一節 研究對象	17
第二節 實驗地點	17
第三節 研究過程	17



第四節 測量方法	19
第五節 資料處理與統計方法	21
第肆章 結果與討論	22
第一節 受試者基本資料	22
第二節 上下樓梯生理反應之比較	23
第三節 綜合討論	25
第五章 結論與建議	27
第一節 結論	27
第二節 建議	27
參考文獻	28
一、中文部份	28
二、英文部份	28
附錄	34
附錄一 受試者須知同意書	34
附錄二 健康情況調查表	35
附錄三 受試者基本資料	36



表次

表 1 受試者各項安靜基準值表	22
表 2 上下樓梯心跳率之比較	23
表 3 上下樓梯換氣量之比較	23
表 4 上下樓梯攝氧量之比較	24
表 5 上下樓梯代謝當量之比較	24



圖次

圖 1 研究過程圖----- 19



第壹章 緒論

第一節 研究背景

每當上下課時間在校園內走動，看見學校裡的學生成群結隊地在等待電梯，大家都寧可擠沙丁魚般地塞滿電梯，似乎連走一兩層樓的階梯都不願意。觀察現今大學生的生活，已經被學校課業及網路遊戲佔去了大部分時間，幾乎習慣這樣的坐式生活，除了學校每週兩堂的體育課之外，好像鮮少其他的時間安排運動。

根據美國運動醫學會（American College of Sports Medicine, ACSM）及美國疾病管制與預防中心（Centers for Disease Control and Prevention, CDC）針對身體活動和健康關係，建議美國成年人盡可能在每週抽出 3-5 天，每天累積 30 min 以上之中等強度的身體活動，這樣可以預防疾病、提升健康，進而改善生活品質(Pate, et al., 1995)。運動習慣的養成，對於當下一一般人而言，常常會發生半途而廢的情況；因此，最簡單的方法便是從日常生活中的例行事務著手，例如以步行代替坐車、走樓梯代替搭乘電梯，以避免完全的坐式生活(Oszuta, 1987; Leon, et al., 1996)。

樓梯運動的優點為容易取得、不需要特殊設備、生活化且減少時間限制的問題，更重要的是能夠改善心肺適能（Boreham, et al., 2000; Fardy and Ilmarinen, 1975; Loy, et al., 1994）、降低總膽固醇（total cholesterol）、提高高密度脂蛋白膽固醇（high density lipoprotein cholesterol, HDL-C）（Boreham, et al., 2000; Leon, et al., 1996）、降低體脂肪（Fardy and Ilmarinen, 1975）以及增加下肢的肌力（Loy, et al., 1994）。

張復華（2005）提及，健康之成年人在運動的時候，應如何設定運動的強度？ACSM（ACSM, 2000）的建議是：最大攝氧量（maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_{2max}$ ）的 55-75%、最大心跳率（maximal hear rate, HR_{max} ）的 70-85%、儲備攝氧量（ $VO_{2reserve}$, $\dot{V}O_{2R}$ ）的 60-80%、儲備心跳率（ $HR_{reserve}$, HRR）的 60-80%作為有效範圍依據。這些建議應該是以跑步機或踩腳踏車等運動模式為基礎（Swain and Leutholtz, 1997），若將走樓梯視為訓練心肺適能的運動模式時，所產生的心肺反應（HR 與 $\dot{V}O_2$ ）則會有所不同（Oldenburg, et al., 1979; Holland, et al., 1990; Zeni, et al., 1996）。

在設計增進心肺適能的運動處方上，選擇的運動項目應該要包含能利用到身體的大肌肉群，並可持續一段較長時間為特性，活動模式為有節奏性及有氧性的自然身體活動，恰好走樓梯（stair climbing）運動即符合這些條件（ACSM, 2000）。

第二節 研究問題

張復華（2005）在走樓梯攝氧量-心跳率的關係文中探討，使用走樓梯作為運動訓練的研究，有些研究是以樓層高度作為目標，在固定速度（ $88 \text{ step} \cdot \text{min}^{-1}$ ）下完成（Boreham, et al., 2000），或由受試者自行決定走樓梯的速度（Leon, et al., 1996）；有些則是設定目標心跳率（target heart rate, THR）（ $70-90\%HR_{max}$ ），並在固定時間下完成（Loy, et al., 1991; 1993; 1994）；也有研究設定走樓梯的速度（ $100 \text{ step} \cdot \text{min}^{-1}$ ），但並不限定所完成的運動量（Fardy and Ilmarinen, 1975），因

此，每個研究所得到的訓練成效不一致，無法明確得知何種運動強度的設計，能較有效的達到改善心肺適能的目標。

實際的樓梯作為運動方式的研究，大多數的運動強度均以每分鐘完成上下樓梯的階數 ($\text{step} \cdot \text{min}^{-1}$)，即上下樓梯的速度作為訓練或測量的強度 (Kamon and Ramanathan, 1974; Fardy and Ilmarinen, 1975; Leon, et al., 1996; 衛沛文, 1999; Boreham, Wallace and Nevill, 2000; Teh and Aziz, 2002)，其中只有兩篇研究針對不同上下樓梯的速度作探討 (Kamon and Ramanathan, 1974; 衛沛文, 1999)。在 Kamon 與 Ramanathan 的研究中 (1974) 發現 6 位中年印地安人以 40, 47, 63, 88 $\text{step} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度走上樓梯，其心跳率與消耗量也隨之增加，但缺乏安靜時候與最大運動時候的心肺反應資料，無法精確得出相對於 HR_{max} 、 $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$ 、 HRR 、 $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{R}}$ 的運動強度。在衛沛文的報告書中 (1999)，雖然測量中年男性勞工在 60, 80, 100 $\text{step} \cdot \text{min}^{-1}$ 的速度上下樓梯時候的心肺反應，但參與各速度的受試者不盡相同，亦限於樣本數較少，和缺乏實際測量最大運動強度的心肺反應資料，故較難有效地建立 $\text{HR}-\dot{\text{V}}\text{O}_2$ 間相對或絕對強度下的關係。針對實際走樓梯運動，要如何設定有效的速度作為運動強度？應要先測試出不同走樓梯速度下的心肺反應，以建立其 HR 與 $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ 之間的關係，作為設計運動處方之用。

走電動樓梯 (escalator) 或踏步機 (stepping machine) 運動與實際走樓梯運動十分相似，但在相同速度下，與走一般大樓室內樓梯所產生的運動能量消耗是有所差異 (Bassett, et al., 1997; Teh and Aziz, 2002; 衛沛文, 1999)；所以需要瞭解男性、大學生走上樓梯與走下

樓梯之能量消耗的差異。走樓梯運動既然可以促進身體健康，學生應當在平常生活中就可以利用居住環境或是上下課走樓梯到教室，來從事這樣的健身活動，因此若能夠了解大學生走樓梯時候的能量消耗，則可做為走樓梯運動之運動處方依據。

第三節 研究目的

本研究針對正常 BMI 範圍之 18 歲至 24 歲健康非訓練的男性大學生，包括走上樓梯與走下樓梯：(一) HR 與 $\dot{V}O_2$ 的變化；(二) 走上樓梯與下樓梯活動的運動強度。

第四節 研究範圍

受試者為身體健康、非吸菸與非受過運動訓練之 18 歲至 24 歲男性大學生各 8 位，兩人一組，上或下樓梯隔日再進行交換測試，以中國文化大學體育館之室內樓梯進行測驗，經由 B2 樓至 8 樓，共 286 階。

第五節 研究限制

受試者為 18 歲至 24 歲男性大學生，身體質量指數 (body mass index, BMI) 範圍限定在 ($18.5 \leq \text{BMI} < 24.0$) 以內，研究結果未必適用於女性、其他年齡層和 BMI 不在此範圍的族群。

第六節 研究假設

假設上下樓梯運動符合改善心肺適能的最低強度，增加能量消

耗，可以建議學生選擇走上下樓梯作為健身運動。

第七節 研究的意義與貢獻

在課業繁忙之餘，提供大學生上下樓梯活動是一項極為簡易又容易實施的運動，鼓勵學生們從生活中將運動生活化，可以減少因時間、地點的限制而缺乏運動，以達到全民運動推廣之助益。



第貳章 文獻探討

第一節 間接熱量測量法

人體所有能量釋放的反應，最終是仰賴氧氣的使用。經由測量人體在運動時穩定狀態的攝氧量，將得到一個間接但準確的能量消耗。間接能量測量法 (indirect calorimetry) 提供一個簡單而且花費較少的方法；密閉式呼吸測量法 (closed-circuit spirometry) 和開放式呼吸測量法 (open-circuit spirometry) 為兩種常見的間接測量法。

一、密閉式呼吸測量法

密閉式呼吸測量法起源於 1800 年，常被使用在醫院和實驗室，主要用於測量安靜能量消耗 (resting energy expenditure)。受試者從一個含 100% 氧氣的肺氣量計 (spirometer) 呼吸，此肺氣量計是一個密閉系統，呼出之二氧化碳被放置於肺氣量計內的氫氧化鈉 (potassium hydroxide) 所吸收，氣量計內的氧氣減少即是受試者的攝氧量。但這種方法不適用在激烈運動時，因為儀器太過龐大加上劇烈運動時需要大量的氧氣及產生過多的二氧化碳呼出，將使得儀器無法負荷。

二、開放式呼吸測量法

開放式呼吸測量法是運動的時候較為廣用的方法，受試者吸入週遭環境的空氣，其組成包括 20.93% 的氧氣，0.03% 的二氧化碳，和 79.06% 的氮氣。從呼出氣體中氧氣和二氧化碳的改變量，可間接反映出人體正在進行能量消耗，因此測量 $\dot{V}O_2$ 和推算能量消耗是需要測

量一個時期間呼出的氣體量及此呼出氣體的組成 (McArdle, et al., 2000)。

第二節 樓梯運動的訓練效果

在樓梯運動 7-12wk 的訓練，12wk 訓練後發現三酸甘油酯 (triglycerides) 下降 16%，HDL-C 增加 28% (Boreham, et al., 2000)。由此可知樓梯運動之訓練長達 12wk 可以改善最大攝氧量及皮脂厚，會影響血脂質的改善程度；能夠降低心血管疾病的危險因子，包括降低總膽固醇 (total cholesterol)、提高高密度脂蛋白膽固醇 (high density lipoprotein cholesterol, HDL-C) (Boreham, et al., 2000; Leon, et al., 1996)、降低體脂肪 (Fardy and Ilmarinen, 1975)、改善心肺適能 (Bonder and Wangner, 1994)。

陳皓羽在 2005 年提到，樓梯運動之訓練另一篇使用電動樓梯的文獻 (Loy, et al., 1994)，也是採用 12wk 的訓練，前四周的運動強度較低，主要是為了改善有氧適能及採用漸進式訓練方式，因此剛開始運動強度為 70-75% HR_{max} ， $40 \text{ min} \cdot \text{d}^{-1}$ ，從第 4 週的最後運動強度改變為 80-85% HR_{max} ， $35 \text{ min} \cdot \text{d}^{-1}$ ，訓練後結果顯示 $\dot{V}O_{2MAX}$ 有顯著改善，由 24.2 增加至 26.9 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。可推論樓梯運動當作訓練項目是可行的且能改善心肺適能。本研究指出覺得在相同速度下，走電動樓梯或踏步機運動與一般大樓室內走實際樓梯所產生的運動能量消耗應該還是有所差異！能證實的只是一樓梯運動可以改善心肺適能。

第三節 不同速度上下樓梯的能量消耗

不同上下樓梯速度會影響能量消耗的值，根據美國疾病管理中心（Centers for Disease Control and Prevention, CDC）與 ACSM 對身體活動強度的分類為：小於 3.0 代謝當量（metabolic equivalent, MET）或小於 $4\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ 為輕度（light），介於 3.0-6.0METs 或 $4-7\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ 為中度（moderate），大於 6.0METs 或 $7\text{kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ 為劇烈（vigorous）身體活動（Pate, et al., 1995）。

從多個研究數據當中發現，當走上樓梯速度在 $60\text{step}\cdot\text{min}^{-1}$ 以上的時候，即可達到劇烈身體活動的標準（Bassett, et al., 1997; Teh and Aziz, 2002; 衛沛文，1999）。而下樓梯速度在 $60-80\text{step}\cdot\text{min}^{-1}$ 之強度是屬於輕度身體活動，但速度為 $100\text{step}\cdot\text{min}^{-1}$ 或以上的時候，則為中度身體活動。

體重也是能量消耗的影響因子之一，在走上下樓梯的時候，絕對攝氧量（absolute oxygen uptake, $a\dot{V}O_2$ ）與體重之間有正相關，體重較重的人需要克服較大的地心引力，因此會有較多的能量消耗（Bassett, et al., 1997; Teh and Aziz, 2002）採用 56 位平均體重為 66.2kg 的男性與 47 位平均體重為 54.4kg 的女性，分析在樓梯運動時候 $a\dot{V}O_2$ 與體重的相關性，男性為 0.63，女性為 0.57，男性的相關係數比女性高，可能與男性的肌肉量比女性高有關，相同的結果在 Bassett 等（1997）的研究數據中證實，受試者中有 10 位平均體重為 72.8kg 的男性，以及 10 位平均體重為 59.3kg 的女性，男性在走上樓梯時候的為 $2.21\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ，女性為 $1.81\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ，男女性之間的 $a\dot{V}O_2$ 有達顯著水準，亦代表男女兩性之間的能量消耗有差異。但除去體重後的結果發現，男性

相對攝氧量 (relative oxygen uptake, $r\dot{V}O_2$) 為 1.70，女性為 1.73，男女之間的 $r\dot{V}O_2$ 並沒有差異。因此體重愈重產生能量消耗愈高。因為體重也是身體活動最大的負重，若上下樓梯的速度保持不變，體重也是造成能量消耗的重要因素。

第四節 不同速度上下樓梯的心肺反應

不同走上下樓梯的運動速度，心肺反應達到運動穩定狀態 (steady state) 的時間並不會完全相同，可能是與受試者年齡或體適能狀態的不同有關。實際走樓梯運動研究 (Boreham, et al., 2000; Teh and Aziz, 2002) 發現走上樓梯運動時間到達第 60s 時 $\dot{V}O_2$ 和心跳率會顯著上升，大約在第 90s 時接近最大值，因此認為上樓梯運動約在 90-100s 之間達到穩定狀態。上述研究的運動時間僅約 2min，但是在低工作負荷量之下，一般達到穩定狀態的時間為 2-3min；而高工作負荷量之下，會隨著工作負荷強度的增加，達到穩定狀態的時間會隨著增加，其增加的幅度約 3-6min (Whipp and Wasserman, 1972)。下樓梯運動相對於上樓梯運動的心肺反應是顯得較低，也較容易達到穩定狀態 (Teh and Aziz, 2002)，另外走電動樓梯的研究 (Bassett, et al., 1997) 顯示不論是走上樓梯或是走下樓梯， $\dot{V}O_2$ 和 HR 約在運動 5min 後即達到穩定狀態。

樓梯運動的速度與達到心血管益處有相當大的關係。ACSM 建議健康成人達到心血管益處的最小運動強度為 50% 的最大攝氧量 (maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_{2max}$) 或 65% 最大心跳率 (maximal heart rate, HR_{max})；對於體能較低者，其建議值為 40% $\dot{V}O_{2max}$ 或 55%

HR_{max} 。當上樓梯速度在以上和下樓梯速度大約在 $70 \text{ step}\cdot\text{min}^{-1}$ 以上 (Bassett, et al., 1997) 和下樓速度大約在 $103 \text{ step}\cdot\text{min}^{-1}$ 時 (Teh and Aziz, 2002)，則可達到 ACSM 建議心血管益處的最小運動強度。所以本實驗在開始走上樓梯或下樓梯的第 5min 後才開始採集氣體，以確定 $\dot{V}O_2$ 和 HR 開始達到穩定狀態。

第五節 心跳率與攝氧量之間的相對應關係

一、 $\dot{V}O_2$ 與 HR 的相對應關係

人體對氧氣的需求稱為攝氧量 ($\dot{V}O_2$)，其單位為 $L\cdot\text{min}^{-1}$ 或相對於單位體重的 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}$ ，可由心輸出量 (cardiac output, \dot{Q}) 與循環系統中的動脈血氧差 (arterio-venous oxygen difference, a-v O_2 diff.) 的乘積求得，即 $\dot{V}O_2 = \dot{Q} \times a-v O_2 \text{ diff.}$ 。而心輸出量又與心跳率及每跳輸出量 (stroke volume, SV) 有關 ($\dot{Q} = HR \times SV$)，因此 $\dot{V}O_2 = HR \times SV \times a-v O_2 \text{ diff.}$ ，HR 與 $\dot{V}O_2$ 便有著正向的相關性，尤其在運動時候，更能觀察到兩者因氧氣需求量的增加而上升的相對應變化 (ACSM, 2000; ACSM, 2001)。

二、 $\dot{V}O_2$ 與 HR 在設定運動強度上的應用

運動強度通常由測量運動中的 $\dot{V}O_2$ 來評估，由於 $\dot{V}O_2$ 的測量需要特別設備與人員，資料並不方便取得，但可藉由 HR 與 $\dot{V}O_2$ 在生理上或統計上的高度相關性，監測 HR 作為預估或設定運動強度的依據 (ACSM, 2000; Strath, et al., 2000)，其中的一個方法是測量數個不同低於最大運動強度在穩定狀態下的 $\dot{V}O_2$ ，與相對應的 HR 之間的迴歸

關係，然而此方法需要反覆測試不同強度的穩定狀態下所表現的生理反應，程序上較為複雜，執行不易。另一個方法是利用最大運動強度所測出的 $\dot{V}O_{2\max}$ 與 HR_{\max} ，做為 100% 的運動強度，在設定一個理想百分比（如 70%）做為目標運動強度，但由於實際要執行最大運動測試的困難度較高，而 HR_{\max} 也多半根據年齡推估（age-20），在準確性上便有所降低。

近期有許多學者則建議以儲備心跳率 HR_{reserve} （HRR）取代 HR_{\max} ，作為設定運動強度的單位（Davis and Conversion, 1975; Swain and Leutholtz, 1997; Swain, et al., 1998; Swain, 2000; ACSM, 2000; Brawner, et al., 2002）。Davis 與 Conversion 的研究中（1975）提及到 Karvonen 早在 1957 年就應用 HR 的變化，將安靜時候的 HR（ HR_{rest} ）定義為 0% 的運動強度， HR_{\max} 則是在 100% 強度下的反應，而目標心跳率（target heart rate, THR）是取兩者差異的百分比，再加上 HR_{rest} 後所得的值，這方法（Karvonen method）就是現今所採用的 HRR 理論（理論上 0% 的心跳率應為 $0 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$ ，但這數值並不會出現在實際的生理反應）。以相同的概念，利用 $\dot{V}O_{2\max}$ 與 $\dot{V}O_{2\text{rest}}$ 間的差異得出 $\dot{V}O_{2R}$ ，便能更進一步求得以 $\dot{V}O_{2R}$ 為單位的運動強度百分比。

第六節 不同運動模式的心肺反應

$HR-\dot{V}O_2$ 關係會因樣本特性（性別、年齡、體能）而有所差異，也會因為運動模式之特殊性（全身性或局部性、上肢運動或下肢運動負體重與否）及參與者對運動的熟悉度而有差異。已有許多研究針對不同運動項目的心肺反應變化做比較，尤其多半是像跑步、腳踏車這

些較傳統較熟悉的運動模式，或是划船、滑雪等較常見的機械式運動模式，測驗方式比較容易掌握(Thomas, et al., 1995; Londeree, Thomas, et al., 1989; Zeni, et al., 1996)，但當 HR- $\dot{V}O_2$ 的關係套用在比平地上承受 4—6 倍體重 (DeBendette, 1990) 的走上樓梯運動，則幾乎沒有將其他項目與之做比較。

一、 $\dot{V}O_2$ 與運動的特殊性

四種不同的運動項目：跑步、腳踏車、划船與滑雪，進行長時間 (60min) 固定強度 (65%HR_{max}) 的運動時候 (Thomas, et al., 1989) 產生的反應不盡相同，各項運動的結果分別為：腳踏車項目為 57.5% $\dot{V}O_{2MAX}$ ，划船項目為 52.2% $\dot{V}O_{2MAX}$ ，滑雪項目為 53.9% $\dot{V}O_{2MAX}$ ，跑步項目為 57.8% $\dot{V}O_{2MAX}$ ，各運動之間雖然並無統計上明顯差異 (略估 65% 可相對於 55% $\dot{V}O_{2MAX}$)，但仍可由能量消耗中基質 (substrate) 使用的比例觀察到，同樣為全身性負體重的滑雪與跑步，在利用脂肪燃燒功能的比率，要高於不需負體重的腳踏車及划船項目，可推斷由於不同的運動模式所使用的肌群並不相同，且個人對不同運動模式的熟悉度差異 (跑步與腳踏車較為普遍)，也是影響對氧氣需求量的因素。

相同的自覺強度下，不同的運動模式所產生的心肺反應能量消耗及血乳酸濃度並不一致。Zeni (1996) 以 3 種運動自覺等級 (rating of perceived exertion, RPE) (11, 13, 15) 作為運動強度的指標，比較常見的 6 種室內運動器材 (Aerodyne, cross-country skilling simulator, cycle ergometer, rowing ergometer, stair stepper, treadmill)，所產生的心肺反應與能量消耗。結果發現 treadmill 組及 stair step 組的 HR 均比其

他項目高，尤其在高自覺強度下（RPE=15），更是明顯高於 Air dyne 及 cycle ergometer；而在能量消耗上，treadmill 始終維持在較高的能量消耗及較高的 $\dot{V}O_{2MAX}$ ，cycle ergometer 的能量消耗量總是較低，在高自覺強度的時候更明顯，其餘項目的能量消耗範圍則較一致，在血乳酸濃度上，skiing 比其他項目低，但 stair step 在高強度時的血乳酸濃度則稍高，推測可能因高強度下，局部腿部肌肉疲勞所引起的現象。

二、不同運動模式下 HR- $\dot{V}O_2$ 的相關性

Treadmill, cycling, skier, shuffle, stepper, rower 6 種不同運動模式在 $\%HR_{max}$ 與 $\% \dot{V}O_{2MAX}$ 的相關係數(r)在 0.91-0.96 之間(Londeree, et al., 1995)，其中 treadmill、skier、stepper 需負體重的運動模式，其相關性並無顯著差異，而 cycling 及 rower 不需要負體重，或是主要運動肌群在上半身的運動項目，則有較大的差異。

第七節 走樓梯活動在心肺反應的變化

一、不同強度變量對走樓梯活動的心肺反應

當上樓速度增加時，HR 與能量消耗有增加的趨勢；當階梯高度增加時，HR 並不受到影響，而是增加了能量消耗的變化；但當相同速度下增加身上的負重量，能量消耗的變化不大，反而是有隨之增加的趨勢(Kamon and Ramanathan, 1974)。在 Kamonand and Ramanathan 的研究(1974)顯示，階高 19.5cm 的情況下，若以年齡(30-35y)預測的 HR_{max} 來觀察運動強度，則發現當走上樓速度從 40、47

step·min⁻¹ 增加到 63、88 step·min⁻¹，強度則由 71.6、73.5 逐漸增加至 89.5、91.9% HR_{max}，除了在 88 時的強度稍微超過 2000 年 ACSM 的建議範圍外（70-85% HR_{max}），其餘較慢的速度均適合作為運動的強度。

二、自選走樓梯速度的心肺反應與相對強度

由受試者自行選擇走樓梯的速度做為運動強度，上樓所選的速度雖然較下樓速度慢，但心肺反應的結果卻遠高於下樓。Teh 與 Azizm 在近期所發表的研究中（2002），以實際樓梯做為運動方式，速度由受試者自選，完成了 11 層樓 180 階的任務，研究中還以漸增強度跑步機運動測試，測得 HR_{max} 與 $\dot{V}O_{2max}$ ，男女走上樓梯所選的速度分別平均為 99 step·min⁻¹ 與 90 step·min⁻¹，所得的心肺反應轉換為最大相對強度後，男女性分別為 86.0 與 92.1% HR_{max}，及 80.7 與 87.9% $\dot{V}O_{2max}$ ；在走下樓梯方面，男女選擇的平均速度為 103 與 110 step·min⁻¹，由所得的 HR 與 $\dot{V}O_2$ 數值，可算出相對強度分別為與 54.3 與 61.7% HR_{max}，及 34.6 與 44.1% $\dot{V}O_{2max}$ 。

又假想 1MET (3.5ml·min⁻¹·kg⁻¹) 為安靜狀態的，將上下樓梯的心肺反應換算成的 % $\dot{V}O_2R$ 相對強度，則推算走上樓梯活動對男女性的強度分別約為 79.0 與 86.7% $\dot{V}O_2R$ ，走下樓梯則只有 29.3 與 38.8% $\dot{V}O_2R$ 。由結果發現，走上樓梯時的強度不但達到甚至超過 ACSM 的建議範圍（70-85% HR_{max}，55-75% $\dot{V}O_{2max}$ ，60-80% $\dot{V}O_2R$ ）（ACSM, 2000），而走下樓梯所選的速度雖然較上樓快，但強度均過低，未達建議範圍。此研究由於受到樓層的限制，上下樓的時間在 1.75-2.02min

內完成，但在理論上，恆定負荷持續運動下，達穩定狀態的時間為3-6min，若負荷較低，也至少需3min (Whipp and Wasserman, 1972)，因此對於此研究中的受試者是否達到穩定狀態，仍需質疑。

三、不同走樓梯速度的心肺反應與相對強度

不論走上樓梯或走下樓梯，其心肺反應會隨走樓梯的速度增加而上升，但在相同速度下，走上樓的強度可高出走下樓的1.5-3倍，是根據不同的換算強度而異 (HR_{max} 或 %HRR)。根據1999年行政院勞委會委託衛沛文所發表的公代謝基本資料之研究(二)中，設定三種走上、下樓梯的速度 ($60, 80, 100 \text{ step}\cdot\text{min}^{-1}$)，測量健康中年男性勞工，在個別速度下的心肺功能反應與能量消耗研究報告。其中並無測量最大強度運動下的心肺反應，則以年齡做為推估 HR_{max} 的方法，所得 HR_{max} 約 $181.5 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$ 為，並以安靜坐姿時的平均 $HR 71.5 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$ 最為安靜心跳率，則上樓梯的強度依序約為 78.0, 77.7, 88.2 % HR_{max} 或 63.7, 63.2, 80.5% HRR，下樓梯時的強度則為 55.5, 52.0, 58.5% HR_{max} 或 27.3, 20.8, 31.5% HRR，相較於2000年ACSM所建議之運動強度 (70-85% HR_{max} 或 60-80% HRR)，無論是換算成何種HR的相對強度，上樓梯運動均達到建議量， $100 \text{ step}\cdot\text{min}^{-1}$ 的反應甚至高出建議量；下樓梯速度的強度均過低，其中也只有以 HR_{max} 所代表的相對運動強度勉強適合體適能較弱的族群 (2000年ACSM建議55-65% HR_{max} 或 40-50% HRR)，但有可能在低強度運動下，以相對於 HR_{max} 方式評估運動強度會有高估的情況。另外發現，無論在上樓梯或是下樓梯， $80 \text{ step}\cdot\text{min}^{-1}$ 的HR反應，反而較 $60 \text{ step}\cdot\text{min}^{-1}$ 時為低，可推論

此速度為走樓梯時的最佳速度，這與跑步的經濟效益（running economy）道理相似，但由於此研究中並無包括 70 與 90 step·min⁻¹ 的測量，無法更精確的判定最佳速度的範圍。



第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

受試者為身體健康、非吸煙與非受過運動訓練之 18 歲至 24 歲男性大學生 8 位；BMI 在國人正常範圍內 ($18.5 \leq \text{BMI} \leq 24.0$)，並無心血管疾病、高血壓（心縮壓 $< 130 \text{mmHg}$ ，心舒壓 $< 85 \text{mmHg}$ ）、肺疾病、肝與腎疾病、骨骼或神經肌肉障礙等。

實驗前召開實驗前說明會，詳盡說明實驗目的、流程、方法，在開始實驗前受試者皆簽署「受試者須知同意書」及「健康情況調查表」，填寫基本資料及測量身高、體重與心跳。

第二節 實驗地點

中國文化大學體育館之室內樓梯，經由 8 樓至 B2 樓。

第三節 研究過程

本研究在實驗上分成二大測試部分：(1) 安靜狀態的心肺反應、(2) 上下樓梯之心肺反應。使用 VO_2 、 VCO_2 計算出呼吸交換比率換算能量消耗。所有測量項目均在一週內完成。測試前至少 2 小時內禁止飲食，以防止對消化過程產生不適。心肺反應測量與其他測量時間至少間隔 48 小時。走樓梯活動的測量均先測量走下樓梯，再測量走上樓梯，每次上樓或下樓之前必須休息 10-15min，以避免累積疲勞而影響實驗數據，過程中受試者不可跑跳及扶手把，走樓梯需配戴 Polar 心律遙測器 (POLAR, Polar RS800) 以測量心跳率，步速由電動節

拍器控制，背上攜帶式採氣面罩，確認面罩其緊貼於受試者臉頰無漏氣情形，連接至氣體分析儀（META MAX 3B），收集並分析氣體；每個運動實驗當天前至少 2 小時必須用餐完畢，所有的測量項目均在 2 週內完成。茲將本研究過程繪製如圖 1。



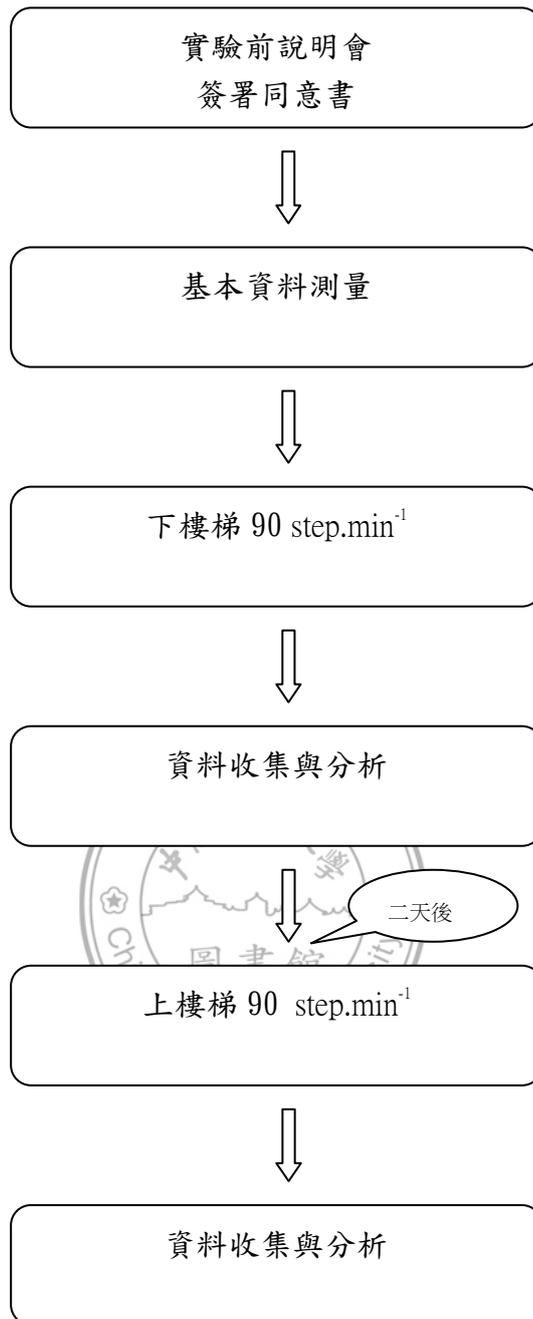


圖 1 研究過程圖

第四節 測量方法

一、身高與體重測量

身高是指身體站立伸直和脫鞋之長度，受試者背向身高計，雙腳

合併於站台上，眼看正前方，度量衡桿僅接觸頭部最高點（不含頭髮）的高度。體重由平衡桿式體重計測量，測量時須脫鞋並沒有附帶任何物件，僅穿著輕便簡單的運動服。

二、心跳率測量

受試者身上配掛心律遙測器（POLAR，Polar RS800），紀錄開始走上樓梯與走下樓梯第四分鐘之心跳率。

三、採氣面罩

受試者背上攜帶式採氣面罩，測量用面罩為低死腔（dead space）型（24-50mL），漏氣之檢查是在覆蓋其出入氣口後由受試者用力呼氣，重覆檢查至無漏氣現象為止。適應面罩 5 min 開始作業單元的能量消耗測量。

四、能量消耗

以氣體分析儀（META MAX 3B）每 30 秒收集一次資料，進而計算每分鐘之攝氧量與呼吸交換率（relative metabolic rate；RMR），並配合非蛋白呼吸交換率（R 值）對照表（Zuntz, 1901）來計算能量消耗，作為本實驗能量消耗及能量利用來源計算之依據。

五、上下樓梯能量消耗測量

本實驗室在 10 層樓高的文化大學體育館室內樓梯進行，階梯平均高 16.5cm，每迴轉處行走 6 步，共計 286 步。當使用 $90 \text{ step}\cdot\text{min}^{-1}$

速度走完 10 層樓需要花費 3.5 min 的時間，超過此速度的活動就不足 3 min，但是身體活動至少需要 3 min 後才開始進入生理穩定狀態，隨後收集 3 min 有效生理數據，所以需要 5 min 身體活動時間，因此為了預先增加活動時間，本研究設計在實際走上或下樓梯前，從事與走樓梯速度相等強度之運動後再接連實際走樓梯活動，以達到 5 min 的有效身體活動時間。走下樓梯前預先從事的替代運動是原地踏步，走上樓梯則是原地登階。

第五節 資料處理與統計方法

資料之計算與統計分析處理使用 SPSS 12.0 中文版 for PC。本研究受試者的基本資料以平均數 \pm 標準誤 (mean \pm SEM) 表示，男性大學生上樓梯與下樓梯在心跳率 (HR)、通氣量 ($\dot{V}E$)、攝氧率 ($\dot{V}O_2$)、代謝當量 (MET) 與能量消耗上的差異及生理反應比較，以相依樣本 *t*-test 分析上下樓梯兩組之差異，顯著水準 $\alpha = .05$ 。

第肆章 結果與討論

第一節 基本資料

本研究受試者各項基本資料整理如表 1，研究受試者均為年齡 19.8 ± 0.6 歲的健康大一、大二男性大學生，因為他們的課業是最繁多，相對地在學校裡上下樓梯是最為頻繁；平均身高 170.8 ± 2.4 公分，最大值 173 公分，最小值 168 公分，身高差距高度 5 公分；平均體重 62.7 ± 7.1 公斤，最大值 69 公斤，最小值 55 公斤，沒有肥胖的傾向；身體質量指數平均在 $21.2 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$ ，在國人正常標準值範圍內 ($18.5 \leq \text{BMI} \leq 24.0$)；安靜心跳率平均 $73.8 \pm 3.4 \text{ bpm}$ ，最大值 77bpm，最小值 70bpm；安靜攝氧量平均 $0.28 \pm 0.07 \text{ (ml/kg/min)}$ 。

表 1 受試者各項安靜基準值表 (N=8)

項目	平均數	標準差	最大值	最小值
年齡 (歲)	19.88	0.64	20.52	19.23
身高 (公分)	170.88	2.42	173.29	168.46
體重 (公斤)	62.73	7.19	69.91	55.54
身體質量指數 (kg/m^2)	21.28	1.82	23.10	19.45
安靜心跳率 (bpm)	73.88	3.40	77.27	70.48
安靜攝氧量 (ml/kg/min)	0.28	0.07	0.39	0.18

第二節 上下樓梯生理反應之比較

一、心跳率

上樓梯HR的平均數143.88bpm，下樓梯HR的平均數81.25bpm，t值6.69， $P<.05$ ，有顯著差異，表示走上樓梯的運動強度顯著大於走下樓梯，所以可見上下樓梯會影響HR的變化，HR的相依樣本t-test整理如表2

表 2 上下樓梯心跳率之比較

	個數	平均數	標準差	自由度	t 值
HR-上	8	143.88 bpm	28.04	7	6.69*
HR-下	8	81.25 bpm	5.50		

* $P<.05$

二、換氣量

上樓梯 $\dot{V}E$ 的平均數49.64 l/min，下樓梯 $\dot{V}E$ 的平均數23.06 l/min，t 值 10.41， $P<.05$ ，有顯著差異，所以可見上下樓梯會影響 $\dot{V}E$ 的變化， $\dot{V}E$ 的相依樣本 t-test 整理如表 3

表 3 上下樓梯換氣量之比較

	個數	平均數	標準差	自由度	t 值
VE-上	8	49.64 l/min	8.50	7	10.41*
VE-下	8	23.06 l/min	3.29		

* $P<.05$

三、攝氧量

上樓梯 $\dot{V}O_2$ 的平均數 30.93 ml/min/kg，下樓梯 $\dot{V}O_2$ 的平均數 15.38 ml/min/kg，t 值 8.14， $P < .05$ ，表示有顯著差異，也表示走上樓梯所需的 $\dot{V}O_2$ 是走下樓梯的一倍，所以可見上下樓梯會影響 $\dot{V}O_2$ 的變化， $\dot{V}O_2$ 的相依樣本 t-test 整理如表 4。

表 4 上下樓梯攝氧量之比較

	個數	平均數	標準差	自由度	t 值
VO ₂ -上	8	30.93 ml/min/kg	3.37	7	8.14*
VO ₂ -下	8	15.38 ml/min/kg	3.41		

* $P < .05$

四、代謝當量

上樓梯 MET 的平均數 8.84 METs，下樓梯 MET 的平均數 4.16 METs，t 值 8.78， $P < .05$ ，表示有顯著差異，所以可見上下樓梯會影響 MET 的變化，走上樓梯所需的能量消耗的大於走下樓梯，MET 的相依樣本 t-test 整理如表 5。

表 5 上下樓梯代謝當量之比較

	個數	平均數	標準差	自由度	t 值
MET-上	8	8.84 METs	0.96	7	8.78*
MET-下	8	4.16 METs	1.28		

* $P < .05$

五、能量消耗

計算每分鐘之攝氧量與呼吸交換率（relative metabolic rate；RMR），並配合非蛋白呼吸交換率（R 值）對照表（Zuntz, 1901）來計算能量消耗，上樓梯能量消耗的平均數 9.64 kcal/min，下樓梯能量

消耗的平均數 4.65 kcal/min，走上樓梯平均每一層樓需要消耗能量 0.96 kcal/min，走下樓梯平均每一層樓需要消耗能量 0.47 kcal/min。

第三節 綜合討論

一、上樓梯的能量消耗

本實驗上樓梯所產生的能量消耗與衛沛文（1999）勞委會勞工能量代謝研究比較，本實驗產生 8.8 METs，勞委會的研究產生 7.7METs，這樣的差異可能原因是受試者的年齡、實驗方法、階高不同，雖然兩個研究都是使用一般室內樓梯，但本研究在實際走樓梯前有採用替代活動（原地登階），而且本實驗的體育館室內樓梯七樓與八樓都有挑高。有研究（Valencia 等，1992）指出身體的環境溫度在 20-30°C 之間不會影響能量消耗，本研究沒有將環境溫度這項因素列入考量。

Ainsworth 等（2000）發表各種身體活動概要，其中走上樓梯的強度為 8 METs，是屬於中等強度身體活動，由於 Ainsworth 等（2000）走上樓梯 8 METs 的能量消耗是使用問卷和登階公式估計得出的，與本研究得到相似的結果。

二、下樓梯的能量消耗

Ainsworth 等（2000）提出各種身體活動的概要，其中走下樓梯為 3METs，屬於輕量強度身體活動，這樣的結果並不是實際走樓梯而得到的，而是使用問卷和登階公式估計得到的。本研究是實測大樓室內樓梯所產生的能量消耗，以 90 step·min⁻¹ 的速度上下樓梯，產生

的能量消耗 MET 為下樓梯 4MET，與 Ainsworth 等（2000）的研究類似。

三、上下樓梯能量消耗之比較

過去以相對代謝率（relative metabolic rate；RMR）作為運動強度指標，近年來卻為 METs 所取代，對照身體活動之能量消耗預估值（estimate energy expenditure during selected activities），將運動中能量的需求簡單量化，每公斤體重每分鐘消耗 3.5 毫升的氧為 1MET，氧的消耗反應能量的需求，活動越激烈就表示需要的氧越多。

本研究走下樓梯 MET 的平均數 4.1，顯示與運動處方的太極拳、桌球同等強度，走上樓梯 MET 的平均數 8.8，與運動處方的網球單打、籃球比賽、橄欖球競賽同等強度，從這個數據可以得知，走上樓梯的能量消耗是走下樓梯的兩倍，這也表示走上樓梯的耗氧量是走下樓梯的兩倍！

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究發現走上樓梯是屬於激烈身體活動 (8.84 METs)，走下樓梯皆是屬於中度身體活動 (4.16 METs)。18-24 歲男性大學生從事走上樓梯運動來增加心肺功能，即達到 ACSM 建議健康成人達到心血管益處的運動強度，走下樓梯則達到建議的中度運動強度。

本研究不論是走上樓梯或是走下樓梯的各項研究數據 (HR、 $\dot{V}E$ 、 $\dot{V}O_2$ 、MET)，與安靜值均達到顯著差異水準 ($P < .05$)，根據本實驗研究目的，得知走上樓梯的心跳率 143 次/分，有達到運動體適能心跳率 130 次/分的標準，而走上樓梯的運動強度是走下樓梯的兩倍，上下樓梯每分鐘分別消耗 9.64 與 4.64 卡，研究結果顯示大學生走樓梯運動有益於能量消耗，達到身體活動的目的。

第二節 建議

本研究主要是針對 18-24 歲健康男性大學生，且身體質量指數在正常範圍內，建議未來研究以此為樓梯運動訓練之參考，以利瞭解是否有效的達到改善心肺適能的目標。故本研究不適用於女性、非健康者和身體質量指數不在此範圍內者。本研究在估計上下樓梯能量消耗的變項中還缺乏樓梯運動的機械效率和能量消耗之關係，並建議未來研究可以加入腿長與樓梯斜度為估計變相或是其他族群作上下樓梯的相關研究。

參考文獻

一、中文部分

張復華 (2005)。走樓梯活動攝氧率—心跳率的關係。國立體育學院運動科學研究所碩士論文。未出版。

陳皓羽 (2005)。50-69y 男性不同速度走上與走下樓梯之能量消耗。

國立體育學院運動科學研究所碩士論文。未出版。

衛沛文 (1999)。勞工代謝基本資料之研究 (二)。台北市：勞委會。

衛沛文 (2004)。國人日常生活身體活動量之熱能消耗。台中市：國健局。



二、英文部分

Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., O'Brien, W. L., Bassett, D. R., Schmitz, K. H., Emplancourt, P. O., Jacobs, D. R. & Leon, A. S.(2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 32(9): s498-s516.

American College of Sports and Medicine (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*, 6th Ed., Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia. USA.

American College of Sports and Medicine (2001). *ACSM's resource*

manual for guidelines for exercise testing and prescription. 4th Ed., Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, USA.

Bassett, D. R, Vachon, J. A., Kirkland, A. O., Howley, E., Duncan, G. E. & Johnson, K. R.(1997). Energy cost of stair climbing and descending on the college alumnus questionnaire. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 29(9), 1250-1254.

Bonder, B. R. & Wangner, M. B.(1994). Functional performance in older adults. *F.A. Davis Company: Philadelphia*.

Boreham, C. A. G., Wallace, W. F. M. & Nevill, A.(2000). Training effects of accumulated daily stair-climbing exercise in previously sedentary young women. *Preventive Medicine*, 30(4), 277-281.

Brawner, C. A., Keteyian, S. J. and Ehrman, J. K.(2002). The relationship of heart rate reserve to $\dot{V}O_2$ reserve in patients with heart disease. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 34(3), 418-422.

DeBenedrte, V.(1990). Stair Machines: the truth about this fitness fat. *The Physician and Sportmedicine*, 18(6), 131-134.

Fardy, P. S. & Ilmarinen J.(1975). Evaluating the effects and feasibility of an at work stairclimbing intervention program for men. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 7(2), 91-93.

Holland, G. J., Hoffmann, J. J., Vincent, W., Mayers, M., & Caston, A.(1990). Treadmill vs. steptreadmill ergometry. *The Physician and Sportsmedicine*, 18(1), 79-85.

Kamon, E. & Ramanathan, N. L.(1974). Estimation of maximal aerobic power using stairclimbing – a simple method suitable for

industry. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 35(4), 181-188.

Koszuta, L. E.(1987). Can fitness be found at the top of the stairs? *Physician Sportsmedicine*, 15(2), 165-169.

Leon, A. S., Casal, D., & Jacobs, D. Jr.(1996). Effects of 2000 kcal per week of walking and stair climbing on physical fitness and risk factors for coronary heart disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 16, 183-192.

Londeree, B. R. & Ames, S. A. (1976). Trend analysis of the % $\dot{V}O_{2max}$ -HR regression. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 8(2), 122-125.

Londeree, B. R., Thomas, T. R., Ziogas, G., Smith, T. D., & Zhang, Q.(1995). % $\dot{V}O_{2max}$ versus % HR_{max} regressions for six modes of exercise. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 27(3), 458-461.

Loy, S. F., Holland, G. J., Mutton, D. L., Hoffmann, J. J., Snow, J., Vincent, W. J., & Shaw, S.(1991). Effects of stair climbing vs. run training on treadmill and track running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 12,342.

Loy, S. F., Holland, G. J., Mutton, D. L., Hoffmann, J. J., Snow, J., Vincent, W. J., & Shaw, S(1993). Effects of stair-climbing vs. run training on treadmill and track running performance. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 25(11), 1275-1278.

Loy, S. F., Conley, L. M., Sacco, E. R., Vincent, W. J., Holland, G. J.,

Sletten, E. G., & Trueblood, P. R.(1994). Effects of stair climbing on $\dot{V}O_{2\max}$ and quadriceps strength in middle-aged females. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 26(2), 241-247.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L.(2000). *Essentials of exercise physiology* (2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, U.S.A.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L.(2001). *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins: Philadelphia, U.S.A.

Oldenburg, F. A., McCormack, D. W., Morse, J. L. C. & Jones, N. L.(1979). A comparison of exercise responses in stair climbing and cycling. *Journal of Applied Physiology*, 46(3), 510-516.

Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., King, A. C., Kriska, A., Leon, A. S., Marcus, B. H., Morris, J., Paffenbarger, R. S., Patrick, K. Jr., Pollock, M. L., Rippe, J. M., Sallis, J., & Wilmore, J. H.(1995). Physical activity and public health: A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and American College of Sports Medicine. *Journal of American Medical Association*, 273(5), 402-407.

Strath, S. J., Swartz, A. M., Bassett, D. R., O'Brien, W. L. Jr., King, G. A. & Ainsworth, B. E.(2000) Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Medicine*

Science in Sports and Exercise, 32(9), Suppl.: S465-470.

Swain, D. P.(2000). Energy cost calculation for exercise prescription. *Sports Medicine*, 30(1), 17-22.

Swain, D. P. & Leutholtz, B. C.(1997). Heart rate reserve is equivalent to % $\dot{V}O_{2\text{REST}}$, not to % $\dot{V}O_{2\text{max}}$. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 29(3), 410-414.

Swain, D. P., Leutholtz, B. C., King, M. E., Hass, L. A. & Branch, D.(1998). Relationship between % heart rate reserve and % $\dot{V}O_{2\text{REST}}$ in treadmill exercise. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 30(2), 318-321.

The, K. C., & Aziz, A. R.(2002). Heart rate, oxygen uptake, and energy cost of ascending and descending the stairs. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 34(4), 695-699.

Thomas, T. R., Feiock, C. W., & Araujo, J. (1989). Metabolic responses associated with four modes of prolonged exercise. *Journal of Sports Medicine*, 29, 77-82.

Thomas, T. R., Ziogas, G., Smith, T., Zhang, Q., & Londeree, B. R.(1995). Physiological and perceived exertion responses to six modes of submaximal exercise. *Research Quarterly of Exercise and Exercise*, 66(3), 239-246.

Whipp, B. J., & Wasserman, K. (1972). Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *Journal of Applied Physiology*, 33(3), 351-356.

Zeni, A. I., Hoffman, M. D., & Clifford, P. S.(1996). Relationships heart rate, lactate concentration, and perceived effort for different types of rhythmic exercise in woman. *Arch Physical Medicine Rehabilitation* , 77, 237-241.

Zeni, A. I., Hoffman, M. D., & Clifford, P. S.(1996). Energy expenditure with indoor exercise machines. *Journal of American Medicinal Association*, 275(18), 1424-1427.



受試者須知同意書

依實驗研究之規定，為了維護受試者的健康與權利，研究者有責任將研究過程向受試者說明清楚，隨時回答受試者所提的問題；並且保護受試者的健康與權益。受試者如果改變意願時，應當通知研究者，可以隨時退出實驗而 不受任何的 限制。

本研究題目是：**大學生上下樓梯能量消耗與生理反應之比較研究**

在本實驗中，您將接受一週內連續兩天的上樓梯與下樓梯實驗。為獲得正確的研究結果，請您遵守下列事項：

1. 研究期間請穿著輕便之運動服裝及運動鞋。
2. 測試時請勿保留實力，以最大努力完成測驗。
3. 測試期間不得參加其他激烈運動項目訓練。
4. 請據實寫健康情況調查表。

本研究所獲得的資料僅供研究之用，絕對保密。本研究需要您的參予與合作。請在下表姓名欄內簽名表示同意並願意遵守『受試者須知』內所列之各項有關規定。

受試者簽名：

日期：98 年 月 日

謝謝您的協助與配合

研 究 生：黃士育

指導教授：林正常 博士

附錄二

健康情況調查表

本表主要幫您了解自身健康情況，並協助測驗人員在實驗前是否需要更進一步的健康檢查。過去一年內，醫師是否告訴您有下列情況，請您在有、無、不確定的欄中打√。

	有	無	不確定
1. 高血壓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 心臟病或心血管疾病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 糖尿病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 支氣管炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 貧血	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 心律不整	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 藥物過敏	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 氣喘	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 緊張，情緒或心理異常	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 經常性胃痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. 暈倒或失去知覺	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. 下背痛	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. 過去一個月之內曾否遭受運動傷害？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
為什麼？			
14. 過去一年內曾否住過院？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
為什麼？			
15. 過去半年內，是否有其他病症發生	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
請說明 _____			



姓名：

填表日期 98 年 月 日

附錄三

受試者 基本資料

姓 名	
年 齡	
身 高	cm
體 重	kg
BMI (身體質量指數)	kg.m⁻²
安 靜 心 跳	

備註：

