

不同負重與速度對上坡走耐力指標之探討

李玉麟*¹ 林建豪² 王威承¹

¹臺灣 基隆市 203 私立經國管理暨健康學院觀光休閒與健康系

²臺灣 桃園市 320 私立中原大學體育室

摘要

背景：登山常會依照登山行程、高度、天氣與困難度而攜帶不同的裝備，也間接影響到攀登者的負荷重量；尋找適當的負荷組合來自我訓練是需要的。**目的：**探討在上坡 10% 實施不同負重強度對各速度刺激下心跳率 (Heart Rate, HR)、乳酸值 (Lactate, La)、運動自覺量表 (Rating of Perceived Exertion, RPE) 之比較。**方法：**招募 12 位自願參加之健康有運動習慣之大專生，瞭解實驗流程後且填寫疾病調查表和志願參與同意書後，以平衡次序法將 12 位分成 A、B、C 三組，每組都要在跑步機上執行 2km/h、3km/h、4km/h、5km/h (皆 10%)、5km/h 12.5% 和 5km/h 15% 的強度負荷、每一階速度實施 5min、不同負重強度 (無負重、負重 8kg、負重 16kg) 的檢測，來觀察每組每階段 HR、La 與 RPE 之變化。資料處理將以描述統計方式呈現基本資料與各檢測數據，以重複量數變異數分析來探討不同負重與各速度下檢測參數的差異，如有顯著再以 LSD 事後檢驗，研究顯著水準皆定為 $\alpha = .05$ 。**結果：**心跳率訓練模式以 3km/h 搭配 10% 16kg 或是 4km/h 搭配 10% 0 負重與 8kg 負重；乳酸值和 RPE 訓練模式則設為 4km/h 搭配 10% 16kg 或 5km/h 搭配 10% 8kg。**結論：**本研究獲悉心跳率、乳酸值和運動自覺量表此三種生理參數，會受到速度、坡度與自體負重的影響。而結果可供登山愛好者欲實施登山前之參考依據。

關鍵詞：心跳率、有氧閾值、運動自覺量表

* 通訊作者

Discussion on the Endurance Index of Uphill Walking with Different Loads and Speeds

Yu-Ling, Lee ^{*21} Chien-Hao, Lin ² Wei-Cheng, Wang ¹

¹ Department of Tourism, Leisure and Health, Ching-Kuo Institute of Management and Health, Keelung 203, Taiwan

² Office of Physical Education, Chung Yuan Christian University, Taoyuan 320, Taiwan

Abstract

Background : Mountaineering often carry different equipment in accordance with the degree of mountaineering trip, altitude, weather and difficulties, which indirectly affects the load weight of the hiker; it is necessary to find the appropriate load combination to train. **Purpose:** To explore the comparison of heart rate (HR), Lactate (La), and Rating of perceived Exertion (RPE) under different weight-bearing intensities at 10% uphill. **Method :** recruit 12 voluntarily participating college students who are healthy and have exercise habits. After understanding the experimental procedure and filling in the disease survey form and voluntary participation consent form, the 12 students are divided into three groups A, B, and C using a balanced sequence method, everyone must carry no weight, load 8kg, 16kg on the treadmill to perform 2-5 km/h (all 10%), 5km/h 12.5% and 5km/h 15% to observe the comparison of HR, La and RPE of each group at each stage of intensity load by endurance test. The data processing will present the basic data and each test data in a descriptive statistical manner, The data processing will present the basic data and each test data in a descriptive statistical manner, and use the repeated quantity variance analysis to explore the difference between each group at each speed. If it is significant, then use LSD post-test to determine. The significance level of the study is $\alpha = .05$. **Result:** The heart rate training mode can be 3 km/h speed, 10% 16kg or 4km/h speed, 10% 0kg and 10% 8kg. La and RPE mode training is 4km/h speed, 10% 16kg and 5km/h speed, 10% 8kg. **Conclusion:** It is understood that HR, La and RPE are affected by speed, slope and load. It can be used as a reference for hikers to implement before hiking.

* Corresponding Author

壹、問題背景

臺灣地形約 35% 是屬於山地地形 (>1000m)，孕育了登山多元化，有郊山健行、中級山探勘、高山縱走、技術攀登 (冰攀、溯溪、攀岩)、以及至海外遠征，而傳統多天的高山縱走仍是大部分登山者的最愛，甚至登山前輩選定 100 座超過 3000m 有特色的山頭當作登山者的目標，稱為「百岳」。然而，高山縱走會依照登山的時間多寡、行程有無山莊居住、高度、天氣與路線困難度而攜帶適合該趟路線的裝備，也間接影響到登山愛好者的負荷重量。在重量負荷上，有超輕量化 (Ultralight，基本重量：係指背包中全部的裝備，扣除食物、水、燃料等消耗品以及身上衣物後的總重量，約為 2.27-4.5kg)、輕量化 (Lightweight，一般的輕裝，基本重量低於 20 磅約 9.0kg) 和傳統重量 (Traditional，基本重量超過 25 磅約 11.3kg 或背包重量大約 35 磅或 15.8kg) 為建議負荷強度 (Don, L., & Mike, C, 2013)。例如：攀登國內玉山主峰 (3952m，需有入園資格才能攀登)，路途中排雲山莊 (3402m) 可供居住以及不易申請 (116 個床位須抽籤)，將面臨排雲山莊中籤者只需要背負一般基本配備的輕量化負荷重量，可減少攜帶帳篷、睡袋、與在山莊搭伙的晚餐和早餐，或是未中籤者要負重傳統重量到圓峰營地。

又因為登山地形為上坡、下坡與平面的路段，坡面角度將會影響踏足點而危及行進安全 (Marion & Leung, 2004)；登山者亦要背負裝備行走多時、多日，上坡對心肺系統造成很大的負擔，下山對肌肉是離心收縮，會產生非常大的肌肉損傷。有研究歸納指出，墜落事件部分歸因於下坡時引起的肌肉損傷以及上坡與平面走累積的疲勞 (Heggie & Heggie, 2009；Yamamoto & Yamazaki, 2003)，不得不加以防範與尋求解決之道。登山的研究顯示，除了實際攀登山徑和坡度 (Bärtsch & Saltin, 2008；Grainer et al., 2017；Howatson et al., 2011) 外，會利用跑步機行走來模擬上下坡 (Ahmadi, Sinclair, & Davis, 2008；Nakayama et al., 2019)，跑步機行走是常被用來模擬不同坡面的研究方式，在速度與坡度上比較容易控制。跑步機行走的速度上有自選行走速度 (self-selected walking speed, SSWS) (Cooper et al., 2011；Gault, Clements, & Willems, 2012) 和控制行走速度 (Control walking speed, CWS) (Maeo, Yamamoto, Kanehisa, & Nosaka, 2017；Nakayama et al., 2019)，SSWS 常用在病患與高齡者，而 CWS 則用在一般人。至於坡度上的變化設定非常繁多，有運用上下坡 $\pm 5\%$ (Abe, Fukuoka, & Horiuchi, 2017；Nakayama et al., 2019)；上下坡 $\pm 10\%$ (Bakhtiary, Safavi-Farokhi, & Aminian-Far, 2007；Cleary, Sweeney, Kendrick, & Sitler, 2005)；以及單純的下坡 -12% (Cleary, Sitler, & Kendrick, 2006)；下坡 -15% (Nottle & Nosaka, 2005)；下坡 -25% (Ahmadi et al., 2008；Girard et al., 2018)、下坡 -28% (Maeo, Ochi, Yamamoto, Kanehisa, & Nosaka, 2015)。在負重強度上，有背負自體重量 12% (Girard et al., 2018)、自體重量 10% (Maeo et al., 2015) 和設定的固定重量 (Paul et al., 2016) 等模式，自體重量與下坡走常被建議為觀察肌肉損傷方法之一 (Maeo et al., 2015)。所以，背負重量利用跑步機模擬上下坡行走將可視為登山的訓練方法之一。

臺灣坊間常聽到要成為臺灣人須完成三件事：一是攀登玉山、二是泳渡日月潭，三是

自行車環島，又以攀登玉山為首要目標。以玉山主峰攀登，塔塔加登山口至排雲山莊，高度差為 792m，距離 8.5km，平均坡度為 9.3%，以輕量化方式行走，而排雲山莊至玉山主峰（海拔高度 3952m）平均坡度為 22.9%，以超輕量化方式行走；對於攀登時間參考都是以上河團隊（2015）所出的地圖為主要依據，塔塔加登山口至排雲山莊的速度為 2.31km/h，約行走 220min，排雲山莊到玉山主峰為 0.96km/h，約行走 160min。面對心肺功能指標，常以最大攝氧量或最大心跳率為主要依據，然而，在不追求速度項目的登山活動，反而是乳酸閾值 (Lactate Threshold, LT) 指標更貼切於登山活動；因為，處於有氧閾值或有氧-無氧閾值區間時，脂肪的代謝運用較高可減緩肌肉肝醣的消耗，甚至避免蛋白質分解 (Neumann, 1990)；且不易堆積過高的乳酸而使氫離子過高而導致疲勞產生，將無法持續正常進行活動。有鑑於上述的論點，如何尋找出最佳乳酸閾值速度，或是心跳率的最佳區間，將有助於日後攀登時速度調整之依據，則顯現的非常重要，所以，研究目的為探討在上坡 10% 實施不同負重強度對各速度刺激下生理參數 (HR、La、RPE) 之變化，並求取最佳化的訓練模式。

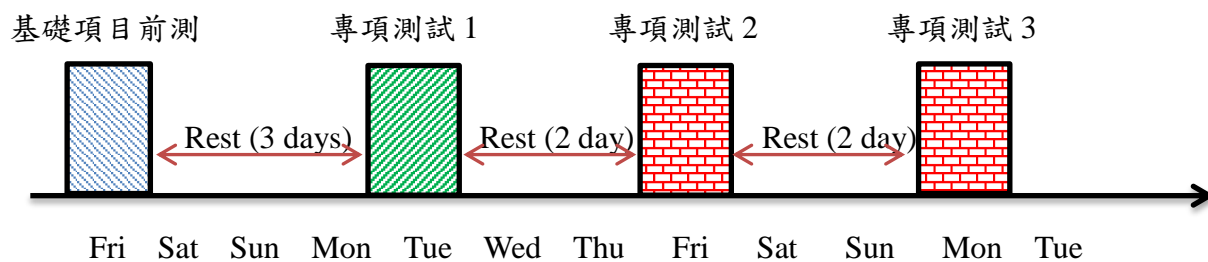
貳、研究方法

一、研究對象

我們於經國學院張貼招募志願受試者海報，招募 12 位自願參加之健康有運動習慣（每週運動頻率 > 2 次）之大專生（身高 171.75 ± 8.37 ；體重 71.08 ± 10.87 ；年齡 20.63 ± 0.66 ）。排除條件為填寫疾病調查表後，有心血管疾病或慢性病、有膝蓋關節炎者。實驗前會告知實驗時應注意事項，避免不平常的體力活動，與簽署受試者知情同意書後，才成為正式受試者。

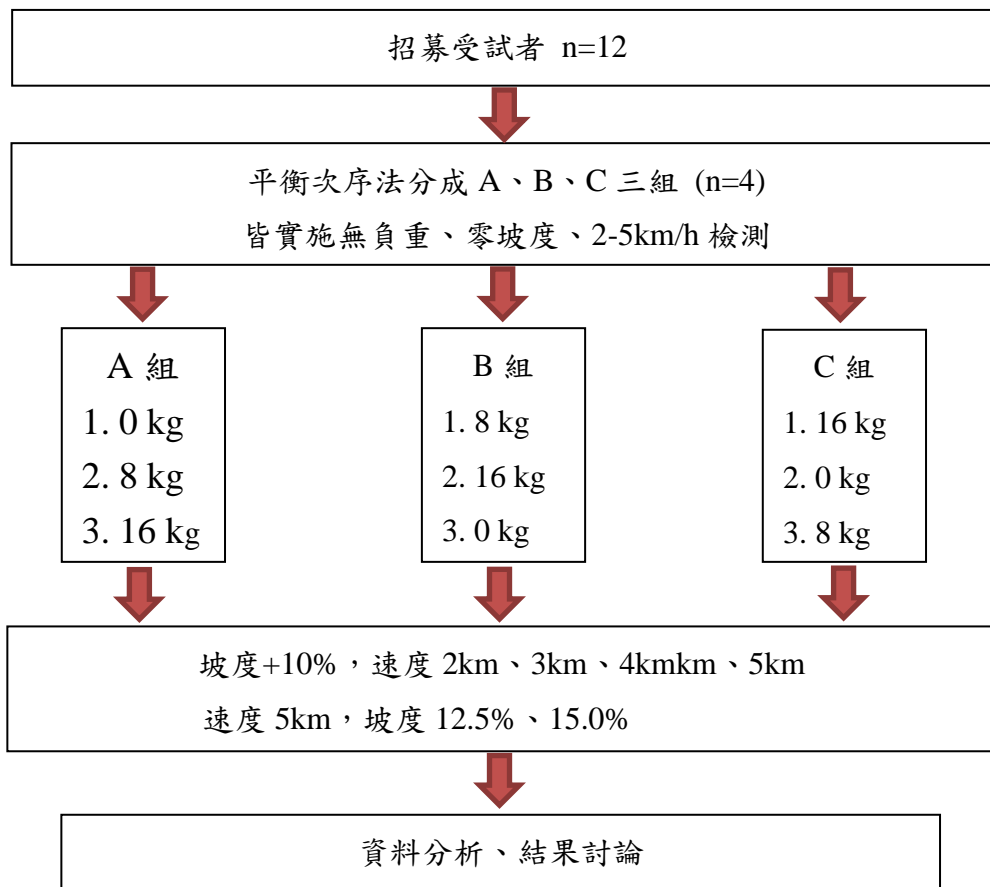
二、實施方法

以平衡次序法將 12 位分成 A、B、C 三組，每組都要在跑步機 (Matrix T5x) 上實施改良式階梯式基礎耐力檢測方法，先以無負重實施坡度 0%，速度 2km/h 直到 5km/h 為基礎值 (baseline)；再以不同負重強度（無負重、負重 8kg、負重 16kg）在 1.坡度+10%，速度從每小時 2km/h 直到 5km/h；2.速度 5km/h，坡度 12.5% 和 15.0%，共計 6 階段、每一階速度皆實施 5min、的基礎耐力檢測，來觀察每組每階段 HR、La 與 RPE 之比較（如圖一和圖二所示）。



圖一：檢測時間配置圖（模型）

實驗流程



圖二：實驗流程圖

三、實驗方法說明：

(一)、2-4mmol/l 改良式基礎檢測

傳統式 2-4 mmol/l 基礎耐力檢測為 Mader et al., (1976) 所提出，也是德國競技運動員和乳酸閾值實驗行之多年的檢測方式，其開始速度為 2 m/s (7.2 km/h)，每階實施 5 min，每上升一階增加 0.5 m/s (1.8 km/h)，直到受試者無法繼續維持速度為止；礙於研究對象為走路模式，基於安全考量，且考慮實際狀況走路速度不會到達 6km/h，將開始速度設為 2.0 km/h，每階 5min，坡度為 +10% (參照玉山攀登的平均上升坡度)，每上升一階增加 1.0km/h，直到受試者無法完成或最多測驗到 5.0km/h，即轉換為坡度調整，當無法完成或完成所有階段即停止。其測試方法如表一所顯示。檢測實施時，須配戴心率錶監控每階完成時的心跳率以及結束後第五分鐘觀察恢復狀況；另每階完成時，引導列舉出在 RPE 量表的主觀努力程度及結束後第五分鐘觀察恢復狀況。

表一：有氧-無氧閾值測試 (Mader et al., 1976)

步驟	測試強度	測試強度 (改良版，坡度+10%)
開始速度	2.0 m/s (7.2 km/h)	2.0 km/h
每階上昇負荷	0.5 m/s (1.8 km/h)	1.0 km/h
每階進行時間	5 min	5 min
每階休息	60s (採血，心跳率記錄)	60s (採血 10 μ l/次，心跳率記錄)
測試進行時間	運動員最大負荷	至 5.0 km/h 止，即改為上升坡度

a、檢測方式：完成一次正式 2-4mmol/l 改良式基礎檢測。

b、檢測參數：心跳率 (HR)、乳酸 (La)、運動自覺量表 (RPE)。

c、採集時間：

La：實驗前安靜值 (Rest)、每階結束後 (X)、結束後第五分鐘 (E5)

HR：X、E5

RPE：X、E5

(二)、負重強度

在重量負荷上，參考 Don, & Mike (2013) 的輕量化 (Lightweight，一般的輕裝，基本重量低於 20 磅約 9.0kg) 和傳統重量 (Traditional，背包重量大約 35 磅或 15.8kg) 的觀點。本研究的輕量化負重強度則參考一般商業團體舉辦玉山輕鬆行活動所建議攜帶的裝備，背包重量為 8kg；而傳統重量則設定為 16kg。

四、資料處理

以 IBM SPSS 20.0 統計套裝軟體的描述統計法表示受試者基本資料及測試數據。以重複量數相依樣本變異數分析，探討不同負重與速度下生物參數之差異；如有顯著以 LSD 事後檢驗法。以德國國家運動中心所研發之 Lactate EXPRESS 軟體，算出受試者個人的 2-4mmol/l 的有氧、無氧閾值。最後，本研究顯著水準皆定為 $\alpha = .05$ 。

參、結果與討論

一、結果

(一)、同質性變異數分析、受試者內效應與受試者間效應

在同質性變異數方面，心跳率 (HR) 的顯著性為.231，乳酸值 (La) 的顯著性為.547，運動自覺量表 (RPE) 的顯著性為 1.00，皆大於.05，三種生理參數都未達到顯著差異，可將各組視為同性質，之間沒有差異存在。而研究中耐力指標的組間與組內 (心跳率組內 $F=162.22$ ，組間 1673.30；乳酸組內 28.30，組間 89.60；RPE 組內 74.21，組間 1616.07，皆 $p<.05$) 是有差異存在。

(二)、心跳率 (HR)

針對兩種情況敘述。在同一個速度之下實施四種不同負荷強度，對於 0% 0 負重，2km/h 速度下，10% 0 負重 (102.83 ± 9.68)、10% 8kg 負重 (109.92 ± 14.37) 和 10% 16kg 負重 (115.25 ± 19.92) 都有顯著差異，而 10% 0 負重對於 10% 16kg 負重有顯著差異；在 3km/h 速度下，0% 0 負重 (93.25 ± 13.92) 與 10% 0 負重 (111.67 ± 13.78)、10% 8kg 負重 (120.42 ± 14.18) 和 10% 16kg 負重 (130.00 ± 18.54) 都有顯著差異，而 10% 0 負重對於 10% 16kg 負重有顯著差異；4km/h 速度下，0% 0 負重 (98.33 ± 13.72) 與 10% 0 負重 (122.50 ± 15.11)、10% 8kg 負重 (135.17 ± 12.20) 和 10% 16kg 負重 (143.25 ± 18.66) 都有顯著差異，而 10% 0 負重對於 10% 8kg 和 10% 16kg 負重都有顯著差異；5km/h 速度下，0% 0 負重 (107.50 ± 14.46) 與 10% 0 負重 (137.08 ± 17.75)、10% 8kg 負重 (152.58 ± 15.85) 和 10% 16kg 負重 (160.92 ± 16.09) 都有顯著差異，而 10% 0 負重對於 10% 8kg 和 10% 16kg 負重都有顯著差異；結束後第五分鐘，10% 負重 8kg 與 16kg 對 0% 0 負重的有差異顯著 (如表二)。

表二：同速度不同負荷下的心跳率之差異比較

	0%，0 負重	10%，0 負重	10%，8kg 負重	10%，16kg 負重
安靜值	69.25 ± 1.66	68.67 ± 2.71	68.50 ± 2.88	67.92 ± 2.43
2km/h	86.83 ± 9.68	$102.83 \pm 9.68^*$	$109.92 \pm 14.37^*$	$115.25 \pm 19.92^{*#}$
3km/h	93.25 ± 13.92	$111.67 \pm 13.78^*$	$120.42 \pm 14.18^*$	$130.00 \pm 18.54^{*#}$
4km/h	98.33 ± 13.72	$122.50 \pm 15.11^*$	$135.17 \pm 12.20^{*#}$	$143.25 \pm 18.66^{*#}$
5km/h	107.50 ± 14.46	$137.08 \pm 17.75^*$	$152.58 \pm 15.85^{*#}$	$160.92 \pm 16.09^{*#}$
E-5	94.50 ± 11.63	104.33 ± 16.59	$115.25 \pm 14.97^*$	$116.67 \pm 13.29^{*#}$

$p < .05$ ，*為與 0% 0 負重比較；#為與 10% 0 負重比較。

在同速度不同坡度下，12.5% 0 負重 (147.58 ± 15.30) 對於 12.5% 8kg 負重 (164.08 ± 16.89) 和 12.5% 16kg (171.00 ± 15.01) 有顯著差異；同樣的，15.0% 0 負重 (161.00 ± 14.46) 對於 15.0% 8kg 負重 (174.08 ± 15.95) 和 15.0% 16kg (180.58 ± 14.50) 有顯著差異。而在同一重量不同坡度下，0 負重組在 15.0% 是顯著於 10.0% 和 12.5% 組，8kg 組是 15.0% 組與 10.0% 組有顯著差異，16kg 組亦是 15.0% 組與 10.0% 組有顯著差異 (如表三)。

表三：同速度不同坡度下的心跳率之差異比較

	0 負重	8kg 負重	16kg 負重
5km/h + 10% ¹	137.08 ± 17.75	$152.58 \pm 15.85^{\#}$	$160.92 \pm 16.09^{\#}$
5km/h + 12.5% ²	147.58 ± 15.30	$164.08 \pm 16.89^{\#}$	$171.00 \pm 15.01^{\#}$
5km/h + 15.0%	161.00 ± 14.46^{12}	$174.08 \pm 15.95^{\#1}$	$180.58 \pm 14.50^{\#1}$

$p < .05$ ，#為與 0 負重比較；¹為與 5km/h + 10% 比較；²為與 5km/h + 12.5% 比較。

而在同一負荷不同速度強度下，不管任何速度與負荷，對安靜值都是顯著差異；0% 0 負重下，2km/h (86.83 ± 9.68) 與 4km/h (98.33 ± 13.72) 和 5km/h (107.50 ± 14.46)是有顯著差異的，3km/h (93.25 ± 13.92) 的速度和 E-5 (94.50 ± 11.63)對 5km/h 的速度是有顯著差異的；在 10% 0 負重情況下，2km/h (102.83 ± 9.68) 速度與 4km/h (122.50 ± 15.11) 和 5km/h (137.08 ± 17.75) 的速度是有顯著差異的，3km/h (111.67 ± 13.78) 的速度和 4km/h 的速度與 5km/h 是有顯著差異的；10% 8kg 負重下，2km/h (109.92 ± 14.37) 速度與 4km/h (135.17 ± 12.20) 和 5km/h (152.58 ± 15.85)的速度是有顯著差異的，3km/h (120.42 ± 14.18) 的速度和 4km/h 的速度與 5km/h 是有顯著差異的；10% 16kg 負重下，2km/h (115.25 ± 19.92) 速度與 4km/h (143.25 ± 18.66) 和 5km/h (160.92 ± 16.09)的速度是有顯著差異的；在 E-5 的恢復心跳率，四組都達到 120min^{-1} 的標準 (如表四)。

表四：同負荷下不同速度下的心跳率之差異比較

	0%，0 負重	10%，0 負重	10%，8kg 負重	10%，16kg 負重
安靜值 ¹	69.25 ± 1.66	68.67 ± 2.71	68.50 ± 2.88	67.92 ± 2.43
2km/h ²	86.83 ± 9.68 ¹	102.83 ± 9.68 ¹	109.92 ± 14.37 ¹	115.25 ± 19.92 ¹
3km/h ³	93.25 ± 13.92 ¹	111.67 ± 13.78 ¹	120.42 ± 14.18 ¹	130.00 ± 18.54 ¹
4km/h ⁴	98.33 ± 13.72 ¹²	122.50 ± 15.11 ¹²	135.17 ± 12.20 ¹²³	143.25 ± 18.66 ¹²
5km/h ⁵	107.50 ± 14.46 ¹²³	137.08 ± 17.75 ¹²³⁴	152.58 ± 15.85 ¹²³⁴	160.92 ± 16.09 ¹²
E-5	94.50 ± 11.63 ¹⁵	104.33 ± 16.59 ¹⁴⁵	115.25 ± 14.97 ¹⁴⁵	116.67 ± 13.29 ¹⁴⁵

$p < .05$ ，¹ 為與安靜值比較；² 為與 2km/h 比較；³ 為與 3km/h 比較；⁴ 為與 4km/h 比較；⁵ 為與 5km/h 比較。

(三)、乳酸值 (La)

乳酸值的比較，0% 0 負重是基礎值 (baseline)，只要有 10.0%的坡度產生，不管有無負重，都到顯著差異；在 2km/h 速度下，10% 16kg 負重組 (1.03 ± 0.32) 與 10% 0 負重組 (0.77 ± 0.19) 有顯著差異；在 3km/h (0.91 ± 0.23 V.S. 1.20 ± 0.41)、4km/h (1.13 ± 0.26 V.S. 1.82 ± 0.85)、5km/h (1.86 ± 0.68 V.S. 3.45 ± 1.97) 速度下與 2km/h 情況相同；而 4km/h (1.34 ± 0.61 V.S. 1.82 ± 0.85) 與 5km/h (1.86 ± 0.68 V.S. 3.45 ± 1.97) 的 10% 8kg 與 10% 16kg 是有差異性的。在 5km/h 不同坡度下，12.5% (2.47 ± 0.78 V.S. 4.81 ± 2.53) 和 15.0% (3.18 ± 0.79 V.S. 6.66 ± 3.57) 的情境下，0 負重組和 16kg 負重組是有顯著差異的 (如表五)。

表五：不同負荷不同速度下的乳酸值之差異比較

	0%，0 負重	10%，0 負重	10%，8kg 負重	10%，16kg 負重
安靜值	0.68 ± 0.15	0.72 ± 0.32	0.76 ± 0.29	0.85 ± 0.25
2km/h	0.49 ± 0.99	0.77 ± 0.19*	0.86 ± 0.28*	1.03 ± 0.32*#
3km/h	0.49 ± 0.16	0.91 ± 0.23*	0.98 ± 0.39*	1.20 ± 0.41*#
4km/h	0.60 ± 0.78	1.13 ± 0.26*	1.34 ± 0.61*	1.82 ± 0.85 *#@
5km/h	0.70 ± 0.14	1.86 ± 0.68*	2.27 ± 1.25 *	3.45 ± 1.97*#@
5km/h +12.5%		2.47 ± 0.78	3.52 ± 1.80	4.81 ± 2.53#
5km/h+15.0%		3.18 ± 0.79	5.27 ± 3.11	6.66 ± 3.57#

p<.05，*為與 0% 0 負重比較；#為與 10% 0 負重比較；@為與 10% 8kg 負重比較。

(四)、運動自覺量表 (RPE)

在 2km/h 速度下，10% 16kg 組 (7.33 ± 1.72) 對 0% 0 負重 (6.00 ± 0.00)、10% 0 負重 (6.25 ± 0.62)、10% 8kg (6.25 ± 0.45) 三組都有顯著差異；3km/h 速度下，10% 16kg 組 (9.25 ± 2.14) 對 0% 0 負重 (6.00 ± 0.00)、10% 0 負重 (7.17 ± 1.80)、10% 8kg (7.92 ± 1.38) 三組亦都有顯著差異，另外，10% 8kg 組對 0% 0 負重組有顯著差異；在 4km/h 與 5km/h 速度下，0% 0 負重對 10% 的 0 負重 (6.08 ± 0.29 V.S. 8.50 ± 2.61；6.92 ± 1.16 V.S. 11.00 ± 2.80)、8kg 負重 (6.08 ± 0.29 V.S. 9.92 ± 2.07；6.92 ± 1.16 V.S. 12.42 ± 2.11) 和 16kg 負重 (6.08 ± 0.29 V.S. 11.08 ± 1.97；6.92 ± 1.16 V.S. 13.92 ± 2.15)；另外，10% 0 負重與 10% 16kg 負重，在 4km/h (8.50 ± 2.61 V.S. 11.08 ± 1.97) 和 5km/h (11.00 ± 2.80 V.S. 13.92 ± 2.15) 速度下是有顯著差異。在 5km/h 速度不同坡度下，在 12.5% 和 15.0% 的坡度下，8kg 組 (11.92 ± 1.83 V.S. 14.42 ± 2.23；13.75 ± 2.30 V.S. 16.25 ± 1.96) 與 16kg 組 (11.92 ± 1.83 V.S. 15.42 ± 2.11；13.75 ± 2.30 V.S. 16.92 ± 2.15) 對 0 負重組都有顯著差異，而 8kg 組與 16kg 組則沒有差異 (如表六)。

表六：不同負荷不同速度下的運動自覺量表之差異比較

	0%，0 負重	10%，0 負重	10%，8kg 負重	10%，16kg 負重
安靜值 ¹	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00
2km/h ²	6.00 ± 0.00	6.25 ± 0.62	6.25 ± 0.45	7.33 ± 1.72*#@1
3km/h ³	6.00 ± 0.00	7.17 ± 1.80 ¹	7.92 ± 1.38* ¹¹	9.25 ± 2.14*#@ ¹²
4km/h ⁴	6.08 ± 0.29	8.50 ± 2.61* ¹²	9.92 ± 2.07* ¹²³	11.08 ± 1.97 *# ¹²³⁴
5km/h	6.92 ± 1.16	11.00 ± 2.80 * ¹²³⁴	12.42 ± 2.11 * ¹²³⁴	13.92 ± 2.15*# ¹²³⁴
5km/h +12.5%		11.92 ± 1.83 ¹²³⁴	14.42 ± 2.23# ¹²³⁴	15.42 ± 2.11# ¹²³⁴
5km/h+15.0%		13.75 ± 2.30 ¹²³⁴	16.25 ± 1.96# ¹²³⁴	16.92 ± 2.15# ¹²³⁴

p<.05，*為與 0% 0 負重比較；#為與 10% 0 負重比較；@為與 10% 8kg 負重比較；¹為與

安靜值比較；²為與 2km/h 比較；³為與 3km/h 比較；⁴為與 4km/h 比較；⁵為與 5km/h 比較。

二、討論

登山會受到地形（上坡、下坡、平面）、低氧、有無背負重量、行走速度而影響行進中的生理參數。在本實驗中的心跳率部分，同樣地會受到速度的快慢、背負的重量和坡度的增加而使心跳率增加，這是符合運動生理學的理论規範。例如：Gault, et al (2012) 以上坡、平面與下坡做比較，上坡的心跳率明顯大於平面走和下坡走。但如果以登山的攀登觀點來探討，一般來說，會以最大心跳率的 70% 為有氧區域，對照本研究實驗對象的年齡，應該是 $220-20(\text{歲}) \times 70\% = 140\text{min}^{-1}$ 左右，如表二和表三所示，最佳閾值心跳率的組合應該是 3km/h 搭配 10% 16kg 或是 4km/h 搭配 10% 0 負重與 8kg 負重為最佳閾值訓練的刺激點。

如前言所述，在不追求速度項目的登山活動，反而是乳酸閾值 (Lactate Threshold, LT) 指標更貼切於登山活動。乳酸為醱解效應下，丙酮酸未到氧化階段而產生的中間產物，會因為肌肉收縮強度、有無氧化作用而導致堆積，過多乳酸堆積會產生氫離子過高而導致疲勞產生，將無法持續正常進行活動；但人體本身會因肌肉啟動克立循環與醱質新生作用而以乳酸為受質轉變成葡萄糖，而無氧閾值點 4mmol/l 為乳酸排除和乳酸生成的平衡點，如果訓練刺激該點，以理論上來說應該是維持乳酸恆定而延續運動的強度不至於疲勞產生。研究中發現，3km/h 都未超過 4mmol/l 無氧閾值點，4km/h 速度下，10% 16kg、5km/h 速度下，10% 8kg 和 5km/h，15.0% 0 負重，其刺激後接近 4mmol/l 的乳酸堆積點，應為最好的閾值速度訓練刺激點。

運動自覺量表為 Borg (1982) 所提出之理論，這種量表是透過知覺上的努力程度判斷，整合肌肉骨骼系統、呼吸循環系統與中樞神經系統的身體活動訊息，建立每個人身體活動狀況的知覺感受。研究發現，此種 6 至 20 的運動自覺量表，可以確實反應出運動過程中的強度變化狀況，而且與運動時的心跳率、攝氧量和血乳酸堆積成正比（相關值約在 0.8 至 0.9 之間）。伯格量表的指數 13 為有點辛苦、有點吃力，如果登山活動設定為有氧運動的話，有點流汗、但可說話，沒有疼痛將為有氧運動的指標，指數 13 與 14 將可定義為登山活動的理想指數。以本實驗來探討，4km/h 速度下，10% 16kg、5km/h 速度下，10% 8kg 和 5km/h，12.5% 0 負重，為接近指數 13、14 的環境條件，將可視為日後訓練刺激的強度環境。

Minetti (1995) 曾以實驗測量的真實山路徑坡度樣本在平地模擬所獲得的預測，上坡時最佳速度為 0.65m/s (2.34km/h)，垂直上升 0.16 m/s；下坡時最佳速度為 1.50m/s (5.4km/h)，垂直下降為 0.36m/s。Hagiwara & Yamamoto (2011) 以跑步機行走來模擬登山，提出

45m/min (2.7km/h) 為標準行程時間登山的步行速度。另有研究指出，年輕人與老年人步行測試速度為 3.2km/h 至 5.6km/h (peterson, Martin, 2010)，而平均步行的速度是則為 3.75 km/h ~ 5.43 km/h (Karen, 2005)。而本研究上坡 10% 為垂直上升 0.13m/s，建議速度從 3km/h 到 5km/h，也符合一般行走速度與登山上坡攀升的步行速度。

肆、結論與建議

一、結論

經由本研究的實驗所得，心跳率、乳酸值和運動自覺量表，會受到速度、坡度與自體負重的影響，速度越快、坡度越高、和負重強度越重時，此三種生理參數都會變高，甚至無法再繼續運動或終止活動。以 3km/h 搭配 10% 16kg 或是 4km/h 搭配 10% 0 負重與 8kg 負重為心跳率最佳訓練刺激點；以 4km/h 搭配 10% 16kg、5km/h 搭配 10% 8kg 負重與 15% 0kg 負重為乳酸閾值最佳訓練刺激點；而 RPE 最佳刺激點則是 4km/h 搭配 10% 16kg、5km/h 搭配 10% 8kg 負重與 12.5% 0kg 負重。乳酸值與 RPE 刺激點同時兼顧則是 4km/h 搭配 10% 16kg、5km/h 搭配 10% 8kg 負重。可供登山愛好者欲實施攀登前，例如攀登玉山主峰，先行實施訓練與適應坡度和背負重量，對登山行程可提前適應速度、負重與坡度環境。

二、建議

由於本實驗為常壓常氧，僅模擬攀登玉山從塔塔加登山口到排雲山莊的平均坡度 10%，但對於排雲山莊到玉山主峰的平均坡度 22.9%，則沒有進行模擬，日後將可實施 22.9-24% 的坡度，可更貼切實際攀登坡度、行走速度與背負重量的生物參數的比較。低氧艙可提供低氧環境測試，日後應可設計在低氧艙實施不同坡度、不同負重和不同速度的測試，以求得低氧與常氧之比較，且推估最佳訓練組合環境，為欲登山前做事前準備與訓練。

參考文獻

- 上河團隊 (2015)。台灣百岳導遊圖新版。台北。
- Abe, D., Fukuoka, Y., & Horiuchi, M. (2017). Muscle activities during walking and running at energetically optimal transition speed under normobaric hypoxia on gradient slopes. *PLoS ONE*, 12(3) : e0173816. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0173816>.
- Ahmadi, S., Sinclair, P. J., & Davis, G. M. (2008). Muscle oxygenation after downhill walking – induced muscle damage. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 28 (1), 55-63.
- Bakhtiary, A. H., Safavi-Farokhi, Z., & Aminian-Far, A. (2007). Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 145-148.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Bärtsch, P., Saltin, B. (2008). General introduction to altitude adaptation and mountain sickness. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(1), 1-10.

- Cleary, M. A., Sitler, M. R., & Kendrick, Z. V. (2006). Dehydration and Symptoms of Delayed-Onset Muscle Soreness in normothermic men. *Journal of Athletic Training*, 41(1), 36-45.
- Cleary, M. A., Sweeney, L. A., Kendrick, Z. V., & Sitler, M. R. (2005). Dehydration and Symptoms of Delayed-Onset Muscle Soreness in Hyperthermic Males. *Journal of Athletic Training*, 40(4), 288-297.
- Cooper, R., Kuh, D., Cooper, C., Gale, C. R., Lawlor, D. A., Matthews, F., & Teams, HAS. (2011). Objective measures of physical capability and subsequent health: a systematic review. *Age and Ageing*, 40(1), 14-23.
- Don, L., Mike, C. (2013). *Lighten up! : a complete handbook for light and ultra- light backpacking*. Page 6. ISBN 0-7627-3734-4. The Globe Pequot Press . U.S.A .
- Gault, M. L., Clements, R. E., & Willems, M. E. (2012). Functional mobility of older adults after concentric and eccentric endurance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3699-3707. doi:10.1007/s00421-012-2338-4.
- Girard, O., Banzet, S., Koulmann, N., Chennaoui, M., Drogou, C., Chalabi, H., & Racinais, S. (2018). Larger strength losses and muscle activation deficits in plantar flexors induced by backward downhill in reference to distance-matched forward uphill treadmill walk. *European Journal of Sport Science*, 18(10), 1346-1356.
- Grainer, A., Zerbini, L., Reggiani, C., Marcolin, G., Steele, J., Pavei, G., & Paoli, A. (2017). Physiological and Perceptual Responses to Nordic Walking in a Natural Mountain Environment. *International journal of environmental research and public health*, 14(10).
- Heggie, T. W., Heggie, T. M. (2009). Search and rescue trends associated with recreational travel in US national Parks. *Journal Travel Medicine*, 16(1), 23-27.
- Howatson, G., Hough, P., Pattison, J., Hill, J. A., Blagrove, R., & Glaister, M. (2011). Trekking poles reduce exercise-induced muscle injury during mountain walking. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(1), 140-145.
- Karen, A. (2005). *Establishing Pedestrian Walking Speeds*. Portland State University. Retrieved 2020-12-18.
- Mader, A., Lisen, H., Heck,., Philippi, H., Rost, R., Schurch, P., & Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit in Labor. *Sportarzt und Sportmed*. 27(4), 80-88.
- Maeo, S., Ochi, Y., Yamamoto, M., Kanehisa, H., & Nosaka, K. (2015). Effect of a prior bout of preconditioning exercise on muscle damage from downhill walking. *Applied Physiology, Nutrition, & Metabolism*, 40(3), 274-279.
- Maeo, S., Yamamoto, M., Kanehisa, H. (2015). Muscular adaptations to short-term low- frequency downhill walking training. *International Journal of Sports Medicine*, 36(2), 150-156.
- Maeo, S., Yamamoto, m., Kanehisa, H.,& Nosaka, K. (2017). Prevention of downhill walking- induced muscle damage by non- damaging downhill walking. doi.org/10.1371/ journal. pone. 0173909.
- Minetti, A. E. (1995). Optimum gradient of mountain paths. *Journal of Applied Physiology*, 79 (5), p1698-1703.
- Nakayama, A., Aoi, W., Takami, M., Hirano, N., Ogaya, Y., Wada, S., & Higashi, A. (2019). Effect of downhill walking on next-day muscle damage and glucose metabolism in healthy young subjects. *Journal of Physiological Sciences*, 69 (1), 31-38.
- Nottle, C., & Nosaka, K. (2005). The magnitude of muscle damage induced by downhill backward walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 264-273.
- Neumann, G. (1990). *Umstellung und Anpassung der Funktionssysteme*. In : *Das gross Buch vom Laufen*. Meyer & Meyer Verlag. 222-223.
- Paul, S., Bhattacharyya, D., Chatterjee, T., & Majmdar, D. (2016). Effect of uphill walking with varying grade and speed during load carriage on muscle activity. *Journal Ergonomics*, 59 (4), 514-525.
- Peterson, D. S., & Martin, P. E. (2010). Effects of age and walking speed on coactivation and cost of walking in healthy adults. *Gait & posture*, 31(3), 355-359.
- Yamamoto, M., & Yamazaki, T. (2003). A nationwide survey of middle-aged mountaineers of Japan. *Japan Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 52, 543-554.
- Hagiwara, M., & Yamamoto, M. (2011). 歩行路の傾斜，歩行速度，および擔荷重量との関連からみた登山時の生理的負擔度の體系的な評価～トレッドミルでのシミュレーション歩行による検討。 *Japan Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 60(3), 327-341.