



## 以身體質心評估有無運動習慣的老人年在上下階梯之表現

<sup>1</sup>賴學暉 <sup>1,2\*</sup>張家豪 <sup>1</sup>蔡虔祿

<sup>1</sup>國立臺灣師範大學體育學系 <sup>2</sup>國立臺灣師範大學運動科學研究所

投稿日:2011/05/05；審查通過:2011/08/09

### 摘要

**前言：**本研究是以身體質心(COM)運動軌跡與關節活動範圍(ROM)來檢測有、無運動習慣的年長者在上下階梯之動作與平衡控制能力的差異。**方法：**本研究是以 16 名 65~75 歲之健康年長者，分為運動習慣組 4 男 4 女，(平均年齡為  $65.25 \pm 1.58$  歲，平均身高為  $160.08 \pm 9.61$  公分)，無運動習慣組 4 男 4 女，(平均年齡為  $68.00 \pm 1.60$  歲，平均身高為  $161.95 \pm 6.98$  公分)為受試者，並以美國運動醫學會(The American College of Sports Medicine) 所訂的原則，界定是否有、無運動習慣的標準。以 Vicon MX13+三維動作分析系統擷取這些年長者在上下階梯之動作數據，計算身體質心移動範圍、身體質心平均速度與關節活動的範圍，使用二因子混和設計區分有無運動習慣與不同動作(上、下階梯)對年長者的平衡是否有差異，顯著水準訂為  $\alpha = .05$ 。**結果：**運動習慣組與非運動習慣組在平衡控制上並無差異；下階梯時身體質心左、右方向之平均速度與踝關節角度比上階梯大( $p < .05$ )，下階梯時的髖關節角度則比上階梯小( $p < .05$ )。**結論與建議：**依據本研究所得的結果得知，有無運動習慣並不影響平衡控制，但下階梯時身體質心左、右方向之平均速度較快，顯示出平衡控制上較為困難，在未來應用上，會以其他量表作為運動習慣的依據，或許能更精準量測受試者的運動習慣的多寡，與老年人的身體平衡控制能力及減少跌倒的發生比率有實質的相關，並可提供一個可供參考的標準。

關鍵字：生物力學、運動學、身體質心、活動範圍

### 壹、緒論

根據行政院內政部戶政司統計，2010 年臺灣地區達 65 歲以上的人口已達 10.74%，早已超過世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 所定義的高齡化社會的標準 (65 歲以上的人口超過 7%)。高齡化社會會付出龐大的社會資源於年長者健康問題上，隨著年齡的增長，年長者肌肉骨骼、視力、本體感覺和心肺能力都會下降 (Startzell et al., 2000)，而跌倒是年長者健康問題上的一個危機，1960 年 Sheldon 認為一般成人與年長者之間都有可能發生跌倒的情況，只是年長者恢復平衡能力比較慢，更完整解釋造成跌倒的原因有內在因子與外在因子兩類，內在因子指的是年長者身體的狀態，如：視覺、本體感覺、前庭系統和平衡感等影響，外在因子指的是居住環境，如：臥室、浴室、階梯等，而跌倒是這兩種因子交互作用所造成

的 (Tideiksaar, 1988)，其中跨越的動作容易使年長者在行走時失去平衡，增加跌倒的風險 (Chou, Kaufman, Brey, & Draganich, 2001)，行走階梯時也是以跨越方式進行，且階梯在生活中造成跌倒的機率 10% (Startzell et al., 2000)，如何使年長者行走於階梯時減少跌倒的機會或是增加恢復平衡能力成了一個重要的課題。目前已有文獻指出運動可以改善病人與年長者的平衡能力 (Bird et al., 2011; Cochrane, Munro, Davey, & Nicholl, 1998; Gobbi et al., 2009; Kaesler, Mellifont, Kelly, & Taaffe, 2006; Vaillant et al., 2005)，其中運動介入的課程都不大相同，且不同運動項目也會造成平衡能力改善的差異 (Wong et al., 2010)，而現今美國運動醫學學會 (The American College of Sports Medicine) 以每周運動三次，每次 30 分鐘，並且長達半年以上作為運動習慣的標準，以簡易的方式去分組，不需要儀器做檢測，使一般年長者容易了

\*通訊作者:張家豪 Email: jhchang@ntnu.edu.tw  
地址：臺灣師範大學體育系，(116)臺北市汀洲路四段 88 號

解本身是否有無運動習慣。為避免運動開放式運動造成運動的強度增加，如：籃球、網球、足球等，此研究的運動項目控制以封閉式運動為主，如：健走、游泳等。而平衡能力以身體質心(Center of mass)做為主要的依據(Winter, 1995)，且為穩定身體的平衡重要因素(Krishnamoorthy, Yang, & Scholz, 2005)，其中保持身體平衡的主要關鍵在於讓身體質心保持於支撐底(Base of support)內(Kuo, 1995)，所以以身體質心的移動範圍做為評量平衡的方式，動作中假使有較大的身體質心移動範圍則會增加失去平衡而跌倒的風險(Tinetti, Speechley, & Ginter, 1988)。而 Pai 與 Patton 在 1997 年提出以身體質心平均速度作為另一種的檢測方式，他們認為在動態動作中，如行走、跑步、上階梯，隨著腳步的交替，支撐底也會隨著交替，所以應該以身體質心平均速度來檢視平衡的能力，其中身體質心平均速度愈大，愈難維持平衡(Hsue, Miller, & Su, 2009)。因此，本次的研究目的在於藉由身體質心移動範圍與身體質心平均速度比較有無運動習慣造成行走於階梯上平衡控制的差異，並了解上下階梯兩種動作何者平衡控制較為困難，藉此做為改善平衡能力的參考，同時釐清身體質心移動範圍與身體質心平均速度兩者評估平衡能力上是否會有差異性。本研究只針對有無運動習慣的區分，受試者的運動類型為健走、慢跑、游泳等，在運動強度上並未明確界定，為此研究限制。

## 貳、研究方法

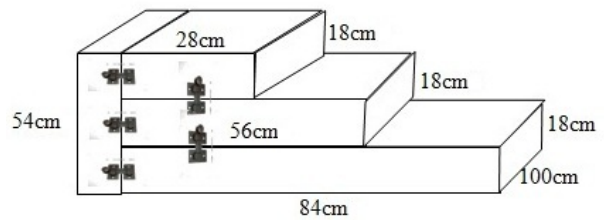
### 一、受試者：

16 名 65~75 歲之健康年長者，無骨骼肌肉、神經系統、視力不足、中風、肢體障礙等病史，平均年齡為 66.63±2.09 歲，平均身高為 161.01±8.17 公分，達到每周運動三次，每次 30 分鐘，且長達半年以上之運動習慣者則分為運動習慣組，而未達此標準者則分為無運動習慣組，運動習慣組為 4 男 4 女，共 8 名(平均年齡為 68.00±1.60 歲，平均身高為 161.95±6.98 公分)，無運動習慣組為 4 男 4 女，共 8 名(平均年齡為 65.25±1.58 歲，平均身高為 160.08±9.61 公分)，兩組在年齡上有差別(p<.001)。

### 二、研究器材：

使用 Vicon Motion System(MX13, Vicon, UK)10 台紅外線攝影機，擷取受試者上下階梯動作時反光球空間位置，擷取頻率為 200Hz，以及組裝樓梯一座，本研究使用之樓梯，仿照一般公寓之樓梯高度，以木

板釘製一個三階高度的階梯，每階級深 28 公分、級高 18 公分、寬度 100 公分(符合營建署規定的級高 20 公分以下級深 24 公分以上之標準)，如圖一。



圖一、樓梯立體圖

### 三、實驗步驟：

說明實驗內容並讓參與者充分了解之後填寫基本資料與簽署受試者同意書，接著將反光球 Plugingait(頭顱、肩峰、頸靜脈切跡、劍突、第七塊頸椎、第十塊胸椎、肱骨外上髁、髌前上嵴、髌後上嵴、股骨外上髁、外踝、第三掌骨、尺骨莖突、橈骨莖突、第二跗骨、跟骨)模組黏貼於受試者身上，準備就緒後，受試者分別做上階梯與下階梯兩種動作。上階梯時，受試者面對階梯並位於離階梯 2 公尺處，受試者聞口令後開始上階梯動作，以一步一階的方式上階梯，試做兩次，下階梯時，受試者位於階梯最高階之位置，受試者聞口令後開始下階梯動作，以一步一階的方式下階梯，並向前方行走 2 公尺，試做兩次。

### 四、資料分析：

將人體肢段參數(腿長、膝寬、踝寬、肩厚、肘寬、腕寬、掌厚)代入 Vicon Nexus 1.4.112 獲得各動作之身體質心空間位置與下肢(髖、膝、踝)關節角度，並計算身體質心移動範圍、身體質心速度及關節活動範圍。

$$D = R_{\max} - L_{\max} \cdots \text{公式(1)}$$

其中 D 代表身體質心左右方向移動範圍(Hsue, Miller, & Su, 2009)

$R_{\max}$  代表向右方向最大距離

$L_{\max}$  代表向左方向最大距離

$$V_n = X_{n+1} - X_n / \Delta t \cdots \text{公式(2)}$$

$n=1, 2, 3, \dots$

$V_n$  代表  $n \rightarrow n+1$  之間之平均速度

$$\text{ROM} = \text{Flex}_{\max} - \text{Ext}_{\max}$$

ROM 代表關節活動範圍

$\text{Flex}_{\max}$  代表最大屈曲角度

$\text{Ext}_{\max}$  代表最大伸展角度

以上公式以 Matlab R2007b 計算

五、統計分析：

使用二因子混和設計區分有無運動習慣與不同動作(上下階梯)對年長者的平衡上是否有差異，顯著水準訂為  $\alpha = .05$ 。

參、結果與討論

受試者所有平衡參數在上下階梯之平均值(左右方向之身體質心移動範圍、身體質心平均速度，垂直方向身體質心平均速度)如表一所示，結果發現有無運動習慣與不同動作(上下階梯)無交互作用，運動習慣組與非運動習慣組在身體質心移動範圍與身體質心平均速度無顯著差異，而在不同動作(上下階梯)，左右方向身體質心平均速度達顯著差異( $p < .001$ )，此結果與 Mian, Narici, Minetti 與 Baltzopoulos(2007)的研究類似。在身體質心移動範圍與身體質心平均速度上，非運動習慣組在上下階梯時平衡能力與運動習慣組並無不同，所以與本研究假設不同，說明其平衡控制無差別，ACSM 的標準並無法有效區分有運動習慣是有助於老人年上下階梯平衡能力；另外年齡也可能影響平衡能力的因素(Prince, Corriveau, Hkbert, & Winter, 1997)，本研究運動習慣組的年齡較大，但因有可能因持續運動而減緩了年紀的影響，所以兩組之間能力並無差異。Hsue, Miller 與 Su(2009)的研究中認為平衡控制的主要因素是取決於瞬間移動的範圍，瞬間移動的範圍較多容易打破平衡的狀態，即是說速度的大小可能影響著平衡控制。

在上下階梯的平衡控制，兩組的結果與 Lee 與 Chou(2007)類似，下階梯時身體質心左右移動範圍與身體質心左右方向速度呈現類似的狀態，皆較上階梯高，顯示下階梯身體的晃動較多，且晃動速度較快，

表一、運動習慣組與非運動習慣組在上下階梯之平衡參數

	上階梯		下階梯	
	非運動習慣組	運動習慣組	非運動習慣組	運動習慣組
<b>左右方向</b>				
身體質心移動範圍(公分)	4.17±1.42	4.37±0.97	5.34±1.37	4.66±1.43
身體質心速度(公分/秒)*	12.53±3.33	12.11±2.56	17.86±3.42	17.30±4.27
<b>垂直方向</b>				
身體質心速度(公分/秒)	55.98±7.22	55.13±4.53	54.49±4.97	60.50±4.27

\* $P < .001$  為上下階梯達顯著差異

表二、運動習慣組與非運動習慣組在上下階梯之矢狀面關節活動度

關節活動範圍(度)	上階梯		下階梯	
	非運動習慣組	運動習慣組	非運動習慣組	運動習慣組
髖關節*	64.86±4.47	63.83±5.57	30.58±3.67	27.79±3.02
膝關節	93.37±9.50	91.53±10.32	94.07±6.90	90.18±2.63
踝關節*	42.25±6.48	39.68±5.95	63.46±8.36	57.78±8.80

$P < .001$  為上下階梯達顯著差異

造成的主因 Andriacchi(1980)等人指出，下階梯時關節力矩會較上階梯大，這樣的方式會造成下肢穩定性不夠，容易造成身體質心的晃動(MacKinnon & Winter, 1993)，Macfadyen 與 Winter(1988)也提出下階梯時需要膝關節伸展肌群與踝關節伸展肌群花更多的力量去吸收動能，所以在下階梯時平衡控制上會較上階梯弱。並且下階梯時的速度較快，造成垂直的地面反作用力會較大(Protopapadaki et al.,2007)，而本研究中身體質心垂直速度在兩組上無差異且動作上也無差異，但在下階梯時運動習慣組的身體質心垂直速度較高，以 Protopapadak(2007)等人所提出的解釋，說明了結果可能造成較大的地面反作用力，維持平衡的難度會增加，而與身體質心左右方向平均速度來做比較，運動習慣組的數值也較低，也就是晃動較少，顯示出運動習慣組在較具難度的情況下，還能夠維持平衡，做出較佳的表現。

受試者關節活動範圍在上下階梯之平均值如表二所示，結果發現運動組與非運動習慣組在關節活動範圍上無顯著差異，而在不同動作上髖關節與踝關節則達到顯著差異( $p < .001$ ) 此結果與 Protopapadaki (2007)等人類似，在下階梯時髖關節活動範圍較上階梯小，可能是因上階梯時需要將腿部提起，增加髖關節屈曲角度，才能踏上階梯，而踝關節活動範圍則較上階梯大，Protopapadaki(2007)等人的結果中發現其腳踝屈的角度較多，可能因下階梯時主要由腳尖著地，使踝關節活動度增加，膝關節活動範圍兩種動作無差異。

肆、結論與建議

此次研究不論有無運動習慣的年長者在平衡控制或動作執行上並無差異，且有無運動習慣並不會影響上下階梯的動作型態。在上、下階梯的平衡狀態比較上，身體質心移動範圍則無顯著差異，但在下階梯時身體質心左右方向之平均速度則顯著的較上階梯

高，顯示下階梯時的平衡控制較為困難，兩者動作最大的差異在於髖關節與踝關節活動範圍，下階梯時所需的髖關節活動範圍較少，但需要的踝關節活動範圍較多。

此次研究有無運動習慣的標準採美國運動醫學學會的界定方式，但結果顯示無差異，以此作為界定的方式是否合適可以進一步的探討，在未來應用上，可以其他量表作為運動習慣的依據，或許能更精準量測受試者是否運動習慣，並且加入逆動力學的運算，了解上下階梯時下肢關節受力的的大小，在改善平衡控制的問題上，才能更顯重要性，成為一參考指標。

## 伍、參考文獻

- 行政院內政部戶政司。資料引自內政部戶政司全球資訊網 <http://www.ris.gov.tw/>
- Andriacchi, T.P., Andersson, G.B.J., Fermier, R.W., Stern, D., Galante, J.O., 1980. A study of lower-limb mechanics during stair-climbing. *The journal of Bone and Joint Surgery*. 62 (5), 749–757
- Bird, M., Hill, K. D., Ball, M., Hetherington, S., Williams, A. D. (2011). The long-term benefits of a multi-component exercise intervention to balance and mobility in healthy older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 52(2), 211-216
- Chou, L. S., Kaufman, K. R., Brey, R.H., Draganich, L. F. (2001). Motion of the whole body's center of mass when stepping over obstacles of different heights. *Gait and Posture*, 13, 17-26
- Cochrane, T., Munro, J., Davey, R., Nicholl, J. (1998). Exercise, physical function and health perceptions of older people. *Physiotherapy*, 84(12), 598-602
- Gobbi, L. T. B., Oliveira-Ferreira, M. D. T., Caetano, M. J. D., Lirani-Silva, E., Barbieri, F. A., Stella, F., & Gobbi, S. (2009). Exercise programs improve mobility and balance in people with Parkinson's disease. *Parkinsonism and Related Disorders*, 15(3), S49–S52
- Hsue, B. J., Miller, F., Su, F. C. (2009). The dynamic balance of the children with cerebral palsy and typical developing during gait. Part II: Instantaneous velocity and acceleration of COM and COP and their relationship. *Gait and Posture*, 29(3), 471-476.
- Kaesler, D. S., Mellifont, R. B., Kelly, B. S., Taaffe, D. R. (2007). A novel balance exercise program for postural stability in older adults: A pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 11(1), 37-43
- Krishnamoorthy, V., Yang, J. F., Scholz, J. P. (2005). Joint coordination during quiet stance: effects of vision. *Experimental Brain Research*, 164, 1-17
- Kuo, A. D. (1995). An optimal control model for analyzing human postural balance. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 42, 87-101
- Lee, H. J., Chou, L. S. (2007). Balance control during stair negotiation in older adults. *Journal of Biomechanics*, 40(11), 2530-2536
- Macfadyen, B. J., & Winter, D. A. (1988). An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *Journal of biomechanics*, 21(9), 733-744
- Mackinnon, C. D. & Winter, D. A. (1993). Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. *Journal of Biomechanics*, 26(6), 633-644
- Mian, O. S., Narici, M. V., Minetti, A. E., Baltzopoulos, V. (2007). Centre of mass motion during stair negotiation in young and older men. *Gait and Posture*, 26(3), 463–469
- Novak, A. C., Brouwer, B. (2011). Sagittal and frontal lower limb joint moments during stair ascent and descent in young and old er adults. *Gait and Posture*, 33(1), 54-60
- Pai, Y. C., Patton, J. (1997). Center of mass velocity-position predictions for balance control. *Journal of biomechanics*, 30(4), 347-354
- Prince, F., Corriveau, H., Hkbert, R., Winter, D. A. (1997). *Gait in elderly*. *Gait and Posture*, 5, 128-135
- Protopapadaki, A., Drechsler, W. I., Cramp, M. C., Coutts, F. J., Scott, O. M. (2007). Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals. *Clinical Biomechanics*, 22(2), 203–210
- Sheldon, J. H. (1960). On the natural history of falls in

- old age. *British Medical Journal*, 2, 1685-1690
- Startzell, J. S., Owens, D. A., Mulfinger, L. M., Cavanagh, P. R. (2000). Stair Negotiation in Older People: A Review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(5), 567-580
- Tideiksaar, R. (1988). Falls in elderly. *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 64(2), 145-163
- Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *The New England Journal of Medicine*, 319(26), 1701-1707.
- Vaillant, J., Vuillerme N., Martigné, P., Caillat-Miousse, J. L., Parisot, J., Nougier, V., & Juvin, R. (2006). Balance, aging, and osteoporosis: effects of cognitive exercises combined with physiotherapy. *Joint Bone Spine*, 73(4), 414-418
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait and Posture*, 3 (4), 193-214
- Wong, A. M. K., Chou, S. W., Huang, S. C., Lan, C., Chen, H. C., Hong, W. H., Chen, C. P.C., & Pei, Y. C. (2010). Does different exercise have the same effect of health promotion for the elderly comparison of training-specific effect of Tai Chi and swimming on motor control. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Article in press.

致謝:

此次實驗由臺灣師範大學 98 年度新興發展計畫支持。



## The center of mass evaluation of exercise habits elders during stair ascent and decent

<sup>1</sup>Hsei-Wei Lai    <sup>1,2\*</sup>Jia-Hao Chang    <sup>1</sup>Chien-Lu Tsai

<sup>1</sup>*Department of Physical Education, National Taiwan Normal University*

<sup>2</sup>*Graduate Institute of Exercise Sciences and Sports, National Taiwan Normal University*

Accepted: 2011/08/09

### ABSTRACT

**Purpose:** To compare the effect of exercise habit for elders by monitoring the center of mass (COM) and the joints range of motion (ROM) during stair ascent and decent. **Methods:** Sixteen healthy elders (age: 65~75 years) were divided into exercise group (4 males and 4 females; mean age: 65.25±1.58 year old; height: 160.08±9.61 cm) and non-exercise group (4 males and 4 females; mean age: 68.00±1.60 year old; height: 161.95±6.98 cm), based on the criterion defined by ACSM. A Vicon MX-13+ 3D motion analysis system was used to capture and record the movements of the elderly participants during stair ascent and decent. The displacement and the average velocity of the COM and the ROM of joints were calculated for statistics by two-way mixed design ANOVA, the significant level was as  $\alpha = .05$ . **Results:** There was non-significant differences between two groups during stair ascent and decent. The stair ascent were significant greater than the stair decent in the average velocity of the COM and the ROM of ankle joint ( $p < .05$ ), however, the ROM of the hip joint in stair ascent was less than the stair decent ( $p < .05$ ). **Conclusions:** The results indicated the regular exercise did not affect the balance control in this study. It is more difficult for balance control in stair decent than that in stair ascent due to the greater average velocity in medial-lateral direction of the COM. Using the questionnaires might be a better way to identify the division of exercise and non-exercise groups and it could provide more detail information for the issue of falling and balance control.

**Key words:** biomechanics, kinematic, center of mass, range of motion

---

\*Corresponding author: Jia-Hao Chang, Department of Physical Education, National Taiwan Normal University.  
Address: No. 88, Sec. 4, Tingjhou Road, Taipei City 116, Taiwan  
E-mail address: jhchang@ntnu.edu.tw