



## 以身体质心评估有无运动习惯的老人年在上下阶梯之表现

<sup>1</sup>赖学暉 <sup>1,2\*</sup>张家豪 <sup>1</sup>蔡虔祿

<sup>1</sup>国立台湾师范大学体育学系 <sup>2</sup>国立台湾师范大学运动科学研究所

投稿日:2011/05/05; 审查通过:2011/08/09

### 摘要

**前言:** 本研究是以身体质心(COM)运动轨迹与关节活动范围(ROM)来检测有、无运动习惯的年长者在上下阶梯之动作与平衡控制能力的差异。**方法:** 本研究是以 16 名 65~75 岁之健康年长者,分为运动习惯组 4 男 4 女, (平均年龄为 65.25 ± 1.58 岁,平均身高为 160.08 ± 9.61 公分),无运动习惯组 4 男 4 女, (平均年龄为 68.00 ± 1.60 岁,平均身高为 161.95 ± 6.98 公分)为受试者,并以美国运动医学会(The American College of Sports Medicine)所订的原则,界定是否有、无运动习惯的标准。以 Vicon MX13+三维动作分析系统撷取这些年长者在上下阶梯之动作数据,计算身体质心移动范围、身体质心平均速度与关节活动的范围,使用二因子混和设计区分有无运动习惯与不同动作(上、下阶梯)对年长者的平衡是否有差异,显著水平订为  $\alpha = .05$ 。**结果:** 运动习惯组与非运动习惯组在平衡控制上并无差异;下阶梯时身体质心左、右方向之平均速度与踝关节角度比上阶梯大( $p < .05$ ),下阶梯时的髌关节角度则比上阶梯小( $p < .05$ )。**结论与建议:** 依据本研究所得的结果得知,有无运动习惯并不影响平衡控制,但下阶梯时身体质心左、右方向之平均速度较快,显示出平衡控制上较为困难,在未来应用上,会以其它量表作为运动习惯的依据,或许能更精准量测受试者的运动习惯的多寡,与老年人的身体平衡控制能力及减少跌倒的发生比率有实质的相关,并可提供一个可供参考的标准。

关键词: 生物力学、运动学、身体质心、活动范围

### 壹、绪论

根据行政院内政部户政司统计,2010 年台湾地区达 65 岁以上的人口已达 10.74%,早已超过世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 所定义的高龄化社会的标准 (65 岁以上的人口超过 7%)。高龄化社会会付出庞大的社会资源于年长者健康问题上,随着年龄的增长,年长者肌肉骨骼、视力、本体感觉和心肺能力都会下降 (Startzell et al., 2000),而跌倒是年长者健康问题上的一个危机,1960 年 Sheldon 认为一般成人与年长者之间都有可能发生跌倒的情况,只是年长者恢复平衡能力比较慢,更完整解释造成跌倒的原因有内在因子与外在因子两类,内在因子指的是年长者身体的状态,如:视觉、本体感觉、前庭系统和平衡感等影响,外在因子指的是居住环境,如:卧室、浴室、阶梯等,而跌倒是这两种因子交互作用所造成

的(Tideiksaar, 1988),其中跨越的动作容易使年长者在行走时失去平衡,增加跌倒的风险(Chou, Kaufman, Brey, & Draganich, 2001),行走阶梯时也是以跨越方式进行,且阶梯在生活中造成跌倒的机率 10% (Startzell et al., 2000),如何使年长者行走于阶梯时减少跌倒的机会或是增加恢复平衡能力成为了一个重要的课题。目前已有文献指出运动可以改善病人与年长者的平衡能力 (Bird et al., 2011; Cochrane, Munro, Davey, & Nicholl, 1998; Gobbi et al., 2009; Kaesler, Mellifont, Kelly, & Taaffe, 2006; Vaillant et al., 2005),其中运动介入的课程都不大相同,且不同运动项目也会造成平衡能力改善的差异(Wong et al., 2010),而现今美国运动医学学会(The American College of Sports Medicine)以每周运动三次,每次 30 分钟,并且长达半年以上作为运动习惯的标准,以简易的方式去分组,不需要仪器做检测,使一般年长者容易了

\*通讯作者:张家豪 Email: jhchang@ntnu.edu.tw  
地址:台湾师范大学体育系, (116)台北市汀洲路四段 88 号

解本身是否有无运动习惯。为避免运动开放式运动造成运动的强度增加,如:篮球、网球、足球等,此研究的运动项目控制以封闭式运动为主,如:健走、游泳等。而平衡能力以身体质心(Center of mass)做为主要的依据(Winter, 1995),且为稳定身体的平衡重要因素(Krishnamoorthy, Yang, & Scholz, 2005),其中保持身体平衡的主要关键在于让身体质心保持于支撑底(Base of support)内(Kuo, 1995),所以以身体质心的移动范围做为评量平衡的方式,动作中假使有较大的身体质心移动范围则会增加失去平衡而跌倒的风险(Tinetti, Speechley, & Ginter, 1988)。而Pai与Patton在1997年提出以身体质心平均速度作为另一种的检测方式,他们认为在动态动作中,如行走、跑步、上阶梯,随着脚步的交替,支撑底也会随着交替,所以应该以身体质心平均速度来检视平衡的能力,其中身体质心平均速度愈大,愈难维持平衡(Hsue, Miller, & Su, 2009)。因此,本次的研究目的在于藉由身体质心移动范围与身体质心平均速度比较有无运动习惯造成行走于阶梯上平衡控制的差异,并了解上下阶梯两种动作何者平衡控制较为困难,藉此做为改善平衡能力的参考,同时厘清身体质心移动范围与身体质心平均速度两者评估平衡能力上是否会有差异性。本研究只针对有无运动习惯的区分,受试者的运动类型为健走、慢跑、游泳等,在运动强度上并未明确界定,为此研究限制。

## 贰、研究方法

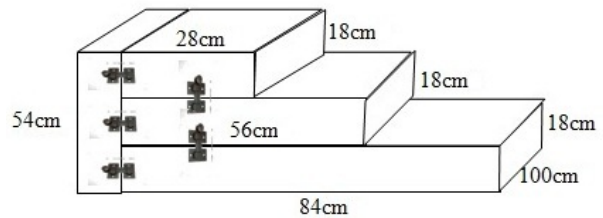
### 一、受试者:

16名65~75岁之健康年长者,无骨骼肌肉、神经系统、视力不足、中风、肢体障碍等病史,平均年龄为 $66.63 \pm 2.09$ 岁,平均身高为 $161.01 \pm 8.17$ 公分,达到每周运动三次,每次30分钟,且长达半年以上之运动习惯者则分为运动习惯组,而未达此标准者则分为无运动习惯组,运动习惯组为4男4女,共8名(平均年龄为 $68.00 \pm 1.60$ 岁,平均身高为 $161.95 \pm 6.98$ 公分),无运动习惯组为4男4女,共8名(平均年龄为 $65.25 \pm 1.58$ 岁,平均身高为 $160.08 \pm 9.61$ 公分),两组在年龄上有差别( $p < .001$ )。

### 二、研究器材:

使用Vicon Motion System(MX13, Vicon, UK)10台红外线摄影机,撷取受试者上下阶梯动作时反光球空间位置,撷取频率为200Hz,以及组装楼梯一座,本研究使用之楼梯,仿照一般公寓之楼梯高度,以木

板钉制一个三阶高度的阶梯,每阶级深28公分、级高18公分、宽度100公分(符合营建署规定的级高20公分以下级深24公分以上之标准),如图一。



图一、楼梯立体图

### 三、实验步骤:

说明实验内容并让参与者充分了解之后填写基本资料与签署受试者同意书,接着将反光球Pluggingait(头颅、肩峰、颈静脉切迹、剑突、第七块颈椎、第十块胸椎、肱骨外上髁、髌前上嵴、髌后上嵴、股骨外上髁、外踝、第三掌骨、尺骨茎突、桡骨茎突、第二跖骨、跟骨)模块黏贴于受试者身上,准备就绪后,受试者分别做上阶梯与下阶梯两种动作。上阶梯时,受试者面对阶梯并位于离阶梯2公尺处,受试者闻口令后开始上阶梯动作,以一步一阶的方式上阶梯,试做两次,下阶梯时,受试者位于阶梯最高阶之位置,受试者闻口令后开始下阶梯动作,以一步一阶的方式下阶梯,并向前方行走2公尺,试做两次。

### 四、资料分析:

将人体肢段参数(腿长、膝宽、踝宽、肩厚、肘宽、腕宽、掌厚)代入Vicon Nexus 1.4.112获得各动作之身体质心空间位置与下肢(髋、膝、踝)关节角度,并计算身体质心移动范围、身体质心速度及关节活动范围。

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

其中D代表身体质心左右方向移动范围(Hsue, Miller, & Su, 2009)

$R_{\max}$ 代表向右方向最大距离

$L_{\max}$ 代表向左方向最大距离

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

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

$V_n$ 代表 $n \rightarrow n+1$ 之间之平均速度

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

ROM代表关节活动范围

$\text{Flex}_{\max}$ 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计算

五、统计分析:

使用二因子混和设计区分有无运动习惯与不同动作(上下阶梯)对年长者的平衡上是否有差异, 显著水平订为  $\alpha = .05$ 。

参、结果与讨论

受试者所有平衡参数在上下阶梯之平均值(左右方向之身体质心移动范围、身体质心平均速度, 垂直方向身体质心平均速度)如表一所示, 结果发现有无运动习惯与不同动作(上下阶梯)无交互作用, 运动习惯组与非运动习惯组在身体质心移动范围与身体质心平均速度无显著差异, 而在不同动作(上下阶梯), 左右方向身体质心平均速度达显著差异( $p < .001$ ), 此结果与 Mian, Narici, Minetti 与 Baltzopoulos(2007)的研究类似。在身体质心移动范围与身体质心平均速度上, 非运动习惯组在上下阶梯时平衡能力与运动习惯组并无不同, 所以与本研究假设不同, 说明其平衡控制无差别, ACSM 的标准并无法有效区分有运动习惯是有助于老人年上下阶梯平衡能力; 另外年龄也可能影响平衡能力的因素(Prince, Corriveau, Hkbert, & Winter, 1997), 本研究运动习惯组的年龄较大, 但因为有可能因持续运动而减缓了年纪的影响, 所以两组之间能力并无差异。Hsue, Miller 与 Su(2009)的研究中认为平衡控制的主要因素是取决于瞬间移动的范围, 瞬间移动的范围较多容易打破平衡的状态, 即是说速度的大小可能影响着平衡控制。

在上下阶梯的平衡控制, 两组的的结果与 Lee 与 Chou(2007)类似, 下阶梯时身体质心左右移动范围与身体质心左右方向速度呈现类似的状态, 皆较上阶梯高, 显示下阶梯身体的晃动较多, 且晃动速度较快,

表一、运动习惯组与非运动习惯组在上下阶梯之平衡参数

	上阶梯		下阶梯	
	非运动习惯组	运动习惯组	非运动习惯组	运动习惯组
<b>左右方向</b>				
身体质心移动范围(公分)	4.17±1.42	4.37±0.97	5.34±1.37	4.66±1.43
身体质心速度(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>				
身体质心速度(公分/秒)	55.98±7.22	55.13±4.53	54.49±4.97	60.50±4.27

\* $P < .001$  为上下阶梯达显著差异

表二、运动习惯组与非运动习惯组在上下阶梯之矢状面关节活动度

关节活动范围(度)	上阶梯		下阶梯	
	非运动习惯组	运动习惯组	非运动习惯组	运动习惯组
髋关节*	64.86±4.47	63.83±5.57	30.58±3.67	27.79±3.02
膝关节	93.37±9.50	91.53±10.32	94.07±6.90	90.18±2.63
踝关节*	42.25±6.48	39.68±5.95	63.46±8.36	57.78±8.80

$P < .001$  为上下阶梯达显著差异

造成的主因 Andriacchi(1980)等人指出, 下阶梯时关节力矩会较上阶梯大, 这样的方式会造成下肢稳定性不够, 容易造成身体质心的晃动(MacKinnon & Winter, 1993), Macfadyen 与 Winter(1988)也提出下阶梯时需要膝关节伸展肌群与踝关节伸展肌群花更多的力量去吸收动能, 所以在下阶梯时平衡控制上会较上阶梯弱。并且下阶梯时的速度较快, 造成垂直的地面反作用力会较大(Protopapadaki et al.,2007), 而本研究中身体质心垂直速度在两组上无差异且动作上也无差异, 但在下阶梯时运动习惯组的身体质心垂直速度较高, 以 Protopapadak(2007)等人所提出的解释, 说明了结果可能造成较大的地面反作用力, 维持平衡的难度会增加, 而与身体质心左右方向平均速度来做比较, 运动习惯组的数值也较低, 也就是晃动较少, 显示出运动习惯组在较具难度的情况下, 还能够维持平衡, 做出较佳的表现。

受试者关节活动范围在上下阶梯之平均值如表二所示, 结果发现律运动组与非运动习惯组在关节活动范围上无显著差异, 而在不同动作上髋关节与踝关节则达到显著差异( $p < .001$ ) 此结果与 Protopapadaki (2007)等人类似, 在下阶梯时髋关节活动范较上阶梯小, 可能是因上阶梯时需要将腿部提起, 增加髋关节屈曲角度, 才能踏上阶梯, 而踝关节活动范围则较上阶梯大, Protopapadaki(2007)等人的结果中发现其脚踝跖屈的角度较多, 可能因下阶梯时主要由脚尖着地, 使踝关节活动度增加, 膝关节活动范围两种动作无差异。

肆、结论与建议

此次研究不论有无运动习惯的年长者在平衡控制或动作执行上并无差异, 且有无运动习惯并不会影响上下阶梯的动作型态。在上、下阶梯的平衡状态比较上, 身体质心移动范围则无显著差异, 但在下阶梯时身体质心左右方向之平均速度则显著的较上阶梯

高,显示下阶梯时的平衡控制较为困难,两者动作最大的差异在于髋关节与踝关节活动范围,下阶梯时所需的髋关节活动范围较少,但需要的踝关节活动范围较多。

此次研究有无运动习惯的标准采美国运动医学学会的界定方式,但结果显示无差异,以此作为界定的方式是否合适可以进一步的探讨,在未来应用上,可以其它量表作为运动习惯的依据,或许能更精准量测受试者是否运动习惯,并且加入逆动力学的运算,了解上下阶梯时下肢关节受力的大小,在改善平衡控制的问题上,才能更显重要性,成为一参考指标。

## 伍、参考文献

- 行政院内政部户政司。数据引自内政部户政司全球信息网 <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.

致谢:

此次实验由台湾师范大学 98 年度新兴发展计划支持。



## 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