

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

階梯有氧舞蹈之下肢生物力學分析

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-039-003-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：中國醫藥大學物理治療學系

計畫主持人：吳鴻文

共同主持人：陳重佑，許弘昌

計畫參與人員：邵方璵、陳睦仁

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

階梯有氧舞蹈之下肢生物力學分析

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-039-003-

執行期間：93年 08月 01日至 94年 07月 31日

計畫主持人：吳鴻文

共同主持人：張文正、許弘昌、陳重佑

計畫參與人員：邵方璵、陳睦仁

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中國醫藥大學物理治療學系

中華民國 94 年 10 月 30 日

中文摘要

有氧舞蹈是近 20 年來很受歡迎的運動，最近幾年，在美國最受關注的是階梯有氧舞蹈，關於這項運動的相關研究也日益增加。本研究利用 VICON 612 人體動作分析系統及兩塊力板來探討從事階梯有氧舞蹈時，在高、低衝擊下的四個不同基本動作下，探討下肢的動力學的差異。研究結果顯示髖、膝及踝關節各方向的關節力矩及，anterior force、lateral force、tension force、compression force 等，在高衝擊的值明顯比低衝擊大。在 Over step 這個動作和其他動作相較起來，髖關節知之 Internal rotator 和 Abductor 變化極大；膝關節力矩除了 Adductor moment 以外，在膝關節各個肌肉群的力矩都比其他動作大；踝關節除了 Adductor moment 和 Extensor moment 以外，在各個肌肉群的力矩都比其他動作大。在 Knee lift、Lunge 時，髖關節的 Adductor moment 較大，可知對髖關節來上下階梯的需求比其他動作多。在從事高衝擊有氧階梯時，容易導致傷害的機會和程度較大，因為對關節的壓力負荷遠大於低衝擊動作。從事階梯有氧舞蹈前，應加強髖關節內收肌群的伸展、膝關節內轉肌群及內收肌群的伸展以及踝關節內收肌群的伸展。特別在 over step 的動作，平時可加強各關節 abductor 及 internal rotator 肌群的訓練和伸展，並建議有氧舞蹈教練能夠注意學員在學習這項動作的安全。

ABSTRACT

Aerobic dance is one of the most popular exercises in recent 20 years. Most people in the States like to select step aerobic for conditioning and more researches regarding the step aerobics were also increasing. The purpose of this study is to investigate the kinetics of lower extremity during performing step aerobics. Vicon 612 human motion analysis system and two force plates were used in this study. The high and low impacts of step aerobics were compared, and four different movements were used in this study. The joint moments in hip, knee, and ankle joints on high impact step aerobics were significantly higher than those on low impact step aerobics. Significantly higher joint forces, including anterior force, lateral force, tensile force and compression force, were found on high impact than low impact step aerobics. Significant change on internal rotator and abductor moments of hip joint in the over step movement. Greater knee joint moments except adductor were also found in the over step movement. Greater adductor moment in hip was found in the movements of knee lift and lunge. Hip muscles may be much loaded during step aerobics. In addition, higher joint forces were found in high impact step aerobics. There might be greater risk of injury during performing high impact

of step aerobics. It would be suggested that the stretching of hip adductors, knee internal rotators and ankle adductors before performing the step aerobics, especially important in over step movement.

前言

階梯有氧運動具有高、低強度的運動特性，與一般有氧舞蹈最大的不同在於踏板的使用，藉由階梯上上下下組合變化動作、節奏性的課程可強化心肺功能及訓練臀部和腿部的肌群，著重於上下階的技巧及身體中心線的定位。低衝擊(low impact)的動作原則為過程從始到終定有一腳接觸地面，適合所有年齡層；相反的，高衝擊(high impact)動作具有雙腳離地的過程，並且多會加上手部動作以幫助跳躍力，其空中期的形式包括 kicking、skipping、jumping 等的動作，其變化是為了使目標心跳率達到 80%-90% 的最大心跳率。在有氧舞蹈中，音樂提供動作的時間點，同時增加運動的氣氛，節拍視所從事的運動強度而定，用於高、低衝擊階梯有氧的速度不同，以配合動作的需要，若跳躍動作配上慢拍點，完成動作很辛苦，所以高強度會配上 133bpm 以上的音樂，其它如慢速 100bpm (beats per minute) 適合用於伸展操，中速 100-120bpm 用於暖身和緩和，而地板有氧舞蹈多用 130-160bpm，低衝擊有氧運動和階梯有氧使用 118-125bpm。上階梯的技巧由於身體微微向前傾，增加額外壓力於足部、阿基里斯腱、小腿，參與者須要保持足部的平坦以維持平衡，同時減少腿部、踝關節、足部的總壓力。若踏階太常使用足前部，壓力集中於小面積，引起足弓相關傷害的機率增加。腿部、背部肌肉拉傷是最常見的傷害。Rothenberger et al. (1988) 的調查中，在 700 多位有氧舞蹈的學習中，至少有 49% 的人受過運動傷害，小腿傷害佔 24.5%、下背佔 12.9%、腳踝佔 12.2%，其中更有 43% 的人因此在短時間內會無法再繼續參與這種活動，更指出 60% 的人受傷的部位都發生在下肢，其中過度使用是造成大部分有氧舞蹈傷害的原因。由此可知，在從事階梯有氧舞蹈時，下肢肌肉骨骼受傷主要是重複性的傷害(overuse) 及過度的負荷所造成。

研究目的

從人體肌肉骨骼生物力學角度來看，階梯有氧舞蹈著重於上下階的技巧及身體中心線的定位，需要各部關節、肌肉、韌帶的協同配合得以完成，因此，任何一處受到傷害都會使運動者的活動受到限制。所以本研究目的為探討：

- 一、 比較高衝擊、低衝擊階梯有氧舞蹈的下肢生物力學
- 二、 探討階梯有氧舞蹈中的四種基本動作中，下肢運動學及動力學的差異

文獻探討

Michaud et al. (1993) 比較常見的高、低衝擊有氧舞蹈動作的地面反作用力(垂直和外側方向的力)。其結果指出最大垂直力在低衝擊的動作較低；最大外側向力值是相似的。但是

並沒有強調任何低衝有氣舞蹈動作能減少因外剪力造成的下肢傷害。Ricard et al. (1994) 研究跑步速度和有氣舞蹈跳躍高度的關係。結果顯示，跳躍離地有氣舞蹈動作的第一個最大衝擊力雖比跑步來得大，但是跑步達到這個最大值的時間較短、且負重率較快，造成的傷害相對的比較大。Ricard et al.,比較高、低衝擊有氣舞蹈的動作。低衝擊抬膝動作的最大衝擊力(0.98 BW)比高衝擊抬膝動作(1.98 BW)來得低；低衝擊抬膝動作的平均負重率(14.38BW/s)也比高衝擊抬膝動作(42.55BW/s)來得低。綜觀之，於抬膝動作下，低衝擊的負重比高擊來得小。Wang et al.(2002) 比較高、低衝擊有氣舞蹈和階梯有氣舞蹈的地面反作用力。收取踏於 10 公分和 20 公分高階梯的抬膝動作，結果顯示，藉由膝、踝關節的屈曲吸收並減少落地期的衝擊；髖關節為低衝擊抬膝動作中最具貢獻的關節，且隨著階梯增加而增加。

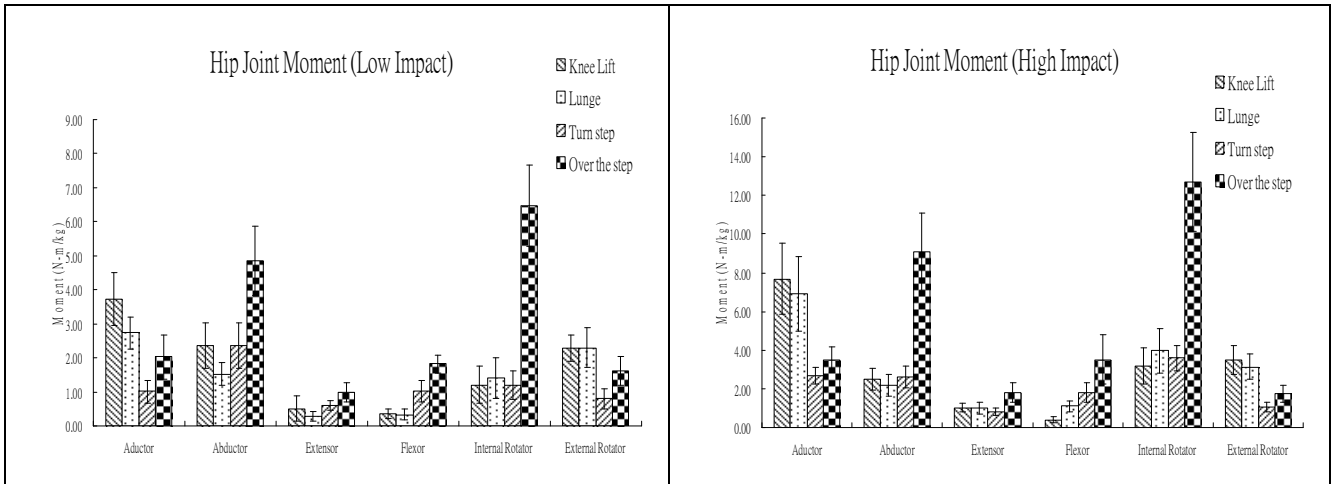
有氣舞蹈的傷害主要為骨骼肌肉系統，在過去的生物力學研究中，只有衝擊力被提出來討論，然而，關節受力(joint forces)、關節力矩(joint moments)、關節功率(joint powers)有助於臨床對下肢傷害機轉的了解，因此，本實驗為探討階梯有氣舞蹈的下肢運動學和動力學。

研究方法

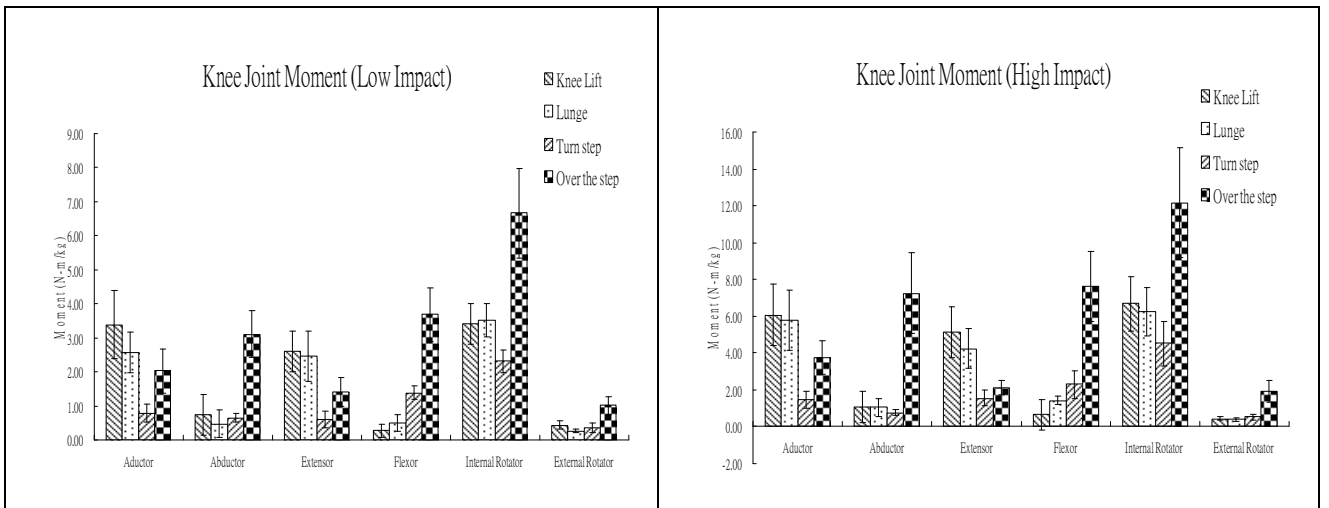
本實驗一共有位受試者 17 人，15 位女性及 2 位男性，其平均身高為 161.4 ± 7.2 公分，平均體重 52.9 ± 7.8 公斤，年齡 22.2 ± 3.2 歲，每週平均參與有氣舞蹈的時數為 19.08 ± 11.5 小時；受試者皆為至少參與過半年之階梯有氣舞蹈。在測試開始之前先和受試者詳談，告知實驗目的以及流程，若無疑問則請受試者簽署受試者同意書。為模擬有氣舞蹈課程，的受測者依照指示，完成有氣階梯舞蹈的基本動作，首先暖身(stretching)，先後做低衝擊的階梯有氣運動、高衝擊的階梯有氣運動，和最後的緩和(cool down)，為求實驗得以順利進行，本實驗有架設單槍，播放事前拍攝好的教學錄影光碟，其主要的四個階梯有氣運動動作為：knee lift、lunge、turn step、over step。本實驗採用 125-143 bpm 的音樂節拍，以貼近整個完整的有氣舞蹈課程，動作與動作間以上下階梯來串連。本研究共使用 22 顆反光標記，階梯上貼三顆，受試者身上 19 顆，其位置分別為兩側 ASIS、大腿外側、股骨內外髁、小腿外側、足內外踝、腳跟、足第二跖骨頭、薦骨。利用 VICON 612 人體動作分析系統，收取這些反光球的資料。實驗設備為兩塊 AMTI 測力板(採樣頻率為 1000HZ)、VICON 612 人體動作分析系統(採樣頻率為 250HZ)、reebok 有氣階梯(15cm)及 touch aero 彈跳避震有氣運動鞋，由於階梯和鞋子對力會有吸收的作用，進而影響到力板的資料收集，所以實驗室自備同品牌同款式的鞋子(6-10 號)，每位受試者皆穿著相同的鞋子，但是本實驗不考慮鞋子和階梯材質的精確吸收力為多少。

低衝擊、高衝擊的動作各收五筆資料做統計分析，比較四種動作的差異使用 One-Way ANOVA，如果有顯著差異，再使用 Tukey Post hoc test 來看是哪些動作間有顯著差異；比較高、低衝擊動作則採用 pair-t test 做統計分析。

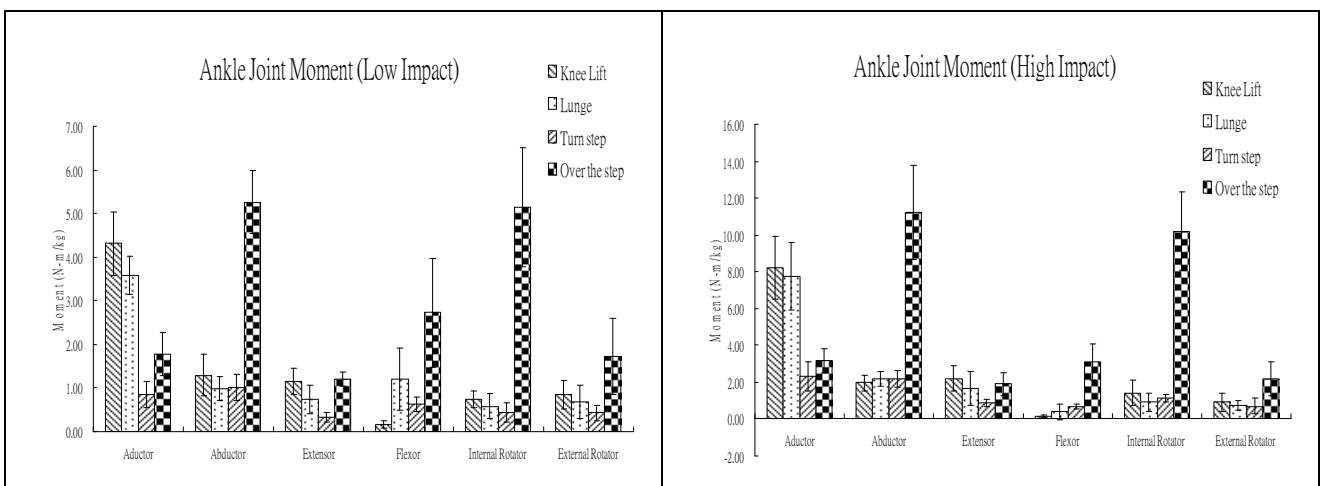
結果與討論



圖一、髖關節在高衝擊及低衝擊之四個階梯有氧基本動作下之最大力矩。



圖二、膝關節在高衝擊及低衝擊之四個階梯有氧基本動作下之最大力矩。



圖三、踝關節在高衝擊及低衝擊之四個階梯有氧基本動作下之最大力矩。

表一、各關節在高衝擊及低衝擊之四個階梯有氧基本動作下之最大力作用力

		Low impact				High impact			
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Hip	Ant.	2.05±0.63	1.62±0.39	1.79±0.59	2.1±0.59	3.26±1.65	2.4±0.56	2.69±0.52	2.84±0.59
	Post.	-7.12±1.86	-6.54±0.91	-6.26±0.86	-5.61±1.13	-9.47±2.14	-9.26±2.24	-8.99±2.78	-7.91±1.22
	Med.	2.06±0.98*	1.48±0.53*	2.25±0.88*	3.43±0.93*	2.48±0.74	2.54±0.84	2.77±0.69	2.27±1.67
	Lat.	-1.47±0.34*	-1.44±0.49*	-1.28±0.34*	-2.02±0.53*	-2.33±0.5*	-2.82±0.52*	-2.22±0.46*	-3.32±0.72*
	Ten.	2.29±0.52*	1.9±0.22*	2.26±0.3*	2.45±0.29*	2.63±0.6	2.79±0.48	2.58±0.37	3.15±0.42
	Com.	-11.33±1.24	-10.21±0.93	-11.52±2.77	-13.36±4.38	-20.4±3.45*	-22.18±2.64*	-21.79±3.03*	-25.91±2.99*
Knee	Ant.	6.57±1.27	6.6±1.07	6.54±0.86	7.09±0.89	11.11±1.75	10.94±1.24	10.91±1.54	12.4±2.64
	Post.	-1.75±0.35*	-1.17±0.17*	-1.48±0.26*	-1.14±0.24*	-1.75±0.34	-1.55±0.27	-1.71±0.42	-2.06±1.89
	Med.	1.18±0.32*	0.92±0.24*	1.38±0.44*	3.94±1.51*	1.42±0.4	1.22±0.67	1.49±0.3	2.02±2.11
	Lat.	-5.04±0.92	-5.27±1.17	-5.01±0.81	-4.6±0.78	-8.97±2.85	-10.6±2.32	-9.32±3.08	-9.2±1.82
	Ten.	1.3±0.39*	0.96±0.22*	1.03±0.17*	1.33±0.27*	1.37±0.4	1.59±0.17	1.5±0.27	1.73±0.36
	Com.	-11.64±1.4	-10.46±1.26	-11.47±2.7	-11.82±1.64	-20.23±3.11*	-22.06±3.02*	-21.65±2.85*	-25.96±2.87*
Ankle	Ant.	3.94±0.5*	3.06±0.57*	3.22±0.52*	3.16±0.67*	6.52±1.24	6.1±1.69	6.12±1.49	5.33±3.1
	Post.	-2.52±0.82*	-1.87±0.4*	-2.17±0.38*	-1.62±0.51*	-2.38±0.71	-2.01±0.97	-2.15±0.54	-1.9±0.93
	Med.	0.98±0.55*	2.18±1.74*	1.56±1.04*	3.53±1.13*	1.64±1.61	1.3±1.68	2.04±1.63	2.95±1.9
	Lat.	-4.69±1.67	-5.19±2.44	-4.36±0.94	-3.27±1.21	-6.36±2.81	-8.67±4.31	-6.83±2.53	-5.59±2.1
	Ten.	0.61±0.09	0.47±0.09	0.59±0.11	0.61±0.18	0.71±0.21	0.73±0.2	0.69±0.12	0.79±0.21
	Com.	-13.07±1.43	-12.92±2.08	-12.44±2.27	-13.98±2.95	-21.86±3.5*	-24.89±3.08*	-24.1±3.31*	-28.55±3.82*

Ant.: anterior Post.: posterior *: 有顯著差異
 Med.: medial Lat.: lateral M1: knee lift M2: lunge
 Ten.: tension Com.: compression M3: turn step M4: over step

圖一為在高衝擊及低衝擊之四個階梯有氧基本動作下，髖關節之最大力矩。結果發現髖關節力矩在高衝擊的值比低衝擊大許多；而 Over step 這個動作和其他動作相較起來，其 Internal rotator 和 Abductor 變化極大；Knee lift、Lunge 的 Adductor moment 較大，可知對髖關節來上下階梯的需求比其他動作多。Hip extensor moment 在此四個動作中作用最少，而 Knee extensor moment 相較下較大，推測在階梯有氧舞蹈中，上階時地面反作用力線會落在膝關節後方，產生一個 flexion moment，因此肌肉會產生一個 extension moment 作抗衡。低衝擊有氧階梯中，由於第三個 turn step 的身體轉身動作，Hip internal rotator moment 比 external rotator moment 來得小，而高衝擊有氧階梯中的大小差不多，但是 turn step 的 external rotator moment 的值仍比其他三個動作來得小。

由圖二為在高衝擊及低衝擊之四個階梯有氧基本動作下，膝關節之最大力矩。同樣發現膝關節力矩在高衝擊的值比低衝擊大許多；Over step 動作除了 Adductor moment 以外，在膝關節各個肌肉群的力矩都比其他動作大，推測下肢為跨越踏板，地面反作用力落在膝關節內側，因此產生一個 Abductor moment，相對 Adductor moment 就會比較小。因為地面反作用力線落在膝關節的外側，以致其 internal rotator moment 的值極大，而 external

rotator moment 就顯得非常的小。第四個 over step 的動作中，其 knee flexor moment 明顯比其他三個動作來得大，由於此動作須把身體整個移至踏板的另一側，身體的移位是最大的，為避免被踏板限制到移動的方向，藉推蹬動作將身體迅速移至對側，因此其 knee flexor moment 的值較大。在進行推蹬動作時，必會有身體重心轉移的情形發生，此時地面反作用力線會落在膝關節的內側，knee abductor moment 較大用以抗衡此力。

由圖三在高衝擊及低衝擊之四個階梯有氧基本動作下，踝關節之最大力矩。結果亦顯示，踝關節力矩在高衝擊的值比低衝擊大許多；Over step 動作除了 Adductor moment 和 Extensor moment 以外，在踝關節各個肌肉群的力矩都比其他動作大，可推知此動作為橫向移位，踝關節穩定度和平衡力較差，因此造成傷害的機率也會比較大。必須特別注意 over step 這個動作的踝關節，因其 abductor moment、internal rotator moment 值非常大，這是造成踝部扭傷的主要原因，不建議協調性和熟練度不夠好的學員從事這樣的動作。比較圖一和圖二的 extensor moment，我們推測不論進行哪一個動作，主要是利用 knee extension 去完成推蹬動作。於第一個 knee lift 和第二個 lunge 動作中的 adductor moment 值比較大，表示地面反作用力線落在踝關節的外側產生一個 abductor moment。

表一為各關節在高衝擊及低衝擊之四個階梯有氧基本動作下之最大力作用力。結果顯示，三個關節在高衝擊的 anterior force、lateral force、tension force、compression force 及在髖、膝關節的 posterior force 都比低衝擊來得大，而其他向的力並沒有太大的差異，尤其在壓力的數值差異最大，相差大約兩倍多。

因此，在從事高衝擊有氧階梯時，容易導致傷害的機會和程度較大，因為對關節的壓力負荷遠大於低衝擊動作，初學者應避免一開始就接觸就衝擊的動作，且須於適度伸展暖身後，才能進一步到高衝擊動作。綜合以上這些結果，從事階梯有氧舞蹈前，於髖部應加強內收肌群的伸展；於膝部則加強其內轉肌群及內收肌群的伸展；於踝部也是加強內收肌群的伸展。特別提出第四個 over step 的動作，建議有氧舞蹈教練能夠注意學員在學習這項動作的安全，尤其是各關節 abductor 及 internal rotator，平時可加強這些肌群的訓練和伸展。

參考文獻

- [1] Asplund, D.J., and Hall, S.J. (1995) Kinematics and myoelectric activity during stair-climbing ergometry. *Research Study*, 22(6), pp.247-253.
- [2] Capelli, C., Antonutto, G., Zamparo, P., Girardis, M., and di Prampero, P.E. (1993) Effects of prolonged cycle ergometer exercise on maximal muscle power and oxygen uptake in humans. *Applied Physiology*, 66, pp.189-195.
- [3] du Toit, V., and Smith R. (2001) Survey of the Effects of Aerobic Dance on the Lower Extremity in Aerobic Instructors, *American Podiatric Medical Association*, 91(10) pp.528-532.
- [4] Ettinger, W.H., Burns, R., Messier S.P., Applegate W., Rejeski, W.J., Morgan, T., Shumaker, S., Berry, M.J., O' Toole, M., Monu, J., and Craven, T. (1997) Aerobic and resistance exercise improved pain and performance in knee osteoarthritis. *JAMA*, 277(1), pp.25-31.

- [5] Garrick, J.G., Gillien, D.M., & Whiteside, P. (1986). Epidemiology of Aerobic Dance injuries, *American Journal of Sports Medicine*, 14(1):67-72.
- [6] Hains, K. (1997). Biomechanical implications of step bench heights. *Strength and Conditioning Coach*. 5(2), 8-12.
- [7] Verhagen EA, van der Beek AJ, van Mechelen W. The effect of tape, braces and shoes on ankle range of motion. *Sports Med* 2001; 31 (9):667-77.
- [8] Mutoh, Y., Sawai, S., Takanashi, Y., & Skurko, L. (1998). Aerobic dance injuries among instructors and students. *The Physician and Sportsmedicine*. 16(12),81-88.
- [9] Valiant, G. A., & Cavanagh, P.R. (1985). A study of landing form a jump: Implications for the design of a basketball shoe. In D.A. Winter & R.W. Norman (Eds.) *Biomechanics IX-B* (pp.117-122). Champaign, IL: Human Kinetics.
- [10] 王思宣 & 黃長福 (2002)。高、低衝擊有氧舞蹈與階梯有氧之生物力學分析。體育學報。33, PP. 125-136.