



## 軟硬芭蕾舞鞋對於跳躍時下肢運動生物力學之差異 —台北首都芭蕾舞團首席舞者之個案分析

陳景雲

育達商業科技大學休閒事業管理系

投稿日:2011/02/15；審查通過:2011/09/04

### 摘 要

目的：本研究針對台北首都芭蕾舞團首席女舞者，了解穿著芭蕾舞軟、硬鞋對於下肢運動生物力學表現之差異。舞者穿著自己熟悉的軟、硬鞋進行兩種芭蕾舞基本跳躍動作測試，動作包含Jump及Entrechat，利用三維動作分析系統及測力板系統擷取慣用腳腕、膝、踝關節的運動學與垂直作用力的參數比較。結果：穿著軟硬鞋在兩種動作起跳力量約為2.28-3.57倍體重，起跳與落下時的踝關節加速度峰值範圍為90832~91919度/秒<sup>2</sup>及72094~76613度/秒<sup>2</sup>，膝關節加速度峰值範圍為53802~61520度/秒<sup>2</sup>及36852~47033度/秒<sup>2</sup>，結論：穿著軟、硬鞋從事兩種不同跳躍動作，對於落地時的下肢運動力學表現確有不同之處，但軟、硬鞋之間作用比率較小。未來將增加受試樣本並多元了解軟硬鞋對於芭蕾舞基本不同動作模式表現的影響，將可增進舞蹈表現並預防保護舞者下肢傷害。

關鍵字：芭蕾舞、舞鞋、著地

### 壹、緒論

舞蹈是肢體與情感綜合的表現，是一項力與美的表演藝術，而芭蕾舞是一種輕盈、舒緩、優雅的舞蹈，為了營造輕忽飄然的氣氛，舞者在動作的設計上常以踮立、跳躍，或被高舉至空中等技術動作來表現輕巧感，因為腳跟踮起、腳尖站立可以協助舞者延展足部線條，且腳尖跳舞增加姿態優雅性及藝術表現力。

因此，芭蕾舞中踮立(pointe)是最基本動作，足跟踮起後，舞者須將體重坐落在第一、第二及第三蹠趾關節上，並使第二趾、踝部與膝部位於同一重心線上，且將足背拱起，以維持身體平衡。另外，為呈現輕盈曼妙的氛圍，表演中有常出現跳躍動作(jump)，或在騰空時兩腳完全繃直，並快速前後交替的交織動作(Entrechat)(朱立人，1994)，但在落下時，仍需以踮立姿勢快速保持穩定，此時前足必然承受大量衝擊力，若此時身體重心若不是在身體垂直的中心線上，垂直重力與地板對腳底的反作用力相抵觸，容易讓舞者動

作產生搖晃而不穩定，就容易造成足踝運動傷害(Niek, 2003)。

因此，方便延伸舞者下肢曲線，並增加踮起及落地時身體平衡感，使舞蹈動作呈現更完美，而有硬鞋(pointe shoe)設計產生，其鞋頭由皮革、麻布、紙張，透過特製膠水黏合而成的硬鞋盒(Box)，可讓舞者以運用肌力和骨架，踮腳支撐上去，並增加腳尖接觸面積增加且前足關節穩定性。然而，要穿著硬鞋從事芭蕾舞表演必需要有先前的軟鞋練習經驗，熟悉自主下肢用力感覺，培養肌群使用的專業性(郭志輝，1999)，若不正確的觀念中常使用過多不當的肌力，導致動作的純熟度缺乏，而引起運動傷害的機率增大，且長時間穿著硬鞋從是舞蹈表演是更容易造成前足不適感，甚至高比率的足部傷害(陳書芸等人，2008)。因此，要舞者們通常會練習或軟身時穿著軟鞋練習，要登台表演時卻以硬鞋為輔助。

國際間要培育頂尖的芭蕾舞者是容易，然而，目前國內針對芭蕾舞的相關研究實在不多，且並無針

通訊作者:陳景雲 Email: sabrina928@ydu.edu.tw  
地址：育達商業科技大學休閒事業管理系，(361)苗栗縣造橋鄉談文村學府路 168 號

對穿著軟、硬鞋對芭蕾舞動作表現影響的相關研究，因此本研究目的：探討穿著軟、硬鞋從事芭蕾舞基礎跳躍動作對於下肢運動技術分析。這是國內首篇直接針對優秀芭蕾舞舞者穿著軟硬鞋跳躍的個案動作技術分析及比較，冀望能拋磚引玉提供國內芭蕾舞舞者與教練有關運動生物力學訊息，可讓舞者在操作這些動作更能達到正確性、有效性及安全性，展現更美的芭蕾舞姿且預防運動傷害。

## 貳、研究方法

本研究先以台北首都芭蕾舞團之首席女舞者為受試對象，其身高 158 公分、體重 47 公斤，慣用腳為左腳，從事芭蕾舞有 12 年之經驗，但為了讓舞者能在最好狀態下順暢完成不同芭蕾舞基本動作，故讓受試者穿著自己的專業芭蕾舞專業的硬鞋(Gaynor Minden)及軟鞋(Bloch)，進行芭蕾舞兩種不同跳躍的基本動作(jump 及 Entrechat)的動作技術分析。根據舞蹈辭典(舞蹈辭典編審委員會，2004)，jump 就如同一般跳躍方式，包括起蹬、飛行及著地，可套入芭蕾舞五個基本動作中，而本研究指二號位基本動作開始並結束(如圖一)；而 Entrechat 則先由 4 號位開始，兩腿快速下蹲並用力垂直往上跳起，在空中完全繃直，並快速地前後交替，以兩腿內側小腿肚互相打擊，並以四號位落下(如圖二)。

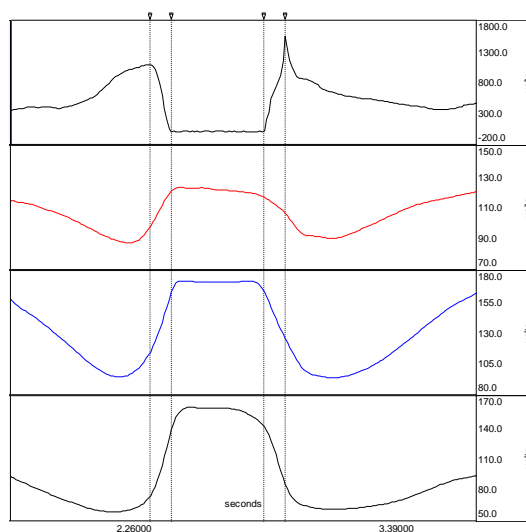


圖一 Jump 動作流程說明圖

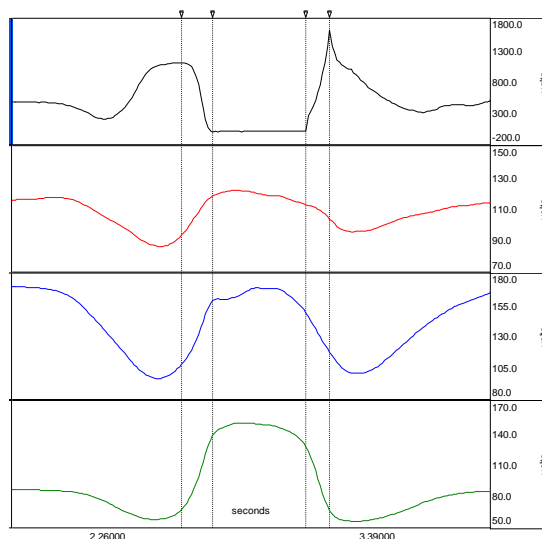


圖二 Entrechat 動作流程說明圖

本研究以三維動作分析系統(Motion Analysis System, USA)擷取舞者穿著軟硬鞋從事跳躍基本動作(Lin, Yu & Garrett, 2004)，擷取頻率為 100Hz，並透過動作分析系統之套裝軟體(EVaRT, Motion Analysis System,



圖三 穿著軟鞋從事 Jump 動作的測力板與下肢運動學原始資料(由上至下依序代表：垂直作用力(牛頓)、髖關節角度(度)、膝關節角度(度)、踝關節角度(度))



圖四 穿著軟鞋從事 Entrechat 動作的測力板與下肢運動學原始資料(由上至下依序代表：垂直作用力(牛頓)、髖關節角度(度)、膝關節角度(度)、踝關節角度(度))

USA)運算跳躍時下肢各關節(髖、膝、踝)運動學參數資料，如角度變化(度)、角速度(度/秒)、及角加速度(度/秒<sup>2</sup>)。另外，也同步利用三維測力板(AMTI, USA)收集從事不同動作時對地面的施力狀況，其取樣頻率為 1000Hz，如原始資料如圖三、四所示，每個動作均測試三次，以三次平均為表現，由於本研究動作模式以兩腳同步表現，故採慣用腳進行事後分析。

## 參、結果與討論

經實驗數據分析後，下肢運動力學結果資料如下表一，研究結果顯示穿著兩種不同芭蕾舞鞋從事兩種不同跳躍動作，在起跳力量峰值範圍為 1071~1143 牛頓，約為 2.28~2.43 倍體重，因此起跳後的騰空時間約為 380~410 毫秒；在運動學表現：踝關節最大加速度範圍為 90832~93005 度/秒<sup>2</sup>，而膝關節範圍為 60573~61520 度/秒<sup>2</sup>。另外，落地衝擊峰值表現範圍為 1583~1676 牛頓，約為 3.37~3.57 倍體重，大於起跳力量峰值，因此落地踝關節最大加速度峰值 72094~76613 度/秒<sup>2</sup>；而膝關節範圍為 36852~47033 度/秒<sup>2</sup>，jump 落地的膝關節減速效果優於 Entrechat。

表一、軟硬鞋從事兩種跳躍動作之下肢分析

	jump		Entrechat	
	軟鞋	硬鞋	軟鞋	硬鞋
起跳力量峰值(牛頓)	1071	1083	1136	1143
騰空時間(毫秒)	395	380	397	410
起跳時踝關節加速度峰值(度/秒 <sup>2</sup> )	90832	91919	90513	93005
起跳時膝關節加速度峰值(度/秒 <sup>2</sup> )	61520	61047	65379	60573
落地衝擊峰值(牛頓)	1676	1583	1620	1662
著地至衝擊峰值時間差(毫秒)	82	127	101	87
落地衝擊率(牛頓/毫秒)	20.44	12.46	16.04	19.10
落地時踝關節加速度峰值(度/秒 <sup>2</sup> )	75080	72612	76613	72094
落地時膝關節加速度峰值(度/秒 <sup>2</sup> )	43505	47033	37214	36852

本研究先採芭蕾舞中最常見的跳躍動作進行比較，jump 跳躍是採半蹲姿後直接躍起，不同於 Entrechat 先下蹲再起跳，雖然 jump 沒有所謂下蹲期，但本研究採由二號位置，起跳瞬間有較大髖關節活動度(jump—83 度、Entrechat—36 度)可出力，因此兩種動作在躍起表現相似；但落地時，由膝踝關節的最大加速度出現時機，Entrechat 的踝關節早於 jump，故 jump 落地時可採用較多踝關節緩衝效果，換言之，Entrechat 較 jump 使用較多膝關節緩衝作用，兩種不同動作間對於落地策略略有不同。然而針對 Jump 落地時，穿著軟鞋的衝擊率大於硬鞋，因穿著軟鞋較快達到力量峰值，可能因為軟鞋底只有皮革緩衝，因此衝擊率較大。但 Entrechat 落地瞬間採四號位置著地，相較二號位置落地，兩腳尖更靠近接近身體重心垂直線上，踝關節較難作用，踝關節最大加速度發生時間早於膝關節，因此需較多膝關節緩衝，但也因硬鞋前方是有個較堅硬的鞋盒可支撐前足，落地時鞋盒會直接撞擊地面並無緩衝結構情況下，因此，穿著硬鞋從事 Entrechat 落地衝擊率卻會高於軟鞋，此現象略不同於 Jump 落地。

## 肆、結論與建議

透過資深優秀芭蕾舞者個案分析，穿著軟、硬鞋兩種不同跳躍動作，對於落地時的下肢運動力學表現確有不同之處，但軟硬鞋的作用比率較小，未來可再增加實驗樣本及不同類型動作模式加以比較，應可更深入了解軟硬鞋對於芭蕾舞基本不同動作模式表現的影響，將可增進舞蹈表現並預防保護舞者下肢傷害。再者，也建議舞者須先有成熟的軟鞋練習經驗，讓踝、膝及髖關節能適應並承受更大的反作用力時，再進階硬鞋的芭蕾舞基本動作練習，並建議穿上著硬鞋前先套上羊毛軟墊，增加前足與硬鞋間的彈性，可減緩落地衝擊對於趾關節的不適感，才能讓動作能發揮的淋漓盡致。

## 伍、參考文獻

- 朱立人主編(1994)。舞蹈美學。台北市。洪葉文化事業有限公司。
- 陳書芸、曾國維、黃靖雅、黃健榕、吳若萍、王淑華(2008)。不同舞蹈類型舞者運動傷害分析，北體學報，16，215-225。
- 郭志輝(1999)。舞蹈應用生理解剖學。台北市。五南圖書出版。
- 舞蹈辭典編審委員會編著(2004)。舞蹈辭典。台北：編譯館出版。
- Cheng-Feng Lin., Bing Yu & William E. Garrett(2004). Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. *Clinical Biomechanics*. Volume 21, Issue 3, March 2006, Pages 297-305



## Biomechanical analysis of ballet jump movements with flat and pointe shoes: A case of Taipei capital ballet dancer

Ching-Yun Chen

*Department of Leisure Management, Yu Da University*

Accepted: 2011/09/04

---

### ABSTRACT

**Purpose:** this study was to investigate the kinematic and kinetic difference of lower-extremity during two jumps with two kinds of shoes by biomechanical approach. One senior Taipei capital Ballet dancer dressed in her personal flat and pointe shoes was asked jump and Entrechat movements. **Method:** The hip, knee, ankle joint motion of dominant leg was captured by using three-dimensional motion analysis system and force platform system and vertical force was acquired by AMTI force platform. **Result:** The results were showed the maximal take-off force among two jumps and two varied shoes is about 2.28-3.57 times of body weight. The peak ankle joint acceleration of take-off or loading during jump was about  $90,832 \sim 91,919 \text{ }^\circ / \text{sec}^2$  and  $72094 \sim 76613 \text{ }^\circ / \text{sec}^2$ , and the peak knee acceleration ranged in  $53802 \sim 61520 \text{ }^\circ / \text{sec}^2$  and  $36852 \sim 47033 \text{ }^\circ / \text{sec}^2$ . The conclusion is the loading performance is a little difference between two jumps with less effect from two kinds of shoes. Future study will conduct the difference of ballet basic movement pattern between flat and pointe shoes with large subject samples for improvement of ballet performance and prevention from lower extremity injury.

**Key words:** Ballet, shoes, landing