



软硬芭蕾舞鞋对于跳跃时下肢运动生物力学之差异 —台北首都芭蕾舞团首席舞者之个案分析

陈景云

育达商业科技大学休闲事业管理系

投稿日:2011/02/15; 审查通过:2011/09/04

摘要

目的:本研究针对台北首都芭蕾舞团首席女舞者,了解穿着芭蕾舞软、硬鞋对于下肢运动生物力学表现之差异。舞者穿着自己熟悉的软、硬鞋进行两种芭蕾基本跳跃动作测试,动作包含Jump及Entrechat,利用三维动作分析及测力板系统撷取惯用脚髌、膝、踝关节的运动学与垂直作用力的参数比较。结果:穿着软硬鞋在两种动作起跳力量约为2.28-3.57倍体重,起跳与落下时的踝关节加速度峰值范围为90832~91919度/秒²及72094~76613度/秒²,膝关节加速度峰值范围为53802~61520度/秒²及36852~47033度/秒²,结论:穿着软、硬鞋从事两种不同跳跃动作,对于落地时的下肢运动力学表现确有不同之处,但软、硬鞋之间作用比率较小。未来将增加受试样本并多元了解软硬鞋对于芭蕾基本不同动作模式表现的影响,将可增进舞蹈表现并预防保护舞者下肢伤害。

关键词:芭蕾舞、舞鞋、着地

壹、绪论

舞蹈是肢体与情感综合的表现,是一项力与美的表演艺术,而芭蕾舞是一种轻盈,舒缓,优雅舞蹈,为了营造轻忽飘然的气氛,舞者在动作的设计上常以踮立、跳跃,或被高举至空中等技术动作来表现轻巧感,因为脚跟贴起、脚尖站立可以协助舞者延展足部线条,且脚尖跳舞增加姿态优雅性及艺术表现力。

因此,芭蕾舞中踮立(pointe)是最基本动作,足跟贴起后,舞者须将体重坐落在第一、第二及第三跖趾关节上,并使第二趾、踝部与膝部位于同一重心在线,且将足背拱起,以维持身体平衡。另外,为呈现轻盈曼妙的氛围,表演中有常出现跳跃动作(jump),或在腾空时两脚完全绷直,并快速前后交替的交织动作(Entrechat)(朱立人,1994),但在落下时,仍需以踮立姿势快速保持稳定,此时前足必然承受大量冲击力,若此时身体重心若不是在身体垂直的中心在线,垂直重力与地板对脚底的反作用力相抵触,容易让舞者动

作产生摇晃而不稳定,就容易造成足踝运动伤害(Niek,2003)。

因此,方便延伸舞者下肢曲线,并增加踮起及落地时身体平衡感,使舞蹈动作呈现更完美,而有硬鞋(pointe shoe)设计产生,其鞋头由皮革,麻布,纸张,透过特制胶水黏合而成的硬鞋盒(Box),可让舞者以运用肌力和骨架,踮脚支撑上去,并增加脚尖接触面积增加且前足关节稳定性。然而,要穿着硬鞋从事芭蕾表演必须要有先前的软鞋练习经验,熟悉自主下肢用力感觉,培养肌群使用的专业性(郭志辉,1999),若不正确的观念中常使用过多不当的肌力,导致动作的纯熟度缺乏,而引起运动伤害的机率增大,且长时间穿着硬鞋从是舞蹈表演是更容易造成前足不适感,甚至高比率的足部伤害(陈书芸等人,2008)。因此,要舞者们通常会练习或软身时穿着软鞋练习,要登台表演时却以硬鞋为辅助。

国际间要培育顶尖的芭蕾舞者是不容易,然而,目前国内针对芭蕾舞的相关研究实在不多,且并无针

通讯作者:陈景云 Email: sabrina928@ydu.edu.tw
地址:育达商业科技大学休闲事业管理系,(361)苗栗县造桥乡谈文村学府路168号

对穿着软、硬鞋对芭蕾动作表现影响的相关研究，因此本研究目的：探讨穿着软、硬鞋从事芭蕾基础跳跃动作对于下肢运动技术分析。这是国内首篇直接针对优秀芭蕾舞者穿着软硬鞋跳跃的个案动作技术分析，冀望能抛砖引玉提供国内芭蕾舞者与教练有关运动生物力学讯息，可让舞者在操作这些动作更能达到正确性、有效性及安全性，展现更美的芭蕾舞姿且预防运动伤害。

貳、研究方法

本研究先以台北首都芭蕾舞团之首席女舞者为受试对象，其身高 158 公分、体重 47 公斤，惯用脚为左脚，从事芭蕾舞有 12 年之经验，但为了让舞者能在最好状态下顺畅完成不同芭蕾基本动作，故让受试者穿着自己的专业芭蕾舞专业的硬鞋(Gaynor Minden)及软鞋(Bloch)，进行芭蕾两种不同跳跃的基本动作（jump 及 Entrechat）的动作技术分析。根据舞蹈辞典（舞蹈辞典编审委员会，2004），jump 就如同一般跳跃方式，包括起蹬、飞行及着地，可套入芭蕾五个基本动作中，而本研究指二号位基本动作开始并结束（如图一）；而 Entrechat 则先由 4 号位开始，两腿快速下蹲并用力垂直往上跳起，在空中完全绷直，并快速地前后交替，以两腿内侧小腿肚互相打击，并以四号位落下（如图二）。

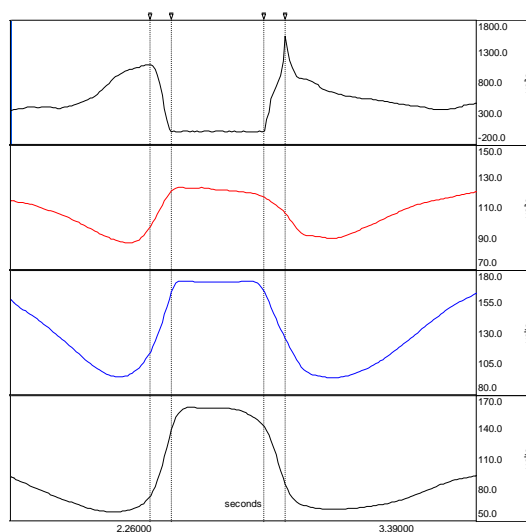


图一 Jump 动作流程说明图

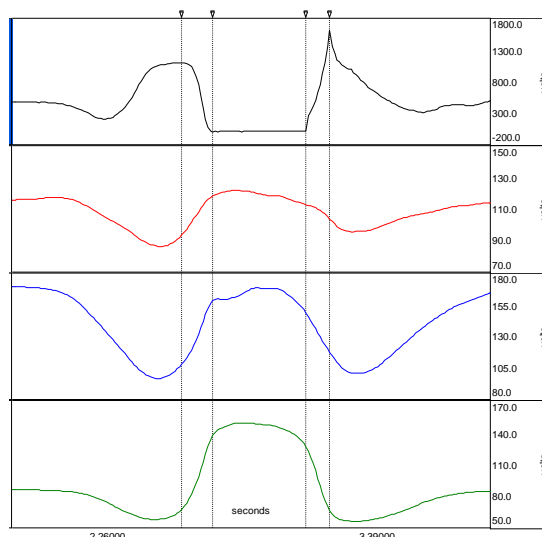


图二 Entrechat 动作流程说明图

本研究以三维动作分析系统（Motion Analysis System, USA）撷取舞者穿着软硬鞋从事跳跃基本动作(Lin, Yu & Garrett, 2004)，撷取频率为 100Hz，并透过动作分析系统之软件包(EVaRT, Motion Analysis System,



图三 穿着软鞋从事 Jump 动作的测力板与下肢运动学原始资料(由上至下依序代表：垂直作用力(牛顿)、髋关节角度(度)、膝关节角度(度)、踝关节角度(度))



图四 穿着软鞋从事 Entrechat 动作的测力板与下肢运动学原始资料（由上至下依序代表：垂直作用力(牛顿)、髋关节角度(度)、膝关节角度(度)、踝关节角度(度)）

USA)运算跳跃时下肢各关节（髋、膝、踝）运动学参数数据，如角度变化（度）、角速度（度/秒）、及角加速度（度/秒²）。另外，也同步利用三维测力板(AMTI, USA)收集从事不同动作时对地面的施力状况，其取样频率为 1000Hz，如原始数据如图三、四所示，每个动作均测试三次，以三次平均为表现，由于本研究动作模式以两脚同步表现，故采惯用脚进行事后分析。

参、结果与讨论

经实验数据分析后, 下肢运动力学结果数据如下表一, 研究结果显示穿着两种不同芭蕾舞鞋从事两种不同跳跃动作, 在起跳力量峰值范围为 1071~1143 牛顿, 约为 2.28~2.43 倍体重, 因此起跳后的腾空时间约为 380~410 毫秒; 在运动学表现: 踝关节最大加速度范围为 90832~93005 度/秒², 而膝关节范围为 60573~61520 度/秒²。另外, 落地冲击峰值表现范围为 1583~1676 牛顿, 约为 3.37~3.57 倍体重, 大于起跳力量峰值, 因此落地踝关节最大加速度峰值 72094~76613 度/秒²; 而膝关节范围为 36852~47033 度/秒², jump 落地的膝关节减速效果优于 Entrechat。

表一、软硬鞋从事两种跳跃动作之下肢分析

	jump		Entrechat	
	软鞋	硬鞋	软鞋	硬鞋
起跳力量峰值(牛顿)	1071	1083	1136	1143
腾空时间(毫秒)	395	380	397	410
起跳时踝关节加速度峰值(度/秒 ²)	90832	91919	90513	93005
起跳时膝关节加速度峰值(度/秒 ²)	61520	61047	65379	60573
落地冲击峰值(牛顿)	1676	1583	1620	1662
着地至冲击峰值时间差(毫秒)	82	127	101	87
落地冲击率(牛顿/毫秒)	20.44	12.46	16.04	19.10
落地时踝关节加速度峰值(度/秒 ²)	75080	72612	76613	72094
落地时膝关节加速度峰值(度/秒 ²)	43505	47033	37214	36852

本研究先采芭蕾舞中最常见的跳跃动作进行比较, jump 跳跃是采半蹲姿后直接跃起, 不同于 Entrechat 先下蹲再起跳, 虽然 jump 没有所谓下蹲期, 但本研究采由二号位置, 起跳瞬间有较大髋关节活动度(jump—83 度、Entrechat—36 度)可出力, 因此两种动作在跃起表现相似; 但落地时, 由膝踝关节的最大加速度出现时机, Entrechat 的踝关节早于 jump, 故 jump 落地时可采用较多踝关节缓冲效果, 换言之, Entrechat 较 jump 使用较多膝关节缓冲作用, 两种不同动作间对于落地策略略有不同。然而针对 Jump 落地时, 穿着软鞋的冲击率大于硬鞋, 因穿着软鞋较快达到力量峰值, 可能因为软鞋底只有皮革缓冲, 因此冲击率较大。但 Entrechat 落地瞬间采四号位置着地, 相较二号位置落地, 两脚尖更靠近接近身体重心垂直线上, 踝关节较难作用, 踝关节最大加速度发生时间早于膝关节, 因此需较多膝关节缓冲, 但也因硬鞋前方是有个较坚硬的鞋盒可支撑前足, 落地时鞋盒会直接撞击地面并无缓冲结构情况下, 因此, 穿着硬鞋从事 Entrechat 落地冲击率却会高于软鞋, 此现象略不同于 Jump 落地。

肆、结论与建议

透过资深优秀芭蕾舞者个案分析, 穿着软、硬鞋两种不同跳跃动作, 对于落地时的下肢运动力学表现确有不同之处, 但软硬鞋的作用比率较小, 未来可再增加实验样本及不同类型动作模式加以比较, 应可更深入了解软硬鞋对于芭蕾基本不同动作模式表现的影响, 将可增进舞蹈表现并预防保护舞者下肢伤害。再者, 也建议舞者须先有成熟的软鞋练习经验, 让踝、膝及髋关节能适应并承受更大的反作用力时, 再进阶硬鞋的芭蕾基本动作练习, 并建议穿上着硬鞋前先套上羊毛软垫, 增加前足与硬鞋间的弹性, 可减缓落地冲击对于趾关节的不适感, 才能让动作能发挥的淋漓尽致。

伍、参考文献

- 朱立人主编(1994)。舞蹈美学。台北市。洪叶文化事业有限公司。
- 陈书芸、曾国维、黄靖雅、黄健榕、吴若萍、王淑华(2008)。不同舞蹈类型舞者运动伤害分析, 北体学报, 16, 215-225。
- 郭志辉(1999)。舞蹈应用生理解剖学。台北市。五南图书出版。
- 舞蹈辞典编审委员会编着(2004)。舞蹈辞典。台北: 编译馆出版。
- 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