國立臺灣師範大學運動與休閒學院

運動競技學系 碩士學位論文

從七手八腳到六步排腿—
街舞排腿學習的量化與分析

研究生:潘柏遠

指導教授:劉有德

中華民國 103 年

中華民國臺北市

從七手八腳到六步排腿—街舞排腿學習的量化與分析

2014 年

研 究 生:潘柏遠
指導教授:劉有德

摘要

美國傳奇街舞舞者 Alien Ness 曾經說過"Footwork is the original Power move." (Martinez, 2013)。他認為排腿相當具有力量，甚至覺得排腿才能夠算是 power moves。排腿的種類繁多，但如何才能做出人人讚賞的排腿呢? 許多舞者都認為在執行排腿工作時，掃腿(sweep)為最能辨別排腿程度差異的變項，一位好的舞者有快速且大弧度的掃腿動作。70 年代後期 B-boy Spy 將六步排腿訂為 Footwork 的基礎動作，至今，六步排腿一直被認為是 Footwork 的基礎。人體的運動本身就相當複雜多變，舞蹈則是更為複雜的動作，面對排腿複雜的動作控制，該如何有效運用肢段協調完成排腿工作呢?由於多肢段的全身性動作複雜度較高，不易分析，相較於單肢段的動作分析，相關文獻較少。近年來主成份分析法(principal component analysis, PCA) ，被有效運用於分析人體多肢段的協調動作，以資料縮減的方式，方便資料分析。**目的：**以主成份分析及其他運動學表現資料觀察、量化街舞中的六步排腿學習。**方法：**以 6 名沒有街舞經驗男性自願者為研究對象，利用 IGS-190 動作擷取系統收集參與者學習六步排腿動作資料進行分析。**結果:**6 名參與者經 5 回練習後掃腿的各項表現及節奏準確性上都有明顯的進步。在 PCA 的成份數，累積變異量上個別的差異很大。成份在肢段上的分布經過練習後趨於穩定。**結論:** 前掃腿動作在練習的第二階段即有明顯進步，後掃腿則在第三階段才有明顯進步；而觀察參與者練習六步排腿於前、中、後三個階段協調型態的變化，發現在經過學習後主成份的數量、解釋變異在個體間有所差異，會有所增加、減少或是維持不變，先前研究中有經驗的舞者所呈現出的「繞圈」、及「六步」的協調，在本實驗經過練習後亦可觀察到。

關鍵詞:六步排腿、主成份分析、協調

Quantitative analysis on learning the six-step footwork

July 2014

Graduate student: Po-Yuan Pan

Advisor: Yeou-Teh Liu

The American legendary dancer Alien Ness has said" Footwork is the original Power moves" (Martinez, 2013). A strong footwork is even more powerful than power moves. However, how to perform an admirable footwork? The sweep is considered as the most discriminative movement in the footwork. In the late seventies, B-boy Spy set the six-step footwork as a basic move of the Breaking. To this day, six step footwork is considered the most important and fundamental move of footwork. Human movement coordination is complex and dance is even more complicated. There are relatively fewer studies about the whole body movement in the literature partly because it is hard to analyze. In order to effectively examine the coordination of the bodily segments, the reduction of the number of segments that are involved in the movement would help to simplify the task. Principal Component Analysis (PCA) is a technique for simplifying a dataset by reducing the multi-dimensional datasets to lower dimensions for analysis. **Purpose:** Using the performance outcome and the Principal Component Analysis to examine the change of coordination patterns in six-step learning. **Method:** Six participants with no hip-hop dance experience participated in this study. The IGS 190 motion digitizing system (120Hz) was used to capture the movement kinematics for PCA. **Results:** After 3 sessions of practice, every participant significantly improved in the sweeps and the accuracy of the tempo. Although there were great individual differences observed in the number of Principle Component (PC) and the variance accounted for among the participants, the participants have developed the stable patterns after 3 sessions of practice. **Conclusions:** The forward sweep was significantly improved at the 2nd session while the backward sweep was not improved until the 3rd session. The participants showed great individual differences in the process of developing the movement patterns. The periodic cycling patterns and the six stepping patterns that were observed in the expert performance of earlier study were also found in this study.

Keywords: Six Step Footwork, Principal Component Analysis, Movement Coordination

謝誌

沒想到也輪到我畢業了，兩年的時間過的真是飛快。想想碩一時對於運動行為還什麼都不是很懂(雖然現在還是很肉咖)，如今已經過實驗室兩年的洗禮，可以大膽的說我是臺師大劉有德老師的學生了。這兩年接觸了很多有趣的人事物，學了沒想過會學會的技能(兩手丟三球)，很開心能在運動行為實驗室學習，這是一趟很精彩的求學之旅。

出來念研究所總是要還的，要感謝的人好多好多，讓我來試試能不能全部說完。首先要感謝最偉大的劉老師，謝謝老師帶領我進入運動科學的領域，更要謝謝老師忍受我的破英文和寫論文時的爛文筆；謝謝國良學長，總在我作業、統計面臨困難時協助我，國良哥你真的是我大哥；謝謝姿裕學姊常在我面臨一些小事卡關的時候幫我通路，在美國時也非常照顧破英文的我。謝謝我計畫口試同一天的戰友上恩學長，在口試的時候幫我很多忙。謝謝我六年的好夥伴:彥傑、芝雁，一起念書一起做實驗一起寫論文，三個人一起經過很多事,我們終於要一起畢業了,真的很謝謝你們的幫忙和包容。學弟柏成、立翰、立堯，謝謝你們幫我做實驗、聊天，謝謝柏成帶我練肚子(用畫的應該比較快)，還有一起耍白癡。謝謝我碩論的受試者們:泓毅、昭憲、昱軒,願意上穿又厚又熱的 gyro，有你們我的碩論才能順利完成，我很懷念一起耍白癡還有儀器故障時候的感性談心時間。謝謝學弟俊逸在我問能不能幫忙做實驗時馬上就答應我。謝謝所有我研究所同袍的們的幫助。

希望該謝的我都謝過了，最後再次謝謝所有幫助過我的人，你們的大恩大德小弟都沒有忘，小弟在此覆蓋我的碩士論文結束這一回合。

潘柏遠謹誌於民國 103 年 7 月 29 日

目次

表次

圖次

第壹章、緒論

第一節. 問題背景

街舞運動，在台灣已經成為青少年新的社交型態，是學生的全民運動，也是近十年來青少年的流行文化(劉雅文，2011)。街舞運動在台灣蓬勃發展，近年來台灣在國際級的賽事也有相當亮眼的成績。街舞中的 Breaking(B-boying)，依動作特性分五大類型，分別為 Top rock(搖滾步)、Footwork(排腿)、Freeze(定點)、Power move(大地板)與 flip(翻)。Breaking 中的 Footwork 為用手支撐以蹲姿或其他下肢貼近地面的姿勢完成複雜的步法。美國傳奇街舞舞者 Alien Ness 曾在訪談中透露"Footwork is the original power moves."(Martinez,2013) 他認為排腿相當具有力量，甚至覺得排腿才能夠算是 power moves。排腿的種類繁多，但如何才能做出人人讚賞的排腿呢? 許多舞者都認為在執行排腿動作時，掃腿(sweep)為最能辨別排腿程度差異的變項，一位好的舞者應有快速且大弧度的掃腿動作。想要擁有豐富且強力的排腿也需從基礎紮根；70 年代後期 B-boy Spy 將六步排腿訂為 Footwork 的基礎動作，至今，六步排腿一直被認為是 Footwork 的基礎。人體的運動本身就相當複雜多變，舞蹈則是更為複雜的動作，面對排腿複雜的動作控制，該如何有效運用肢段協調完成排腿工作呢?

Bernstein(1967)將協調的產生定義為「掌握多餘的動作自由度，也就是將其轉變成可控制的系統」，因此，動作的學習就在於使眾多的動作自由度得以組織進而達到協調。過往觀察協調多是。人體的動作雖然相當複雜，在量化上有其一定難度，但我們知道肢段結構有許多部份是有相關聯的。如有方法能簡化人類動作系統中為數眾多的肢段，以彼此有所關聯的肢段結合在一起，成為較少數的獨立元素，應對分析了解該動作的協調有所幫助。例如普遍應用於統計上的主成份分析法(Principal Component Analysis, PCA)，就理論上看來是

一個頗為適當的工具（陳秀惠，2005）。

主成份分析能夠透過維度縮減來降低分析資料的複雜性。經過縮減後的成分能讓研究者篩選出主要動作的特徵，使其能聚焦於組成動作的基本而非一些枝微末節的隨機動作(李易潔,2011)。近年來有許多運動技能學習研究利用 PCA 作為初學運動技能動力的研究工具(e.g. Hong & Newell, 2006; Chen, Liu, Mayer-Kress & Newell, 2005; Ko, Challis & Newell, 2003），且確實能夠透過 PCA 在學習前後上的變化觀察到學習發生的情形。

前述提到最能辨別排腿動作表現差異在於掃腿的動作，紀錄掃腿動作的運動學資料，能簡單的對於表現進行比較，而若配合全身性協調量化的主成份分析法，對於動作表現能夠更聚焦的進行描述與探討。因此，本研究將利用主成份分析法，探討學習六步排腿的協調型態變化，並紀錄掃腿動作的運動學資料進行分析與探討，從中獲取訊息給予教學者或是相關研究者做為參考。

第二節. 研究目的

本研究目的在透過動作分析的方式，觀察練習街舞動作中的六步排腿表現，在學習前後的變化情形。其中有關協調型態的部分，將以主成份分析進行探討，有關六步排腿中掃腿表現的變化，則將以腿部動作運動學參數的變化進行探討；希望在各種資料分析中，從中獲取訊息，提供給教學者或相關研究者做為參考。

第三節. 研究問題

一、在學習六步排腿前後動作協調型態是如何變化?

二、在練習前後的掃腿(sweep)的三維空間軌跡、最大速度、加速度是否有差異?

第四節. 研究假設

一、在練習後的動作協調與練習前有差異。

二、在練習後的掃腿(sweep)比練習前有較大的平均加速度、最大速度及三維空間下的軌跡。

第五節. 名詞操作型定義

一、六步排腿(Six Steps footwork):

本實驗以左(右)側六步排腿為實驗之工作。如圖 1-1 所示，六步排腿動作順序。由「起始」之動作，在 1~2 時伸出右(左)腳向另一隻腳屈曲是為第一步，同時換手變為右(左)手著地;2~3 時將左(右)腳往後踩使兩腳都呈現伸直的狀態，是為第二步;4~5 時將右(左)腳踩往後方與右(左)腳水平，比肩膀稍寬位置，是為第三步；6~7 時左(右)腳往右(左)前方踩與第二步相同但為不同腳，為第 4 步； 7~8 時右(左)腳往左(右)腳膝關節後踩，並推進左(右)腳使動作與第一步相同，但為不同側，為第 5 步；9 時左(右)腳向前掃動且回到起始位置，為第六步。

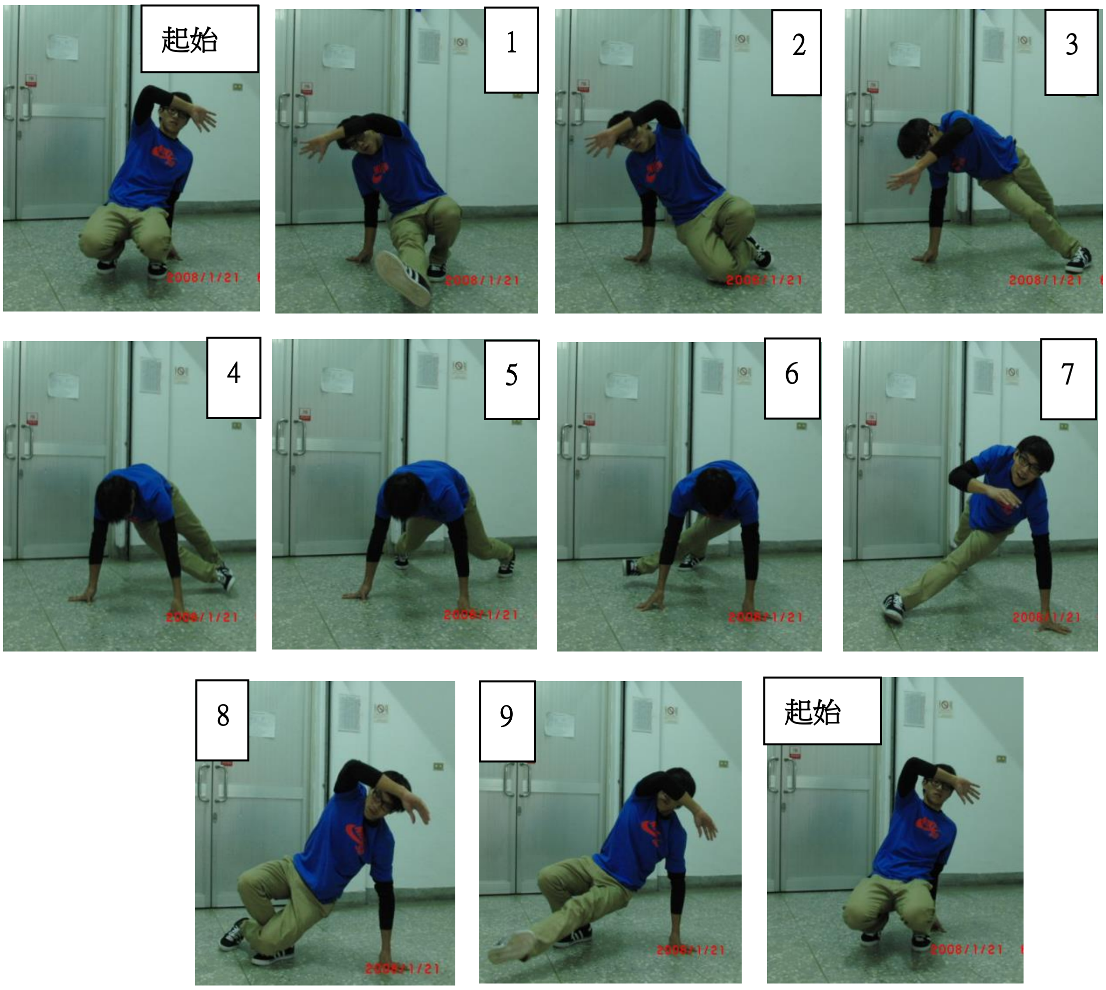


圖 1-1 六步排腿分解動作示意圖

二、掃腿(Sweep):本實驗定義之掃腿為由起始動作開始至第一步(如圖 1-1 的 1)及第六步至起始動作間的腳步動作。

三、前掃腿位移:　六排第一步左腳踝關節的在三維空間下的軌跡。

四、後掃腿位移:　六排第六步右腳踝關節在三維空間下的軌跡。

五、前掃腿加速度: 六排第一步左腳踝關節之瞬時合速度及加速度。

六、後掃腿加速度: 六排第六步右腳踝關節的之瞬時合速度及加速度。

七、協調型態:本研究以動作者全身 13 肢段點三維運動學資料進行主成份分析，以主成份分析結果作為協調型態的依據。

主成份分析之名詞

一、主成份(principal component):經主成份分析原始資料縮減過後的較少的維度，每個維度為一主成份。

二、成份分數: 成份分數係特徵值在時間序列上的投射值，代表了該成份動作型態隨著時間變化的情形。

三、主要頻率:成份分數經快速傅立葉轉換後所得之最高功率頻率值。

第貳章、文獻探討

第一節、街舞

一、Breaking 的源起

嘻哈文化的四大元素包含 DJ(放音樂者)、MC(主持人)、B-boy 及塗鴉， B-boy 為嘻哈文化當中的舞蹈元素，欲了解街舞的源起便不免俗的要從嘻哈文化的源頭說起。

嘻哈文化(hip-hop) 發源於美國紐約的布朗區(Bronx)，約在 1973 年開始萌芽，有一個牙買加人，名叫 Kool Herc，Kool Herc 當時會帶很多很大型的音響到紐約布朗區的街頭，把街上的氣氛弄的就像是一個盛大的派對一樣。當時就已經很流行用黑膠唱盤放音樂，而 Kool Herc 是第一個把音樂放的如同現代 Party 這麼大聲的人，同時也是技巧最好的，他的派對也吸引了很多人來參加。而了解這些派對意義的人便被稱做 Hip，辦派對的人希望了解這個文化的人可以玩的開心一點，所以希望他們 Hop 起來， 兩個字加起來成為了 Hip-Hop；Hip-Hop 這個字對跳舞的人來說，就是多跳一點；對 MC 來說便是，可以多說一點帶動氣氛。

當時 Hip-Hop 這個字其實是一個存在於布朗區的少數文化，只有少數人這樣說，1989 年，另一位知名的 DJ-Bambaataa 在媒體上公開說出這個字，這個字才廣為流傳(Marski, 2012)。

在 60 年代晚期，70 年代初期，人們開始一種舞蹈，這種舞蹈深受當時音樂的影響，時值 Funk 音樂的黃金時期，此舞蹈稱為"Good Foot"與 James Brown 的唱片名稱相同。Good Foot 是一種自由風格的舞蹈，其中動作包含了下降(drop)和旋轉(spin)以及和後來的 Breaking 相似的開場動作。當派對音樂播放到間奏(break)時，舞者便會出場跳舞，其後在派對間奏中跳舞的人被稱為 Break boy，也就是現在為人稱道的 B-boy。

二、Breaking 的五大元素

現在舞者們廣泛的將 Breaking 的動作特性分為五種元素:

1.Top rock(搖滾步): 由如 salsa 等拉丁舞演變而來，也結合了印第安原住民的舞蹈。

2.Footwork(排腿): Footwork 為以手支撐地面利用雙腳完成複雜的步法。

3.Freeze(定點):以手或頭等肢段，支撐身體的一些動作。

4.Power move(大地板）:高難度的旋轉動作，舞者學習體操動作而來。

5.Flip(空翻、手翻等）

蘇志鵬和王進華(2008)則將其歸類為四大類型，表 2-1 取自蘇志鵬和王進華(2008)整理 Breakin 四大舞步分類表。

表 2-1 Breakin 四大舞步分類表

Toprock(搖滾步)	Footwork(排腿)	Freeze(定點)	Powerrmove(大地板)
Top Rock	6 step	Baby Freeze(ice)	Cricket
Up Rock	5 step	G-kick	Flare
Down Rock	7 step	Air chair	Toe Touching Air Flares
Bronx Step	4 step	Turtle	UFO
Knee Drop	3 step	Air Jordan	Headspain(Drill)
Sweep Drop	c.c step	Tower Freeze	1990
Coin Drop	Coffee grinder	Air Baby	1999
Charlie Step	Corkscrew	Tilting	2000
	Zulu spin	Nike	Swipes
	Sweeping	Pike	Airtrack
		V-kick	Backspin
		Hollowback	Windmill
		Planche	Suicide
		Handglide Freeze	Lotus Air Flares
		Spider	Elbow Air Flares
			halos
			Air chair spin

(取自蘇志鵬、王進華 2008)

三、排腿(Footwork)

以雙手支撐地面利用雙腳完成複雜的步法是排腿最大的特徵，而排腿一開始是從哈薩克舞演變而來，而後來加入了功夫及 Capoeira(卡波耶拉)等元素，才逐漸有了現在看到的樣貌(Marski, 2012)。排腿相當重視速度、創意以及技巧。時至今日，排腿發展出相當多樣的種類。

70 年代後期 Bboy Spy 將六步排腿訂為 Footwork 的基礎動作，直到現在，六步排腿一直被認為是 Footwork 的基礎。排腿是一種相當自由的舞步，在世界不同地區也演變出了不同風格的排腿。在現今的世界級的街舞競賽中如 The Notorious IBE (international breakdance event) ，也有了純較量排腿技巧的 Footwork battle，可見排腿相當受舞者們及觀眾的熱愛。排腿的種類五花八門，而該如何從外顯的特徵分辨排腿動作的好壞呢？專業舞者透露，最能辨別排腿程度差異的關鍵在於掃腿(sweep)的動作，一位專精排腿的舞者能有大幅度且快速的掃腿動作，讓視覺上更有效果。

四、B-boy 賽事的標準化

近來由 Bboy Dyzee 提倡一種標準化街舞賽事的評分系統:根據客觀(Objective)，統一(Unified)，及即時(Real-Time)的原則所訂下的 O.U.R 評審系統(O.U.R. Judge System) 。O.U.R 評審系統是一個在專業的舞蹈比賽中即時為 B-boy 評分的複雜系統，專門為了標準化舞蹈觀所設計，並試圖以更主觀的方式評審街舞賽事。分數將會即時的投影在現場，包括其他的功能如網路及轉播評分，手機評分等等。系統的評分類別為: 基礎(Foundation)、原創性(Originality)、爆發性(Dynamic)、執行度(Execution)和態度(Battle)，同時在各項目下有更細部的評分規範(http://ourbboys.com/our-association)。雖然有些項目仍無法跳脫評審的主觀性意識，但這個系統將 B-boy 賽事往標準化發展，並推向競技運動的層次。

五、街舞與運動科學

國內外對於街舞運動相關文獻多著墨於人文研究，與運動科學相關的文獻少之又少，且多為生物力學相關文獻。如林光偉、涂兆佐(2009)研究不同技術水準街舞頭轉動作之運動學分析，以9部M-Cam2 Camera(250Hz)對一名業餘舞者及一名職業舞者進行拍攝，取得其運動

學參數，並將頭轉分為三個時期:啟動期、穩定期與加速期，從中探討其各時期的關節角度變化和重心偏移的變化。結果顯示職業舞者在啟動期時，髖關節活動的角度變化小於業餘舞者，同時在啟動期的重心偏移量，職業舞者也小於業餘舞者。在穩定期，職業舞者所有各關節角度之標準差略小於業餘舞者，重心偏移量方面，除了一開始業餘舞者的重心偏移量較高之外，其餘時間職業舞者的重心偏移量也只是略小於業餘舞者。在加速期，反而職業舞者的各關節角度之標準差略大於業餘舞者，而重心偏移量也略大於業餘舞者，但是在動作時間上，職業舞者卻長於業餘舞者。

Ricotti & Ravaschio(2011)研究六個月不同種類運動對於9歲足球運動員靜態平衡的影響，將30位參與者分成三組，第一組維持正常的足球活動，而第二組則加入一星期兩次的游泳活動，第三組加入一星期兩次的街舞(Break dance)運動，結果發現介入街舞運動組，其COP範圍在六個月後有縮小，且其COP範圍顯著小於其他兩組，其結果支持街舞運動對能有效的增進靜態平衡表現。

潘柏遠與劉有德(2013)研究不同經驗程度者在街舞六步排腿的表現，以主成份分析法量化兩名熟練者及六名無經驗者的動作，其結果發現在主成份的數量上並沒有差異，都能以四到五個成份表示 90%以上的動作變異，但在解釋量上會有所差異，同樣四個成份下，熟練者能有較高的解釋量。觀察熟練者的動作型態，發現較小的成份(三、四成份)會集中在髖部，且兩人分佈相類似，而無經驗者則較不一致。 分析熟練者成份分數發現一、二成份及三、四成份在週期上相類似，但存在相位差，進一步以快速傅立葉轉換分析其主要頻率，發現會有，0.9375 及 1.40625 兩種頻率的分配其結果如表 2-2。

表 2-2

不同經驗程度者在街舞六步排腿各成份的頻率分配(取自潘柏遠與劉有德，2013)

	參與者	各成分主要頻率				
		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
熟練者	R	0.9375	0.9375	1.40625	1.40625	
	P	0.9375	0.9375	1.40625	1.40625	
初學者	L	0.9375	0.9375	1.40625	0.9375	0.9375
	N	0.9375	0.9375	1.40625	1.40625	
	Y	0.9375	0.9375	1.40625	1.875	
	J	0.9375	0.9375	0.9375	1.40625	
	Z	0.9375	0.9375	0.9375	0.9375	
	B	0.46875	0.46875	0.46875	0.703125	

進一步分析主成份間的相關性，將參與者同樣頻率的成份配對以延遲交叉相關檢驗成份間相關性，發現所有人只有在一、二成份及三、四成份會達到高度相關。最後結果發現六步排腿為兩種動作組成(1)大幅度的繞圈動作(2)較快頻率的近軀幹繞圈動作。初學者已能具備粗略地的繞圈動作，但卻不能呈現六步排腿的快頻動作。

第二節、動作型態的建構及量化

一、動作型態的建構—學習

人自出生起便開始漫長的學習旅程，學習走路、跑步、使用器具等，以維持人類日常所需，而在運動行為領域常常所探討是比起維生更複雜的運動學習過程。對於學習的定義眾說紛紜，簡單的以運動技能學習的觀點來說，學習正是建構一協調型態的過程。關於協調，Bernstein(1967)從自由度(degree of freedom)來探討運動技能的協調，強調技能的獲取就是有效率的控制多餘自由度，將其轉變為可控制的系統 。在往後的運動行為學家基於一般

性的學習定義將運動技能學習解釋為:來自練習或過去經驗所造成的運動技能表現上、或其他向度上的恆久性的改變(陳秀惠，2008)。傳統上對於學習的探討著重於訊息在人腦中的處理過程。

從訊息處理的觀點來說，訊息的來源不確定時，便需要學習以降低不確定性，而人腦就像電腦一樣，蒐集外來複雜的訊息及刺激，進入中央處理系統後進行判斷，刪除不必要的訊息，只對需要的訊息產生反應(林如瀚，2008)。認知心理學派學者對於學習提出了兩大訊息處理論。Adams 於 1971 年提出的閉鎖環理論強調「訊息回饋」(feedback)與錯誤偵測機制(error detection mechanism)。每次動作練習與動作目標之間的差異於中樞神經系統形成的參考值「知覺痕跡」(perceptual trace)，經由訊息回饋與錯誤偵查機制，在反複練習的過程中知覺痕跡不斷的被強化，並獲得最大的正確性，並存於記憶系統中成為「記憶痕跡」(memory trace)(Adams, 1971)。其後，Schmidt(1975)以基模的概念，並將 Adams 的閉鎖環理論改進提出基模理論。基模理論提出兩種基模，回憶基模(recall schema)與辨識基模(recognition schema)來解釋人類大腦產生動作的機制。每次執行動作，動作者要先確認其動作執行的「起始狀態」(initial condition)，其包括環境周圍狀況及自身位置等等，再根據先前的經驗與預期的動作目標決定執行動作的「運動參數」(motor parameter)，動作執行中透過感覺接受器，獲得「感覺結果」(sensory consequence)的內在回饋，動作結束後經由「動作結果」(response outcome)獲得外在回饋，了解動作與實際目標的差距做為下次修正動作參數的依據，根據上述四個訊息形成動作基模。

傳統訊息處理理論認為訊息在大腦儲存形成痕跡,並以正確的動作加深痕跡或建立基模，所以相當重視練習的正確性，然而情境干擾、隨機練習等對於練習的效應卻難以解釋。

近年來運動行為學者轉向以非線性動力系統理論解釋人類複雜的學習行為。動力系統理論即是以非線性的數學程式來解釋自然中複雜的現象，隨著時間推進之下改變的過程(廖庭儀，2002)。動力系統理論認為，在一個系統狀態底下所有的子系統交互作用，且在子系統下還存在著許多的元素，在此將在人類動作作為例子，人是一個大系統，而神經系統及骨骼肌肉系統則是其子系統，在子系統下還存在著骨骼、肌肉、肌腱等更小的元素，人類的動作

行為便是在各種系統下交互作用而產生。而子系統是以一種稱為自我組織(self-organization)的方式互相作用(Kelso & Schöner, 1988)。整個系統狀態在自我組織之下穩定的運作，穩定的狀態則稱為吸引子(attractor)。而轉移(transition)則是由一個穩定狀態轉為另一個穩定的情形，當系統狀態隨著控制參數(如練習次數)的增加，在一段時間之內，可能沒有明顯的型態改變，但當此控制參數達到一閾值，便引起整體動作型態的改變。當轉移發生時會有所謂的關鍵性震盪(critical fluctuation)及關鍵性減慢(critical slowing down)。「景觀」(landscape)被用以描述個體運動行為的表現，在景觀中的山谷便是吸引子，當山谷越深，把周圍狀態吸引過來的強度則越強，景觀可能隨著練習或個體的經驗而改變，隨著練習不斷挖深山谷，吸引子強度越強(Newell & Liu, & Mayer-Kress, 2001)。

二、Bernstein 的運動學習三階段理論

俄國生理學家Bernstein (1967) 從運動控制自由度與協調控制的觀點，對運動學習過程中，人體如何調節、掌控自由度， 提出三階段的模式。以下取自戴遠成(2007)整理所提出之三階段模式：

(一)、凍結自由度(freezing the degrees of freedom)：在學習某動作技能的初期，學習者沒辦法有效運用肢段的自由度，就會在執行動作時將關節與肢段連結、固定，進而尋求動作的穩定，凍結了次要部分的自由度。也就是說，動作者試圖以最簡單的動作來達成目標工作。

(二)、釋放自由度(release of degrees of freedom)：個體在經過練習和經驗的累積後，對於工作有所心得，能進一步的控制肢段間的相互作用。在這個階段，個體開始釋放原本凍結的自由度， 使動作更為協調，變為可控制的系統。

(三)利用反作用力(exploiting reactive phenomena)： Bernstein 認為運動技能學習的最終目的，在於能進一步利用環境中的被動力量(passive force)，意指學習者有效利用這些反作用力，使得執行動作所需花費的主動力量(active force) 會相對地減少，相較於前面兩個階段，學習者能善用原本所浪費的功及能量，使得個體與環境間的相互關係更為密切。

三、協調型態的量化

Turvey(1990)將協調(coordination)定義為「在環境中各種物體和事件的狀態下，身體各部位的動作型態」，他認為協調是身體肢段與環境的相對關係。人類的運動協調是相當複雜的，要如何產生諸如姿勢控制、舞蹈等活動，以達成目標動作的要求?就整體性而言，人類的動作執行需要經過肌肉、骨骼在多個軸向的活動，更甚是數以萬計的神經訊號傳遞，再加上所面臨的環境、使用的工具等複雜的變數(陳秀惠，2005)。Bernstein(1967)便以動作自由度的觀點探討人類動作系統中—肌肉、關節和身體肢段等數量眾多的自由度如何從人體複雜的動作中彼此協調，其定義協調的產生為「掌握多餘的動作自由度，也就是將其轉變成可控制的系統」，因此，技能的學習就在於使眾多的動作自由度得以組織進而達到協調。

面對人類動作相當複雜的特性,動作的協調或控制該如何量化一直是學者們在探討的問題。傳統的動作型態分析方式，多在紀錄單一時間點的各項運動學資料，並以平均數標準差等統計方式加以分析、比較其差異性；然而面對人體全身性的複雜動作，Newell(1985)認為這樣的分析仍不足以具體描述整段動作的協調型態，其後開始有學者以圖型化、表徵的概念來研究人類的協調型態，如角角圖，是經由圖型觀測兩個運動學參數，在時間序列下的對應關係及其變化情形，進一步利用圖型的參數進行量化統計分析。

四、主成份分析(principal component analysis, PCA)

隨著電腦科技日新月異、研究方法的進步，在量化人類動作協調的方式有了更進一步的方式，能夠探討人體多肢段協調與動作特徵。統計方法中的主成份分析法(principal component analysis, PCA)，能夠以線性相關的方式，將在時間序列下相關性很高的的多維度資料歸類，進而縮減成數量較少、彼此為線性獨立關係的參數也就是所謂的主成份，並能保有原始資料的特性及關鍵訊息。綜合以上的概念曾國棟與劉有德(2010)指出PCA 的目的在於：(一)減少變項，將許多相關性較高的變數歸類，轉換成較少數幾個互相獨立的線性組合變項，(二) 用較少的變數(主成份)去解釋原來資料的大部分變異。陳秀惠(2005) 指出PCA使用的時機就在於研究者面臨許多彼此可能存在相關變項的情況下,透過線性組合將這許多變項減為少數幾個獨立的成份，使得分析的工作更有效率。因此，主成份分析能有效的縮減

資料的維度，降低其複雜性，方便研究者進行資料分析。

PCA 對於動作行為的分析研究，是一個相當實用的工具，有學者以 PCA 作為工具分析舞蹈的動作。Sakata, Marumo and Hachimura(2008)利用 PCA 研究日本舞舞者的動作,探討如何運用身體動作表現出的特色指標及運動學參數，達到一人分飾多角的表現。透過分析將各種參數歸類，以此看出 8 種角色的動作特徵。

Hollands, Wing and Daffertshofer (2004)以 PCA 量化現代舞者動作型態的動力，以 Vicon 攝影機錄製兩名現代舞者的一系列排舞動作，將資料以 PCA 加以分析，其結果發現只要 9 個成分即能解釋原本 96 維資料的 90%以上的變異。Hollands 等人對於專業舞者的研究，讓我們知道舞蹈等動作，看起來相當複雜，但經由適當的分析，可以簡化其看似複雜的動作協調。以 Bernstein 的動作學習理論來說，學習是在控制、協調眾多的自由度，舞蹈相對於一般人體動作更為複雜，卻能以較少的 9 個維度呈現，或許是因為專業舞者已能有效的控制多餘的自由度，而初學的舞者的動作又會如何? Bernstein 認為，在學習初會對於執行動作次要的自由度加以凍結，而以 PCA 分析舞蹈初學者動作是否也會以低維度表現? 潘柏遠與劉有德在 2013 的研究發現並沒有成份上的差異，所以我們不能單從成份數量來觀察初學者的動作型態，應觀察成份內容及分析成份分數的趨勢觀察協調的情形。

五、以 PCA 量化運動技能學習

近年來有許多運動技能學習研究利用 PCA 作為初學運動技能動力的研究工具。Haken(1996)以 PCA 量化踩板車的學習，其發現練習後主成份的結果縮減成一個維度。Chen, Liu, Mayer-Kress and Newell(2005)同樣以 PCA 分析踩板車學習的全身性動作型態變化情形，但結果卻有所不同。在練習後成份數由練習前的五個縮減為四個，且解釋量也由 93.5%增加為 94.5%。Ko, Challis and Newell(2003)以多項運動學參數及 PCA 檢驗動態平衡板的學習，結果發現練習後成份數並沒有改變，而關節角動作的振幅及變異性、壓力中心前後向的振幅、相對相位都有明顯的變化。Hong and Newell(2006)採用 PCA 分析模擬滑雪器學習的動力。結果發現原本 18 維的運動學資料經分析只要三個成份就足以解釋，練習前後成份

數並沒有改變，而解釋量由 90.2%增加為 94.6%。觀察學習者的機械自由度(mechanical degree of freedom)則有顯著的變化。Hong & Newell 所觀察的機械自由度為滑雪平台質心於水平方向移動的幅度、移動的速度，其結果發現有明顯的進步。而觀察全身和各肢段的質心於滑雪模擬平台上變動的幅度及其變異性也有顯著的變化。戴遠成、劉有德(2007)以 PCA 分析兩種工作限制的動態平衡姿勢控制學習的全身性協調型態變化,其限制分別為動態平衡板的寬區與窄區，經過練習後雖然成份數沒有變化，但只要 3 個成份即可達到 90%的解釋變異量，且總解釋量都有顯著上升，在練習前不同限制的上下身肢段成份分布有所不同，而在練習後則沒有顯著差異。陳秀惠、劉有德(2007)以 PCA 分析兩手丟三球技能學習的協調，經過學習後主成份數由 3 個增加到 4 至 5 個。

以 Berstein(1967)提出的論點來說，學習後能夠掌握多於自由度，而從上述 PCA 文獻中發現不同的運動技能可能會有不同的協調型態變化,並不一定會發生成份數上的縮減，而與目標工作的特性較為相關。

。

第三節、文獻總結

一、Breaking中的排腿為以雙手支撐地面利用雙腳完成複雜的步法。70年代後期B-boy Spy將六步排腿訂為Footwork的基礎動作，至今，六步排腿一直被認為是Footwork的基礎。專業舞者透露，最能辨別排腿程度差異的關鍵在於掃腿(sweep)的動作。

二、傳統訊息處理理論認為訊息在大腦儲存形成痕跡，並以正確的動作加深痕跡或建立基模，所以相當重視練習的正確性，然而情境干擾、隨機練習等對於練習的效應卻難以解釋。Bernstein則從運動控制自由度與協調控制的觀點說明技能學習，並提出三階段的學習模式。近年來學者們支持以非線性動力系統解釋人類的複雜行為，以人體動作為一複雜系統並透過數學方法加以分析探討。

三、傳統量化肢段協調多在紀錄單一時間點的各項運動學資料，並以平均數標準差等統計方式加以分析。主成份分析是很好的量化人體全身性複雜動作的工具。近年來有學者利用PCA來量化技能學習的過程，透過觀察其他變項得知學習造成的變化，而在文獻中發現會有維度的增減，但也有可能不會出現數量上的變化，而究竟街舞中的六步排腿在學習前後，動作的協調型態在PCA的結果會產生什麼樣的變化呢?是不是有其他運動學資料可提供學習的效果呢?

第參章、研究方法

第一節、實驗參加者

招募 6 名成年男性為實驗對象，年齡介於 22-28 歲，且未有或有少數街舞的排腿動作的經驗，所有參與者慣用手皆為右手。所有實驗參與者均於實驗開始前簽署參與者同意書，且實驗期間皆無肢體傷害。

第二節、實驗工作

本實驗之主要工作為三週的街舞六步排腿動作學習。實驗者將跟隨指定音樂節奏練習，音樂選用 Gangstarr - full clip (Instrumental edition)音樂速度約為 95bpm。

第三節、實驗設備

一、設備:

收集實驗資料之前，先以 Sony 數位攝錄影機拍參與者正面及側面全身照，建立擷取資料的骨架。實驗中以 IGS-190 動作擷取分析系統(IGS-190™ Motion Capture System , Meta Motion , California , USA)參閱圖 3-1 之 IGS-190 套裝，套裝上黏附 25 顆陀螺儀以擷取參與者進行六步排腿動作時全身的三維運動學資料，取樣頻率為每秒 120 幅。實驗過程中以連接電腦之揚聲器播放指定節奏的音樂。

圖 3-1 IGS-190 動作擷取分析系統

二、軟體:

AnimaView 動作錄製軟體、Microsoft Office Excel 2010、SPSS 19.0 套裝統計軟體。

三、實驗場地:

長寬 3m X 3m 的室內場地，場地以安靜為原則讓受試者能聽到揚聲器播放的音樂。實驗場地布置如下圖 3-2

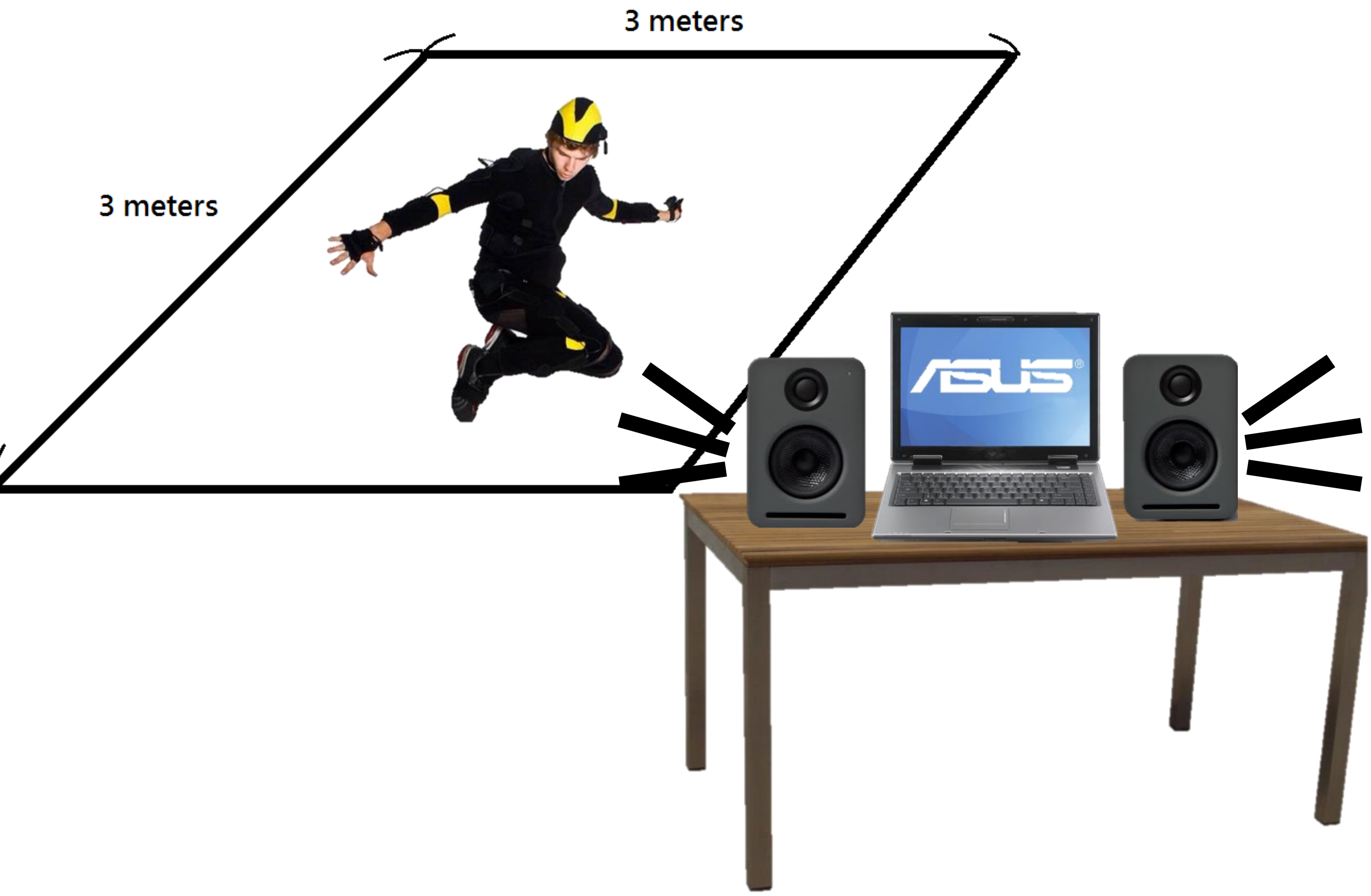


圖 3-2 實驗場地配置圖

第四節、實驗流程

一、招募實驗參與者，說明實驗工作內容，並於當天簽屬參與者同意書。安排參與者實驗日期及時間。

二、於第一次六步排腿動作練習開始前建立 IGS-190 動作擷取分析系統之骨架參照檔。

三、布置實驗場地。

四、進行全身性熱身、伸展活動並注重手腕與腿部的伸展。

五、實驗參與者著裝，並進行儀器校正。

六、播放六步排腿動作示範影片，以三個角度拍攝的動作，每個角度各播放一次(圈)。

七、依照指示直接進行六步排腿練習。

八、在練習時亦播放示範動作影片供參與者參考並要求參與者對拍完成動作，於第 1 回的前 5 次試作前都播放影片，第一回的第六次試作起每 5 次試作播放影片一次;第 2 至 5 回，示範動作影片於第一次、第十一次、及第廿一次練習試作前播放一次，每回播放三次。

九、每回練習 30 次，五回共 150 次，每天最多練習一回，每兩回間最多間隔兩天。第一回的前 10 次練習試作，第 3 回第 11 至 20 次練習試作，及第五回的最後 10 次練習試作，共 30 次練習試作的資料進行事後分析。整體實驗流程圖如圖 3-3

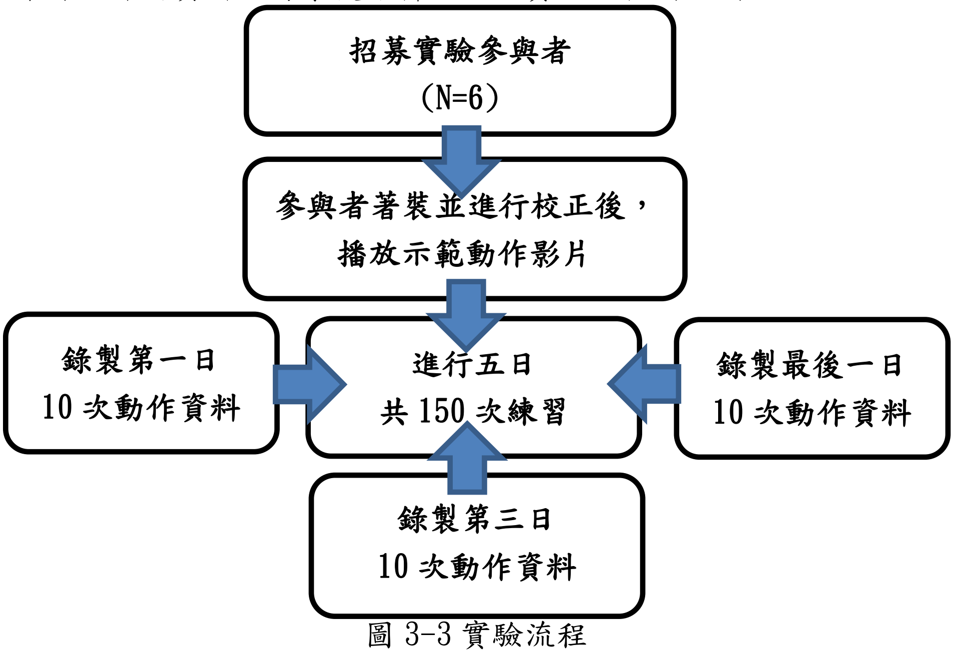


圖 3-3 實驗流程

第五節、資料處理與分析

本實驗所分析之練習資料如下表 3-1

表 3-1 分析資料表

學習階段	回數	分析次數
1	1	1—10
2	3	11—20
3	5	21—30

一、資料整理與裁剪

所收集資料以 Excel 2011 整理，將每次試作之頭、肩(左右)、肘(左右)、腕(左右)、髖(左右)、膝(左右)、踝(左右)等 13 關節點三維資料進行後續裁剪。裁剪的標準以動作者左腳開始移動之前一幅(第一步開始前)至動作完成回到起始動作為止。前掃腿動作由起始位置經六排第一步至右腳啟動前之動作資料;後掃腿則由第五步結束右腳啟動前至動作結束之動作資料。

前、後掃腿軌跡利用兩點間求距離公式計算資料每一幅踝關節移動的間距，並於最後加總求得。最大速度利用前述求得每幅間的間距，除以每幅的時間(1/120s)求得瞬時速度，並找出同一次掃腿中的最大速度。加速度的計算則利用求得每幅間的瞬時速度，後前相減求得速度變化再除以間隔時間(1/120s)求得。

二、主成份分析(Principal Component Analysis, PCA)

將第一個階段的 10 次資料,第二階段的 10 次資料,及第三階段 10 次的動作資料以 SPSS 19.0 套裝統計軟體進行主成份分析，選用共變數矩陣為分析資料的標準。由於 IGS-190 動作擷取系統採固定參考作標，為維持方向的一致性，要求參與者面北完成工作，使擷取之資料 X 軸向動作為左右動作， Y 軸為前後，Z 軸為上下動作。

三、特徵值個數(λk)

主成份分析後的特徵值個數，代表整體資料能夠縮減的維度多寡，本實驗使用 Jackson(1993)提出的 broken-stick test，作為決定成份個數的依據，以下為預測值之公式:

$$b_k=\frac{1}{n}\sum_{i=k}^{n}\frac{1}{i} \tag{1}$$

其中 n 為所分析的參數個數，k 為成份個數，i 則為總和公式的起始值，在此式中即為成份個數。當特徵值的觀察值(λ_k)大於預測值(b_k)時，此特徵值則可保留，3 到 6 個成份的預測值如表 3-2。本實驗經主成份分析後，各特徵值所代表的預測資料以主成份(principal component)表示。本實驗使用 Richman(1988)所建議特徵向量負荷量絕對值大於 0.5 為篩選的依據，特徵向量負荷量值越大代表原始參數與歸類出之成份變化趨勢越相近。

表 3-2 預測值計算

成份數	預測值
1	0.1091
2	0.0834
3	0.0706
4	0.0621
5	0.0556
6	0.0505

四、成份分數分析

(一)快速傅立葉轉換

經主成份分析所得之各成份向量投射值為各成份分數。六步排腿為週期性的繞圈動作，而在完成動作時肢段間存在的相位差可能導致主成份分析的結果將同樣的動作歸類成不同成分。利用 Mathmatica 7.0 版數學軟體，將各成份分數進行快速傅立葉轉換，檢驗其主要頻率值，作為後續檢驗相位差的基礎。

(二)成份分數的相關分析

將主要頻率相同之成份分數，以 Pearson 積差相關分析得兩成份間之相關係數，例如 A 與 B 兩筆資料同樣為週期性的變化，透過延遲其中一成份資料時間至 1/4 週期的方式檢驗其相關性，導出其最高相關係數。

五、節奏準確性

根據音樂節拍 95bpm 計算出 4 拍完成動作的標準頻率值為 0.7915Hz，六排第一、二成份成份為完成一週期性的動作。設定 0.7915Hz 為目標值，將每次試作一、二成份頻率與目標值計算其絕對誤差，檢驗參與者對拍的準確性。絕對誤差為判斷準確性的方法，其公式為:

$$\frac{\sum_{i=1}^{n}|xi-T|}{\mathrm{n}} \tag{2}$$

n 為試作次數，x_i 為每次試作值，T 則為目標值。

五、統計分析

所有動作表現的變數：前後掃腿軌跡、最大速度、最大加速度，主要動作頻率，及主要動作頻率絕對誤差，以單因子重複量數變異數分析檢驗所有學習者三個練習階段的差異。在動作型態方面，由於學習者之自然動力及學習動力可能影響型態變化的方向，以單因子重複量數變異數分析對每一位學習者在三個學習階段主成份個數的變化進行考驗。成份個數統計以$\frac{\text{特徵值大於 1 的成份數}}{\text{39(總變數量)}}$作為統計分析的變項。累積變異量的變化同樣以單因子重複量數變異數分析，顯著水準訂為α =.05。

第四章、結果

第一節 掃腿動作表現

（一）前掃腿

1. 三維空間軌跡

將六人的前掃腿軌跡資料以單因子重複量數變異數分析比較結果如圖 4-1。結果顯示不同練習階段間有顯著差異，$F(2,10)= 7.901$, $p<.05$，經事後比較發現階段 1 與階段 2、3 達顯著差異，階段 2(39.253 ± 17.003 cm)、3(40.554 ± 20.165cm)掃腿距離顯著大於階段 1(28.347±18.68 cm)。

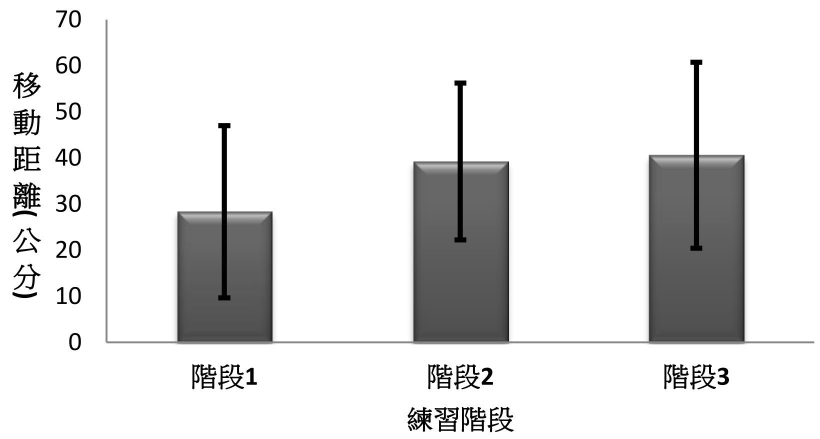


圖 4-1 三個練習階段的前掃腿平均距離

2. 最大瞬時合速度

比較練習前中後最大瞬時合速度，結果如圖 4-2。結果顯示不同練習階段間也有顯著差異，$F(2,10)= 10.336$, $p<.05$，事後比較結果發現階段 1 與階段 2、3 達顯著差異。階段 2(4.179 ± 1.274m/s)、階段 3(4.007 ± 1.830m/s)最大瞬時速度顯著大於階段 1(2.691± 1.638m/s)。

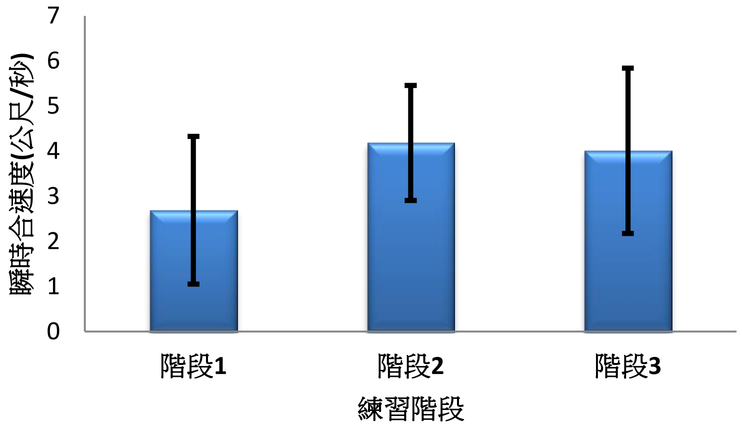


圖 4-2 三個練習階段的前掃腿最大瞬時合速度

3. 最大加速度

比較三練習階段最大瞬時合加速度結果如圖 4-3。結果顯示不同練習階段間有顯著差異，$F(2,10)= 8.527$, $p<.05$，事後比較發現階段 1 與階段 2、3 達顯著差異。練習階段 2(494.884 ± 227.645 m/s^2)、3(466.521 ± 215.099 m/s^2)最大加速度顯著大於階段 1(322.955 ± 193.904 m/s^2)。

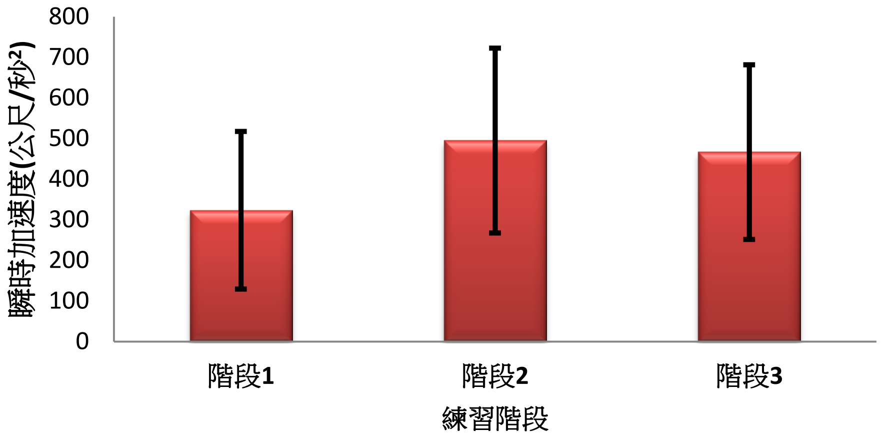


圖 4-3 三個練習階段的前掃腿最大瞬時加速度

（二）後掃腿

1. 三維空間軌跡

以單因子重複量數變異數分析比較三個階段的後掃腿軌跡，各階段平均掃腿軌跡如圖 4-4。結果顯示不同練習階段間有顯著差異，$F(2,10)= 5.030$, $p<.05$，事後比較結果發現階段 1 與階段 3 有顯著差異。階段 3(34.779 ± 13.592cm)的後掃腿距離顯著大於階段 1(17.396 ± 10.269 cm)。

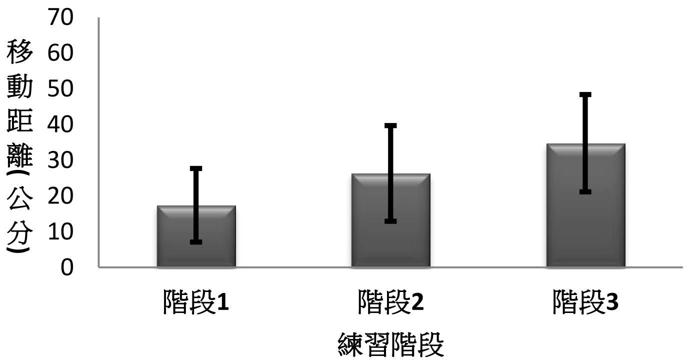


圖 4-4 三個練習階段的後掃腿平均距離

2. 最大瞬時合速度

比較三個階段的後掃腿最大瞬時合速度，各階段平均最大速度如圖 4-5。結果顯示不同練習階段間有顯著差異，$F(2,10)= 7.346$, $p<.05$，事後比較發現階段 1 與階段 3 有顯著差異，階段 3(4.835 ± 2.446 m/s)的後掃腿最大瞬時合速度顯著大於階段 1(1.954 ± 2.022 m/s)。

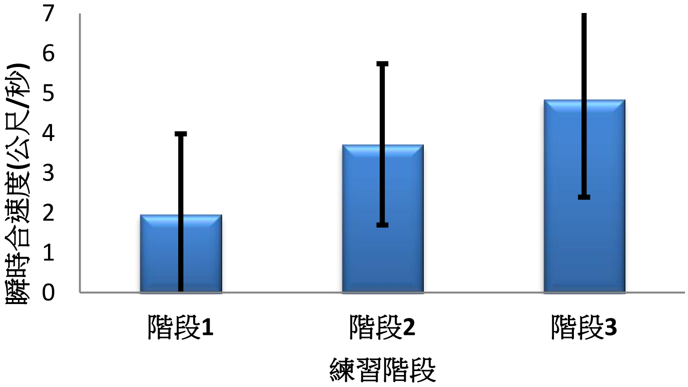


圖 4-5 三個練習階段的後掃腿最大瞬時合速度

3. 最大加速度

比較三個階段的後掃腿最大加速度，各階段之最大加速度之平均數如圖 4-6。結果顯示不同練習階段間有顯著差異，$F(2,10)= 6.728$, $p<.05$，事後比較發現階段 1 與階段 3 有顯著差異，階段 1(579.298 ± 285.486 m/s^2)的後掃腿最大加速度顯著大於階段 3(277.578 ± 240.508 m/s^2)。

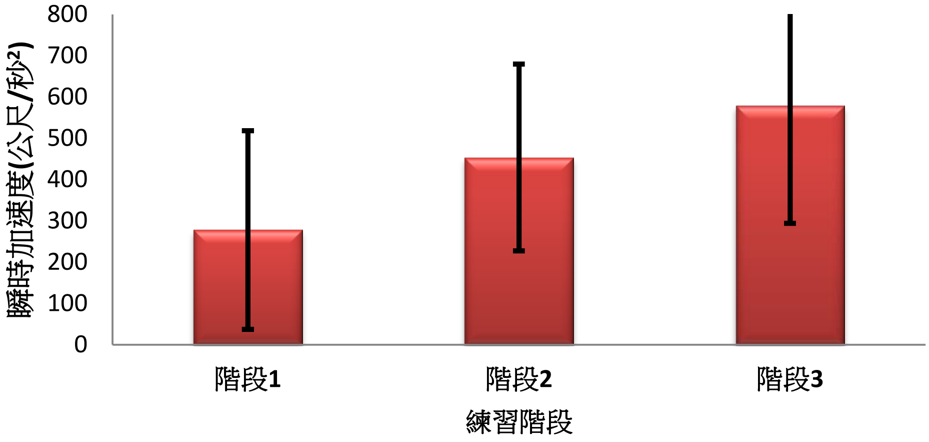


圖 4-6 三個練習階段的後掃腿最大瞬時加速度

第二節 主成份分析

1. 成份解釋量

經主成份分析後可將原本 39 維的變數縮減為 3~5 個主成份，成份數量的變化在不同參與者間有差異，將參與者 N、H、Z、Y、B、K 各練習階段成份數量、及累積解變異量整理如下表 4-1 所示:

表 4-1 參與者不同階段 10 次試作平均主成份個數及總累積變異量

練習階段	參與者	PC數目/SD	累積變異量%
		不同練習階段平均成份數及其平均累積變異量	
1	N	4/0.447	95.789
	H	4.4/0.49	95.484
	Z	4.1/0.3	95.882
	Y	4/0	95.657
	B	3.6/0.49	95.220
	K	3.3/0.46	94.889
2	N	3/0	94.438
	H	3.6/0.49	95.125
	Z	4.4/0.49	95.698
	Y	3.9/0.3	95.159
	B	3/0	94.533
	K	4/0	95.619
3	N	3/0	94.916
	H	3.2/0.4	94.148
	Z	4.7/0.46	96.353
	Y	3.8/0.4	94.684
	B	3.2/0.4	94.596
	K	4/0	95.817

可以發現有 3 名參與者(N、H、Y)在經過 5 天 150 次練習後主成份的數量變的較少，甚至參與者 N 最後只需三個成份就足以解釋這個動作 95%以上的變異。

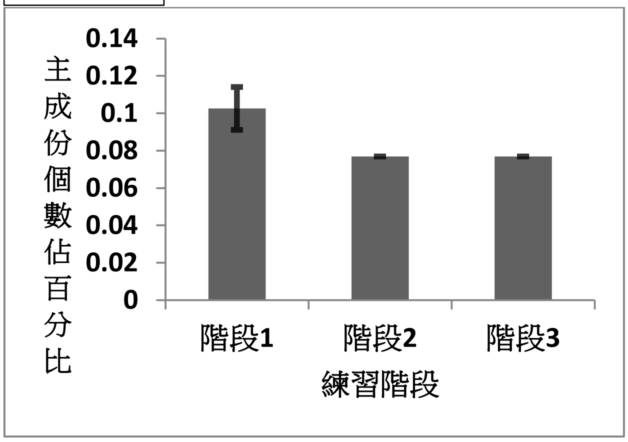
2. 成份個數

將各參與者三個練習階段的成份個數以單因子重複量數變異數分析進行考驗，各參與者平均個數如圖 4-7。表 4-2 彙整統計結果，結果呈現個體間練習前後成份數變化有所差異，N、H、B 階在練習後成份數有所縮減，而 Z 及 K 則有所增加。

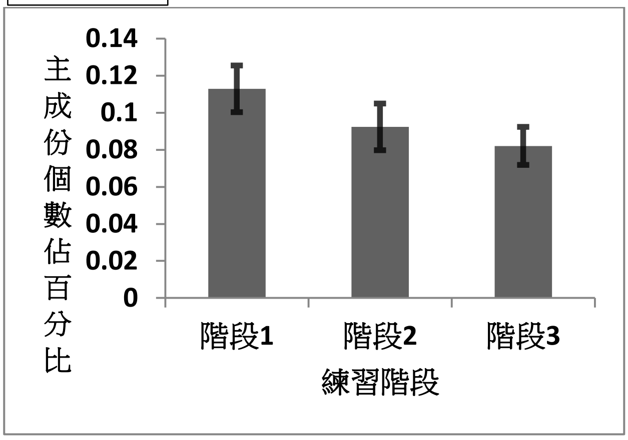
表 4-2 各參與者成份統計表

各參與者成份數統計表			
參與者	F(2,18)	*p*	事後比較
N	45	.000	1 > 2&3
H	21	.000	1 > 2 >3
Z	5.651	.012	1 < 3
Y	.387	.387	未達顯著
B	7.875	.003	1 > 2&3
K	21	.000	1< 2&3

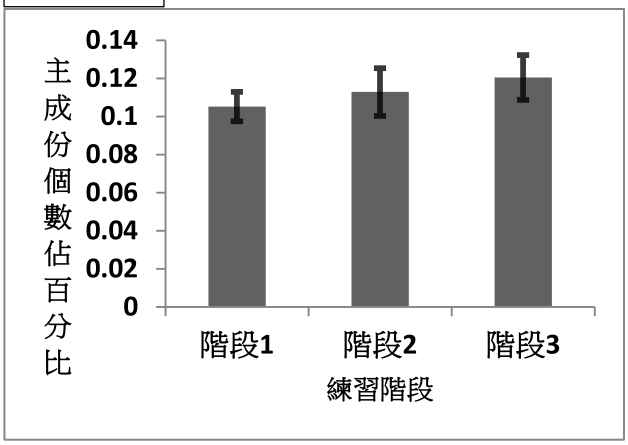
參與者 N



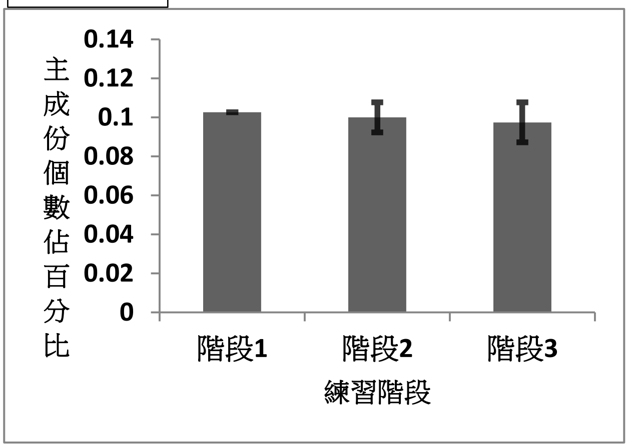
參與者 H



參與者 Z



參與者 Y



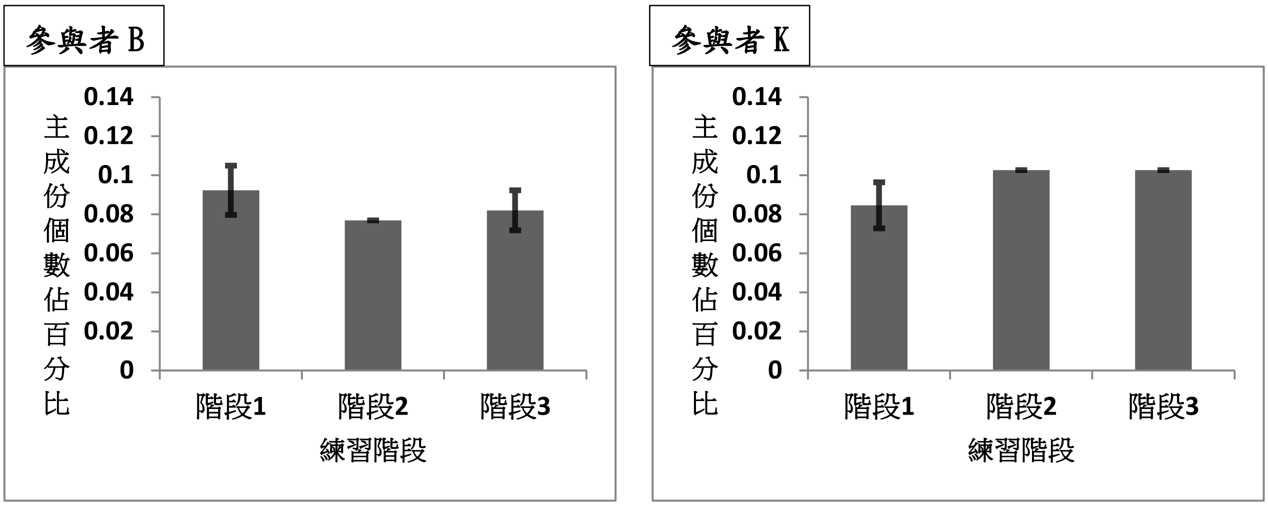


圖 4-7 各參與者主成份數統計圖

3. 各參與者成份解釋量

將個別參與者三個練習階段前 2 成份累積解釋量以單因子重複量數變異數分析進行比較，結果整理至表 4-3。表中呈現的練習前中後的解釋量變化，在個體間也有不同的情形。圖 4-8 呈現各參與者前兩成份累積變異量，N、H、B 經練習後都解釋變異量都有所提升，Z、K 則在練習後有所減少。

表 4-3 各參與者前兩成份累積解釋量統計表

各參與者前兩成份累積解釋量統計表			
參與者	F(2, 18)	*p*	事後比較
N	5.909	.011	1&2<3
H	5.838	.011	1<2&3
Z	10.569	.001	1>3>2
Y	1.492	.251	未達顯著
B	2.631	.099	2<3
K	106.947	.000	1>2&3

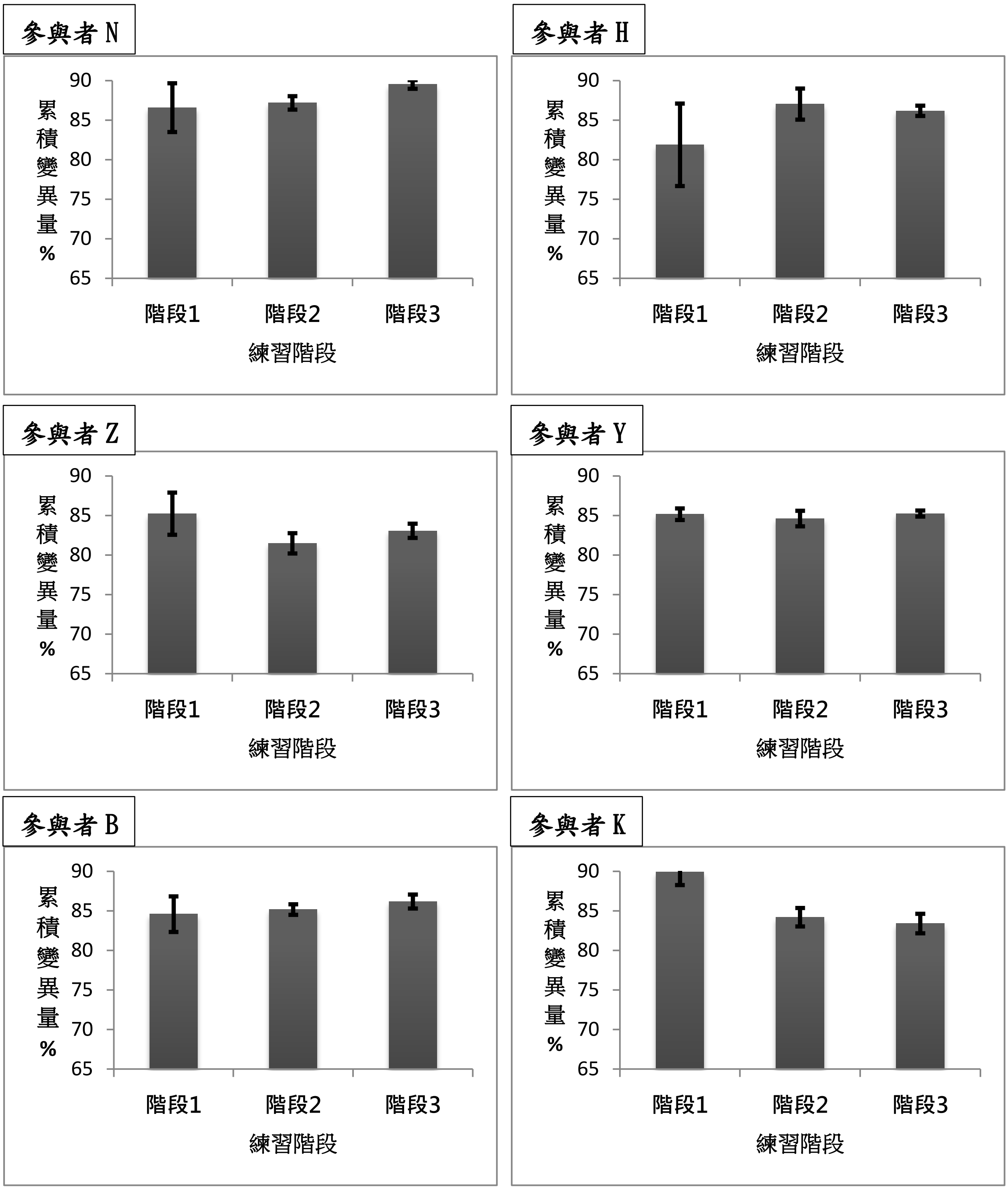


圖 4-8 各參與者前兩成份累積變異量統計圖

3.成份矩陣

為了解學習前中後各成份所包含的肢段內容，挑選各參與者於學習階段1的前3次，階段2的4至6次，階段3的最後3次共9次資料進一步觀察成份矩陣內容，依據因素負荷量絕對值0.5以上為標準篩選，若相同肢段於不同成份時，將會選取負荷量最高的成份。將各參與者9次資料篩選後，選取每階段三次的練習皆位在相同成份的肢段參數製作人型圖，圖4-9至4-14呈現各參與者位在相同成份的肢段參數。圖中X軸所代表為左右的動作,Y軸則為前後,Z軸為上下方向。從各參與者主成份在肢段上分佈的情形看，多數人在學習階段2及3共同的肢段比較多,在練習過後動作型態變得較為一致。第一、二主成份的內容多為變異量較大的肢段，如手、腳的動作。從中也可以發現Y、B表現出相類似的動作型態，其為PC1集中於Y軸向動作、Z軸明顯出現左右手分別位於不同成份。

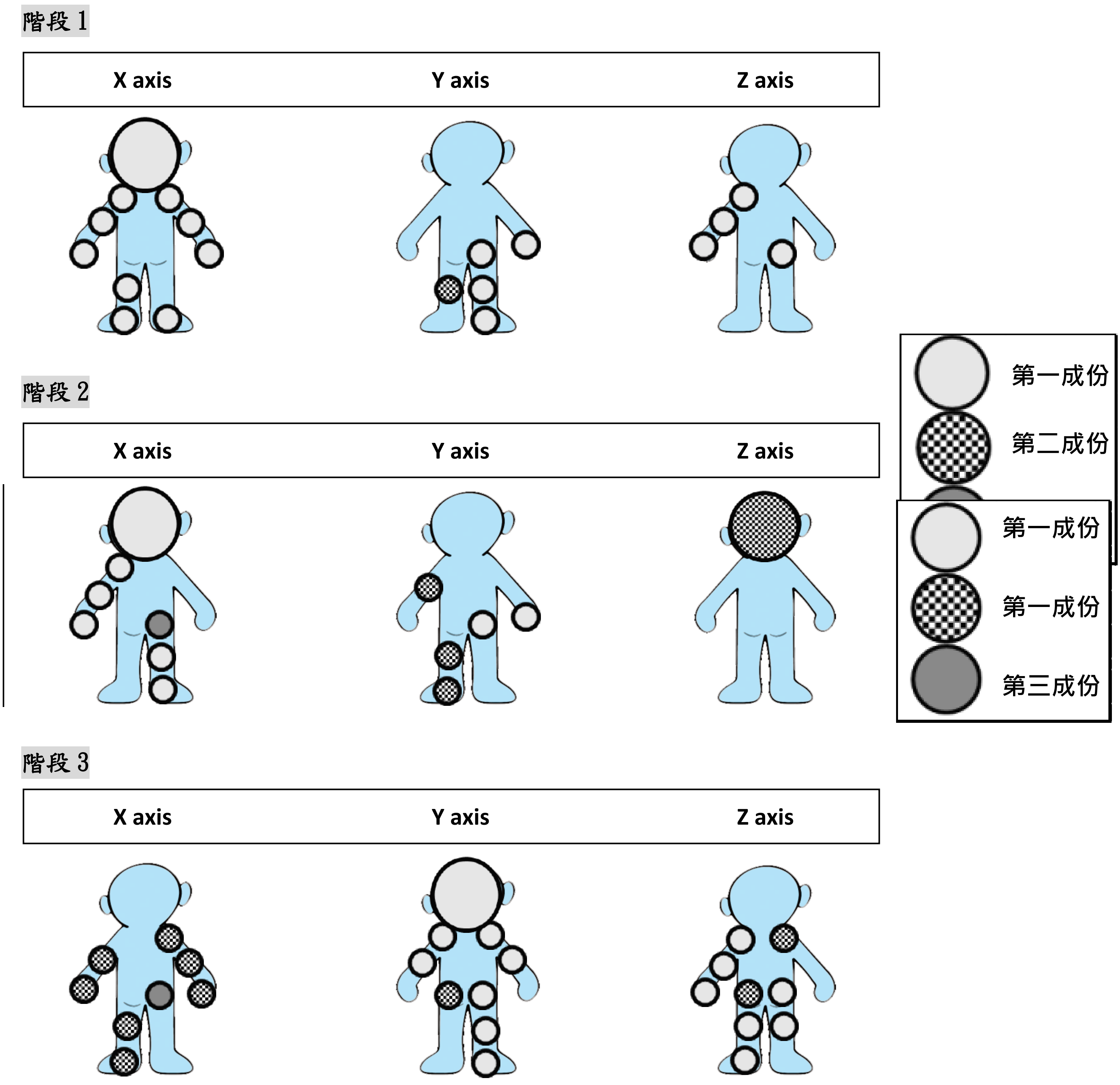


圖 4-9 參與者 N 位在相同成份的肢段參數，淺灰代表第一主成份；黑點代表第二主成份；深灰代表第三主成份。

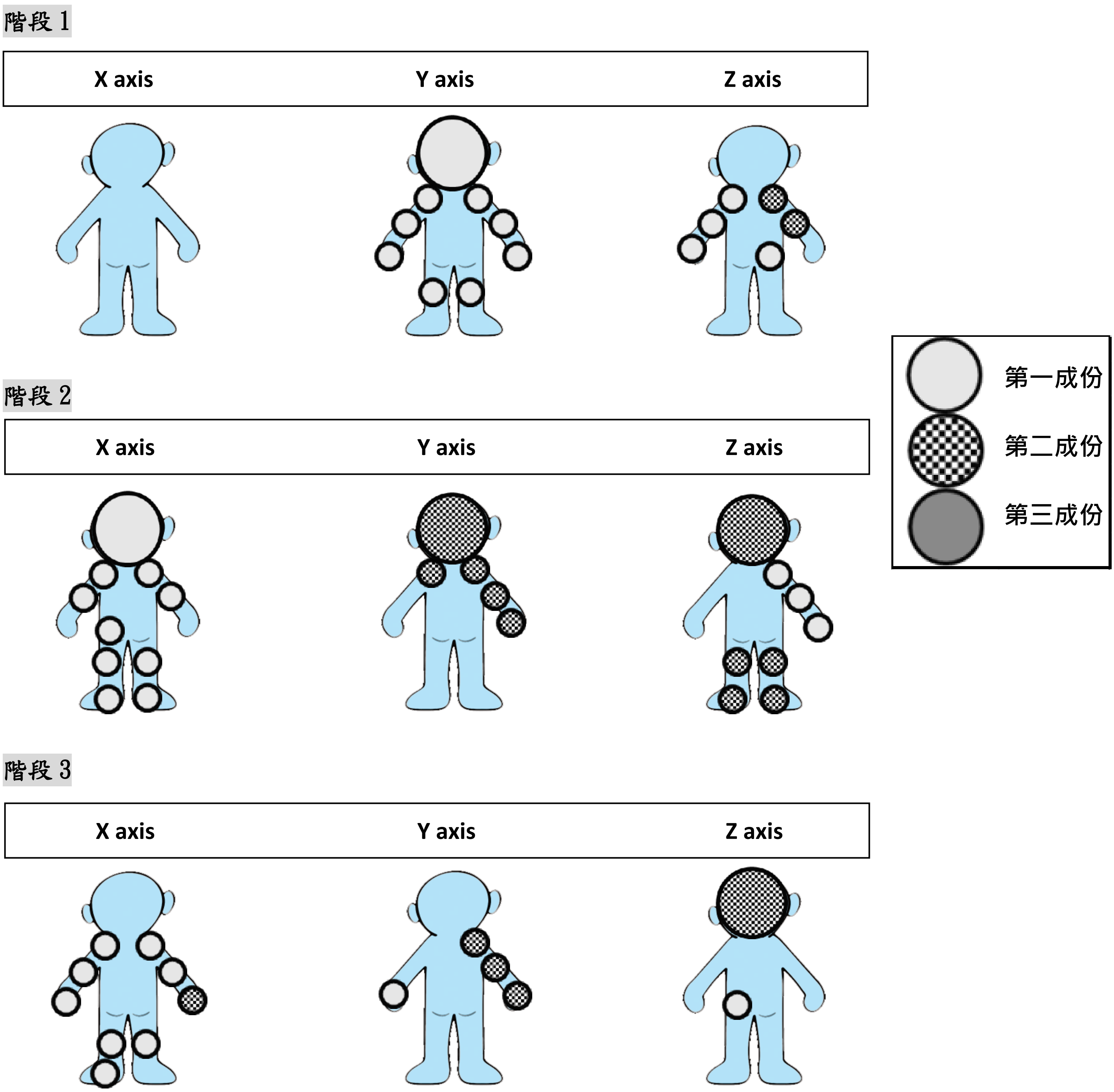


圖 4-10 參與者 H 位在相同成份的肢段參數淺灰代表第一主成份;黑點代表第二主成份;深灰代表第三主成份。

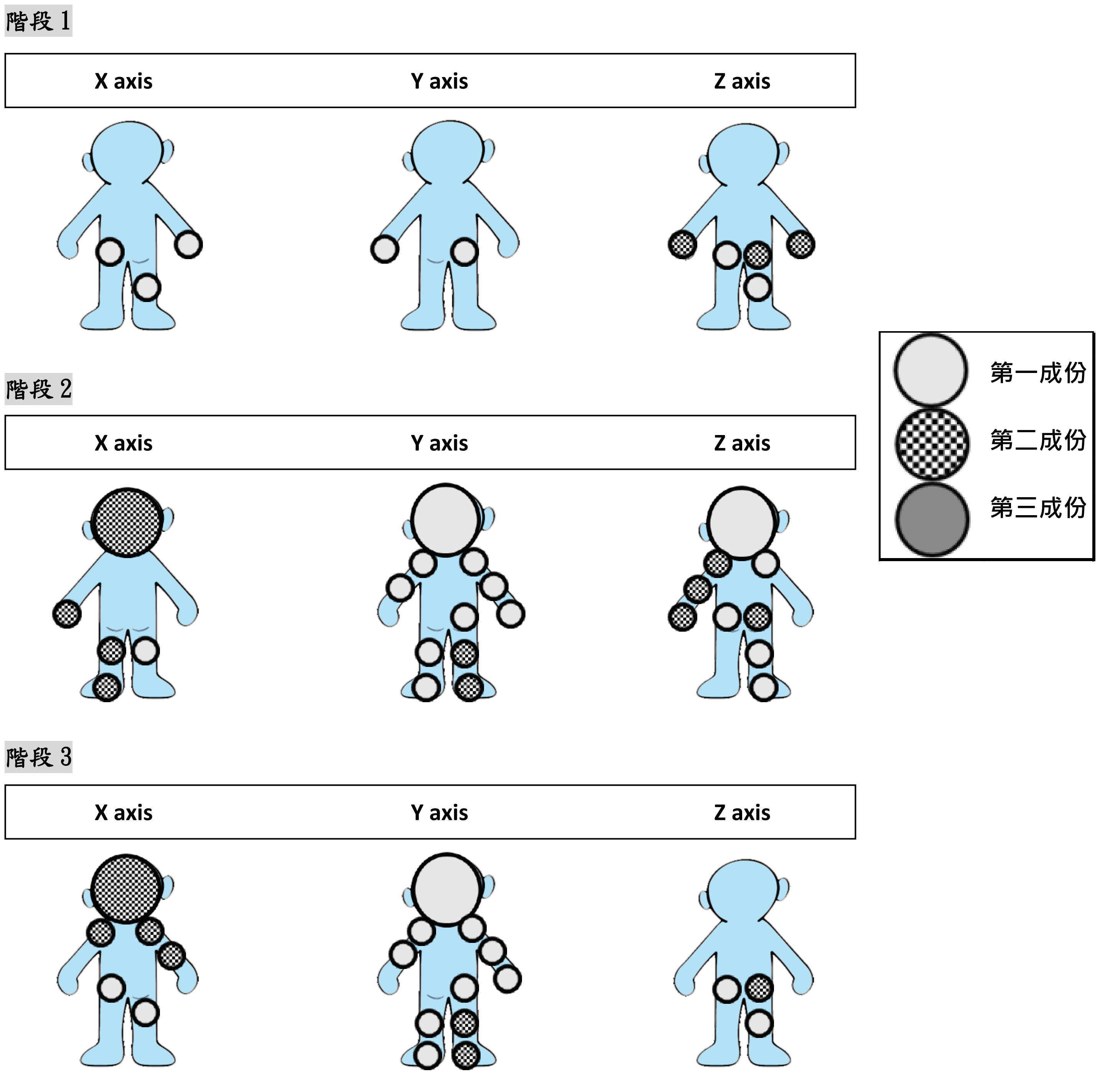


圖 4-11 參與者 Z 位在相同成份的肢段參數淺灰代表第一主成份;黑點代表第二主成份;深灰代表第三主成份。

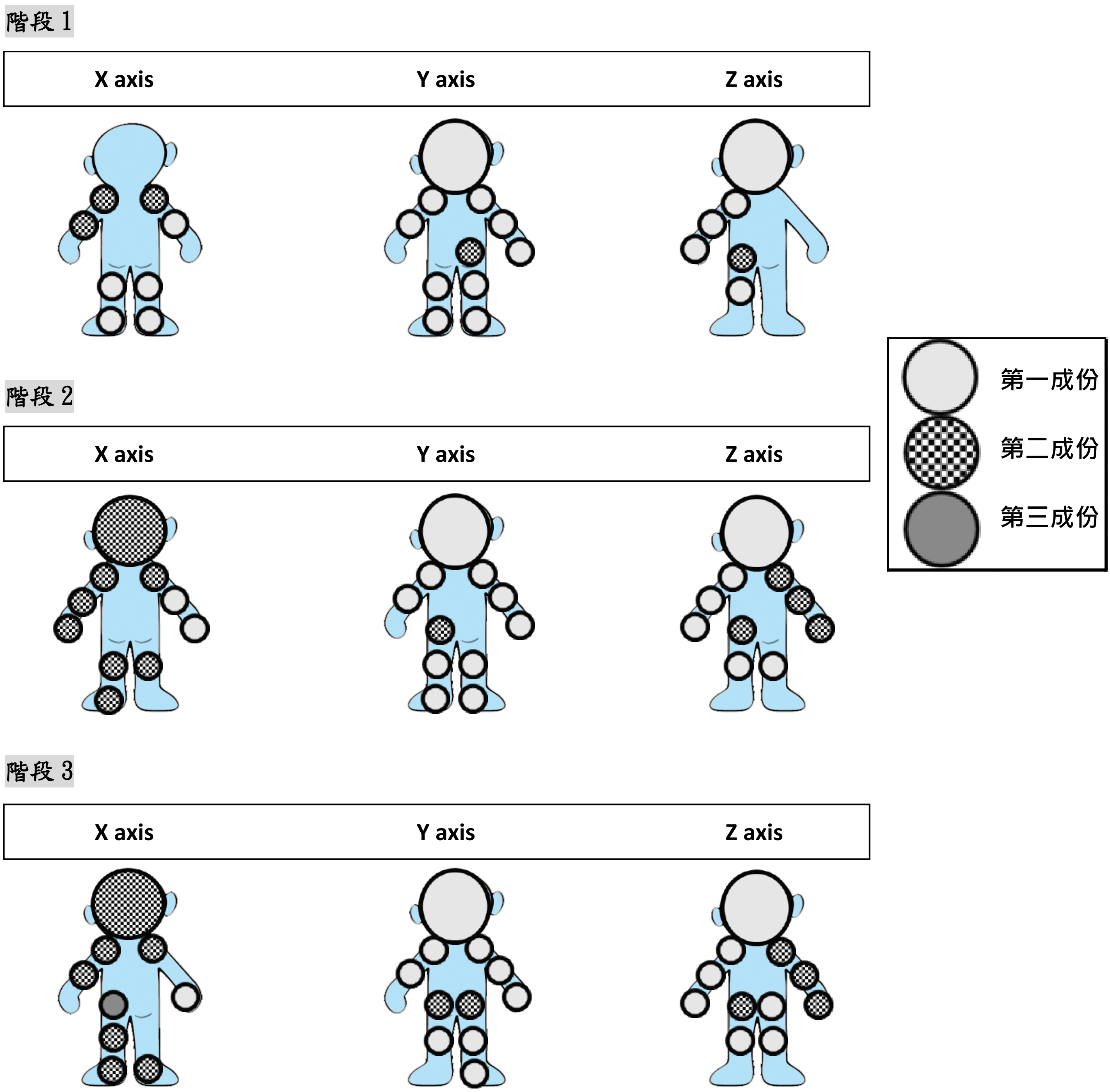


圖 4-12 參與者 Y 位在相同成份的肢段參數淺灰代表第一主成份;黑點代表第二主成份;深灰代表第三主成份。

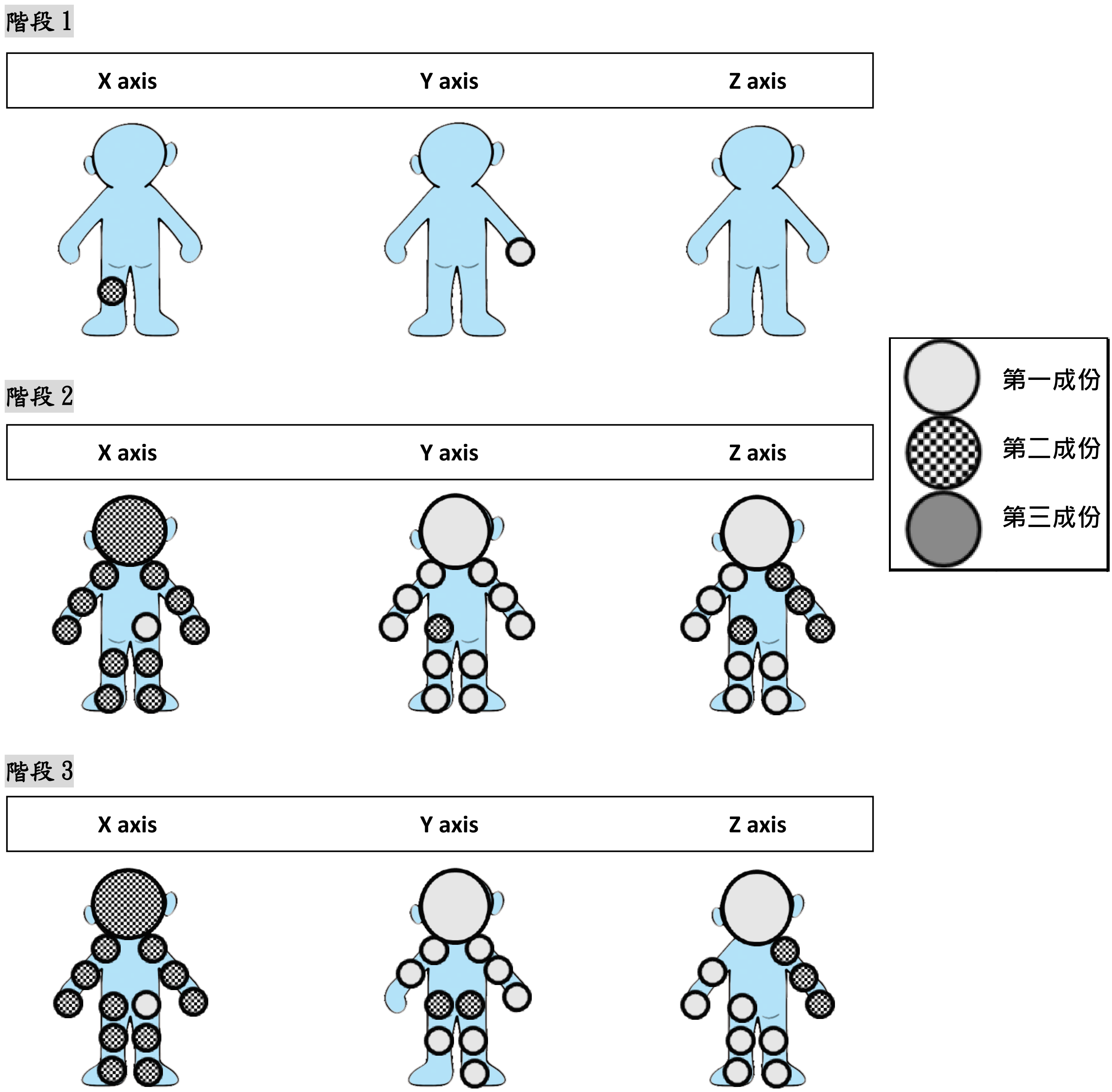


圖 4-13 參與者 B 位在相同成份的肢段參數淺灰代表第一主成份;黑點代表第二主成份;深灰代表第三主成份。

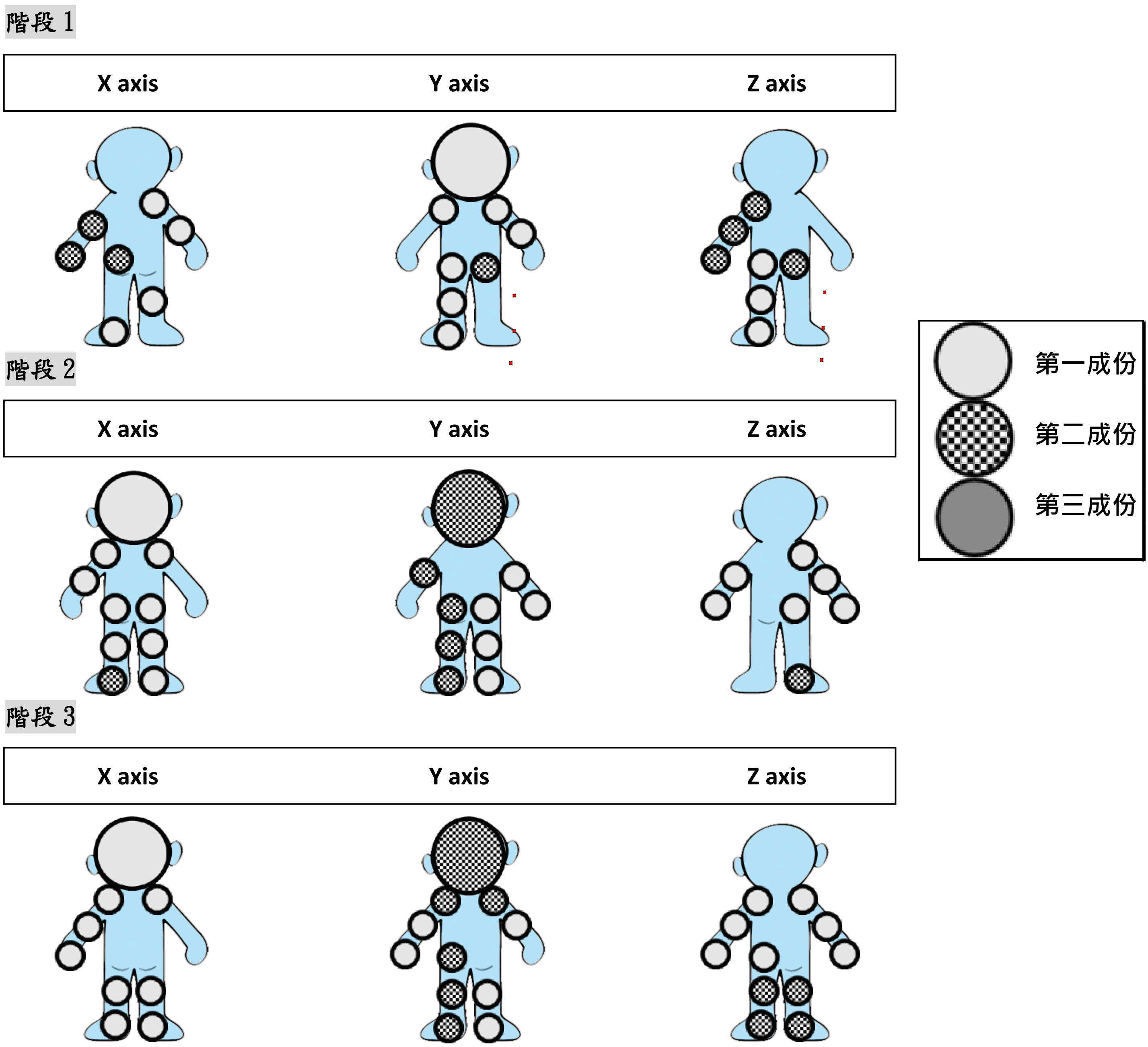


圖 4-14 參與者 K 位在相同成份的肢段參數淺灰代表第一主成份;黑點代表第二主成份;深灰代表第三主成份。

觀察參與者在練習的過程中出現了三種協調型態變化模式，(1)在第二階段即產生改變:如H在第二階段的Y軸向動作由第一主份(PC1)變成以第二主成份(PC2)為主，K在Y軸向PC1和PC2左右互換，Z和B在第二階段開始選出較多的肢段。(2)練習的第三階段才產生變化:如N在第三階段X軸向的動作由PC1變得以PC2為主。(3)從頭到尾沒有太大的變化，如參與者Y。

第三節 主成份分數分析

1. 成份分數型態

經主成份分析轉換後產生的各成份在時間序列下的投射值，能代表每一成份動作型態的變化。比較參與者於不同練習階段的成份分數型態發現練習後大多數參與者能表現出較完整的波型，而受參與者N、H、Y、B、K則在第三成份上出現兩個明顯的峰值。

下圖4-15、4-16為各參與者在練習階段1、3的成份投射值型態代表:

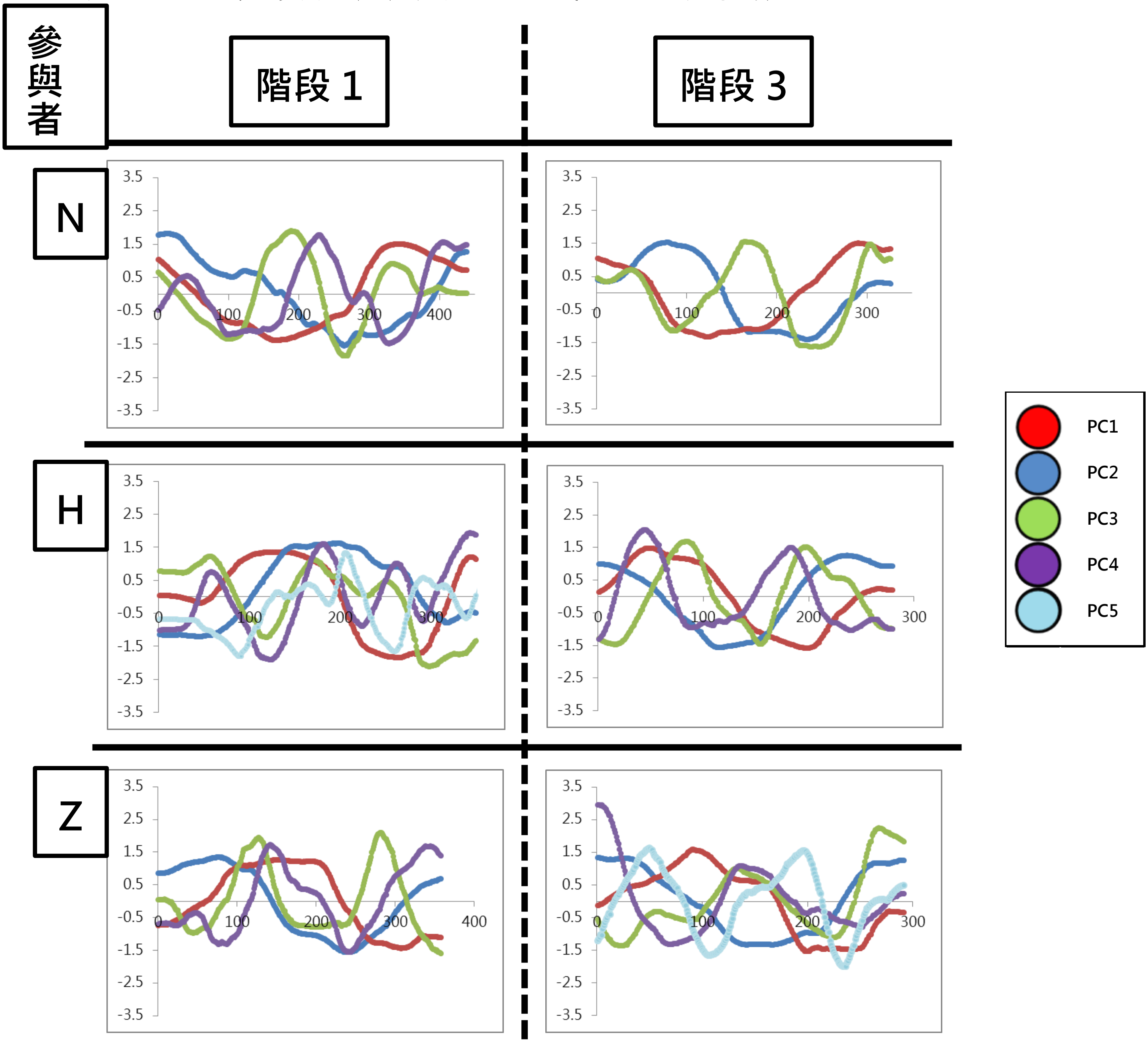


圖 4-15 參與者 N、H、Z(上至下)於第 1 次練習(左)與第 150 次練習(右)主成份投射值型態

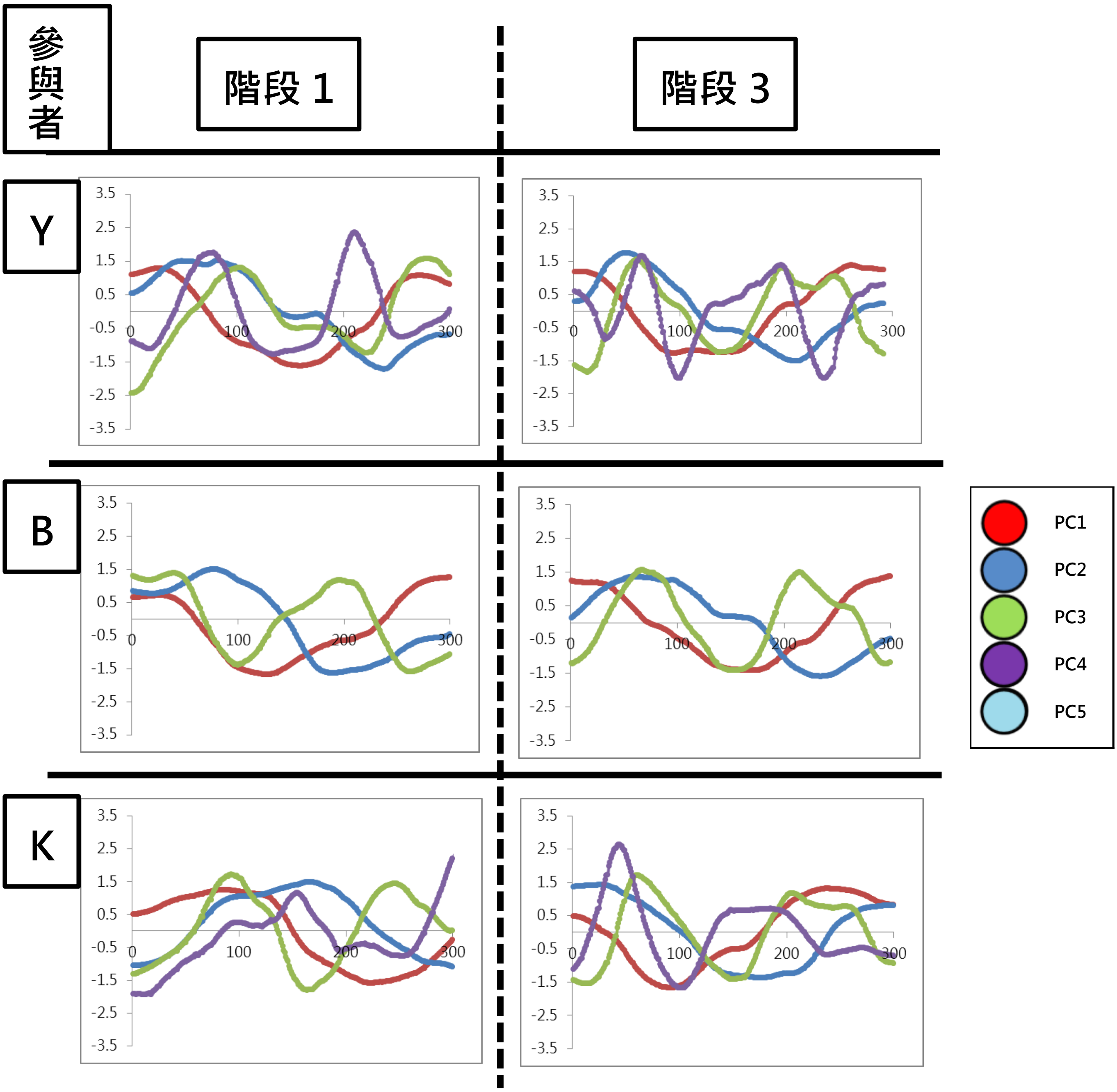


圖 4-16 參與者 Y、B、K(上至下)於第 1 次練習(左)與第 150 次練習(右)主成份投射值型態

2.成份分數頻率分析

以快速傅立葉轉換求得各成份分數主要頻率，結果能確定參與者在一、二成份有相同的頻率值，其餘則是相對較高頻率的成份，三、四成份頻率約為前兩成份的 1.5 倍；參與者經練習後頻率有些微變高情形出現。各主成份於 3 個練習階段平均頻率值如表 4-4。

表 4-4 各階段主要頻率平均值

		各成份頻率值/標準差									
練習階段	**參與者**	**PC1**	**/SD**	**PC2**	**/SD**	**PC3**	**/SD**	**PC4**	**/SD**	**PC5**	**/SD**
	N	**0.578**	**/0.07**	**0.578**	**/0.07**	**0.868**	**/0.105**	**0.889**	**0.136**	**0.847**	**0**
	H	**0.724**	**/0.075**	**0.726**	**/0.075**	**1.054**	**/0.226**	**1.226**	**0.197**	**1.267**	**0.284**
1	**Z**	**0.633**	**/0.07**	**0.633**	**/0.07**	**0.949**	**/0.104**	**0.949**	**0.104**	**0.945**	**0**
	Y	**0.779**	**/0.05**	**0.779**	**/0.05**	**1.168**	**/0.077**	**1.475**	**0.149**		
	B	**0.678**	**/0.042**	**0.678**	**/0.042**	**1.017**	**/0.06**	**1.146**	**0.194**		
	K	**0.771**	**/0.08**	**0.771**	**/0.08**	**1.156**	**/0.125**	**1.266**	**0.233**		
	N	**0.696**	**/0.037**	**0.696**	**/0.037**	**1.044**	**/0.055**				
	H	**0.792**	**/0.044**	**0.792**	**/0.044**	**1.189**	**/0.066**	**1.201**	**0.059**		
2	**Z**	**0.672**	**/0.025**	**0.672**	**/0.025**	**1.008**	**/0.038**	**1.008**	**0.038**	**1.358**	**0.042**
	Y	**0.782**	**/0.044**	**0.782**	**/0.044**	**1.173**	**/0.066**	**1.181**	**0.258**		
	B	**0.800**	**/0.057**	**0.800**	**/0.057**	**1.199**	**/0.085**				
	K	**0.785**	**/0.023**	**0.785**	**/0.023**	**1.178**	**/0.035**	**1.349**	**0.177**		
	N	**0.680**	**/0.031**	**0.680**	**/0.031**	**1.020**	**/0.047**				
	H	**0.827**	**/0.019**	**0.827**	**/0.019**	**1.240**	**/0.028**	**1.266**	**0.020**		
3	**Z**	**0.823**	**/0.037**	**0.823**	**/0.037**	**1.235**	**/0.056**	**1.483**	**0.346**	**1.288**	**0.104**
	Y	**0.814**	**/0.018**	**0.814**	**/0.018**	**1.221**	**/0.027**	**1.320**	**0.177**		
	B	**0.757**	**/0.037**	**0.757**	**/0.037**	**1.136**	**/0.055**	**1.099**	**0.062**		
	K	**0.805**	**/0.04**	**0.805**	**/0.04**	**1.207**	**/0.061**	**1.243**	**0.090**		

以單因子重複量數變異數分析比較三個練習階段間的 PC1、PC2、PC3 主要頻率是否有差異。結果整理如下表 4-5。

表 4-5 主要頻率階段間比較統計表

主要頻率統計表			
主成份	F(2,10)	p	事後比較
PC1	7.378	0.011	1<2&3
PC2	*同上*		
PC3	7.823	0.009	1<2&3

3. 成份分數延遲相關分析

在以頻率分析過後，能夠確立哪些成份有著相同的主要頻率，將所有相同頻率的成份挑選出，透過延遲相關找出兩成份延遲 1/4 周期內最高相關係數結果如圖 4-17。將可配對的資料整理，列出次數及其標準差，結果如表 4-6。在所有練習階段的 PC1/PC2 配對都有相當高的相關係數值，而部份參與者也在 PC3/PC4 配對有著高相關係數。

表 4-6 各成份配對後平均最高相關係數

各成份配對後平均最高相關係數(次數/標準差)							
練習階段	**參與者**	**PC1/PC2**	**PC3/PC4**	**PC1/PC3**	**PC1/PC5**	**PC3/PC5**	**PC4/PC5**
1	**N**	**0.941 (10/ 0.045)**	**0.793 (9/ 0.066)**			**0.810 (1/0)**	
	H	**0.896 (8/ 0.096)**	**0.492 (3/ 0.182)**	**0.616 (2/ 0.199)**	**0.299 (1/0)**	**0.492 (1/0)**	
	Z	**0.961 (10/ 0.02)**	**0.769 (9/ 0.125)**				
	Y	**0.965 (10/ 0.029)**	**0.462 (2/ 0.007)**				
	B	**0.965 (10/ 0.021)**	**0.584 (5/ 0.131)**				
	K	**0.962 (10/ 0.025)**	**0.799 (1/ 0)**				
2	**N**	**0.944 (10/ 0.013)**					
	H	**0.956 (10/ 0.18)**	**0.856 (6/ 0.024)**				
	Z	**0.963 (10/ 0.02)**	**0.703 (10/ 0.104)**				
	Y	**0.960 (10/ 0.029)**	**0.805 (8/ 0.117)**				
	B	**0.979 (10/ 0.005)**					
	K	**0.953 (10/ 0.005)**	**0.860 (5/ 0.047)**				
3	**N**	**0.967 (10/ 0.016)**					
	H	**0.971 (10/ 0.024)**	**0.813 (2/ 0.089)**				
	Z	**0.968 (10/ 0.014)**	**0.525 (6/ 0.155)**			**0.514 (6/ 0.176)**	**0.566 (3/ 0.155)**
	Y	**0.972 (10/ 0.007)**	**0.704 (7/ 0.096)**				
	B	**0.983 (10/ 0.007)**	**0.570 (2/ 0.003)**				
	K	**0.980 (10/ 0.011)**	**0.737 (9/ 0.078)**				

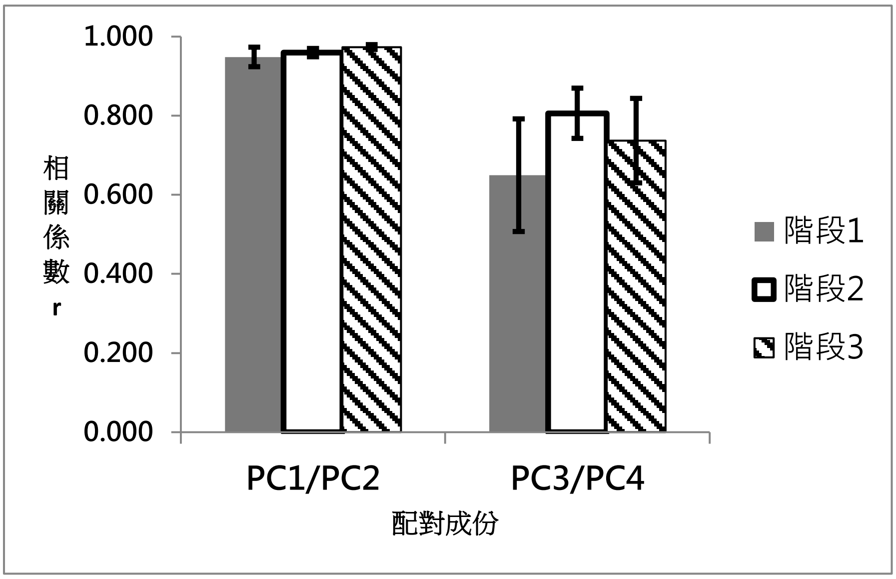


圖 4-17 兩種配對最高相關係數

4. 節奏準確性

以 0.7915Hz 為目標值與主要完成動作的 PC1/PC2 頻率值計算各練習階段的絕對誤差，經整理如下表 4-7:

表 4-7 各參與者於三個練習階段絕對誤差值計算

各練習階段絕對誤差值(AE)			
參與者	**階段 1**	**階段 2**	**階段 3**
N	**0.2132**	**0.0936**	**0.1118**
H	**0.0756**	**0.0373**	**0.0351**
Z	**0.1590**	**0.1198**	**0.0392**
Y	**0.0391**	**0.0347**	**0.0229**
B	**0.1133**	**0.0523**	**0.0399**
K	**0.0731**	**0.0218**	**0.0375**

以單因子重複量數變異數分析比較不同練習階段絕對誤差值，結果達顯著 $F(2,10)= 9.606$, $p<.05$。階段 2、3 絕對誤差值顯著小於階段一，可以明顯看出學習的效應。

第伍章、討論

第一節、從掃腿表現看學習

我們可以從觀察單一肢段的運動學表現看出學習的變化，本次實驗觀察練習前後掃腿運動學參數變化情形，發現經過練習後不管是在三維空間中變動的距離、瞬時合速度及加速度都有顯著的差異；前掃腿動作在三項指標中皆在練習階段2就顯著變快、變大，然而後掃腿動作則在第三階段才顯著的變快、變大。

前掃腿作為6排的起始，後掃腿則為最後一步。前、後掃腿動作的差異除了在於運用不同側下肢外，更在於不同的施力方式，前掃腿透過左(右)大腿內收並曲屈膝關節完成，後掃腿則需要後側腳的推進及右(左)腳在適時外展並伸展方能確實呈現，若是時機不對很容易造成姿勢的不穩定進而影響表現。根據Newell(1985)提出的三角限制觀點，個體運動行為會受到環境(Environment)、工作(Task)及有機體(Organism)交互影響，後掃腿動作在完成時受到6排動作順序的工作限制所影響。而在學習初期對於動作並不熟悉，又為了跟上音樂節拍，因此無法掌握或適當運用動力表現後掃腿動作，而使得後掃腿相對得困難，反觀前掃作為六排的起始動作，有相當充足的時間準備，故在學習初期可以看出較佳的表現。

Bernstein(1967)提出的運動學習三階段模式，其中的第三階段為有效利用環境中的被動力量(passive force)，而後掃腿動作的關鍵便在於有效的利用後側腳前踩的作用力，化為幫助右(左)腳向前並外展的動力，這點也與Bernstein的觀點相呼應。

Poe One在教學影片中Importance of a "sweep"中提到掃腿(sweep)動作是Dynamics、Flows、以及多種Footwork、Freeze的關鍵(The key)。掃腿動作透過側向掃動右(左)腳製造動力使舞者能進一步使用此動力銜接不同的動作。Poe One也認為掃腿能帶給排腿更多的力量，除了以掃腿帶動肢段產生動力外，還能作為Freeze、Footwork等動作很棒的轉接點。

六步排腿動作以簡單的六步動作完成且其中包含了兩側的掃腿動作，確實相當適合初學者學習，這可能是六排會被作為基礎動作的原因之一。表5-1呈現潘柏遠與劉有德(2013)實驗

中熟練者前後掃腿動作的表現與本實驗參與者的練習後的平均表現,經練習後參與者表現仍略遜於熟練者，但其已表現朝向熟練者的方向明顯進步。

表5-1熟練者與初學者經練習後的掃腿表現

		初學者	熟練者
前掃腿	軌跡	40.554cm	57.53cm
	最大速度	4.007m/s	3.25m/s
	最大加速度	466.521m/s^2	327.17 m/s
後掃腿	軌跡	34.779cm	42.4cm
	最大速度	4.835m/s	4.97m/s
	最大加速度	277.578m/s^2	594.24 m/s^2

圖5-1為潘柏遠與劉有德(2013)實驗中熟練者掃腿動作在二維平面上的表現，而圖5-2、5-3為參與者在練習前、後的掃腿動作在二維平面上的表現，可以發現前掃腿在練習過後範圍變得較大，後掃腿動作除了練習後表現出較大幅度的軌跡外，經過練習後型態也越來越接近熟練者的動作。

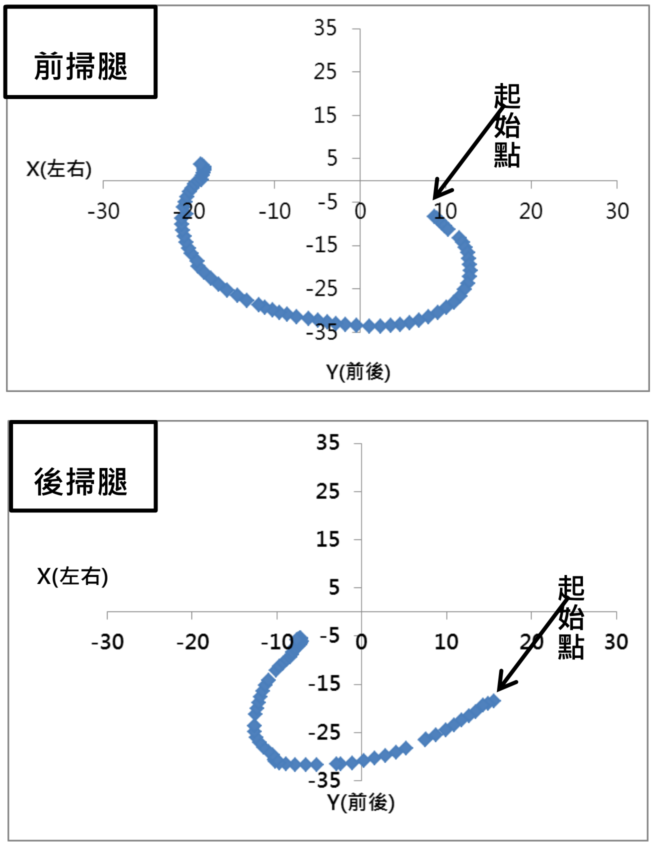


圖 5-1 潘柏遠與劉有德(2013)實驗中熟練者前(上)、後掃腿(下)動作在二維平面上的表現

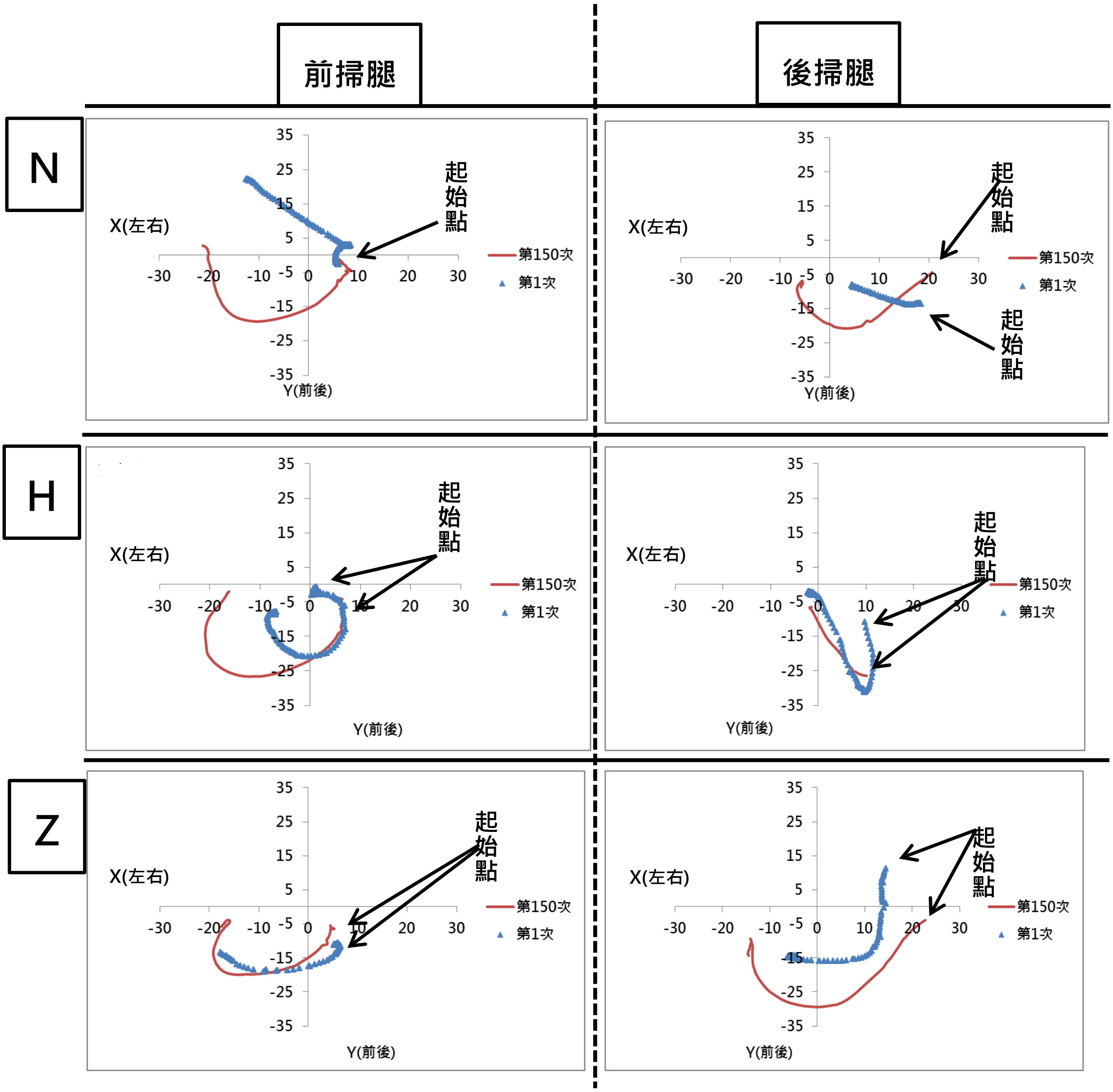


圖5-2 參與者於練習前、後掃腿動作在二維平面上的變化。圖上箭頭所指為動作起始點，前掃腿為右腳踝關節點，後掃腿則為左腳踝關節

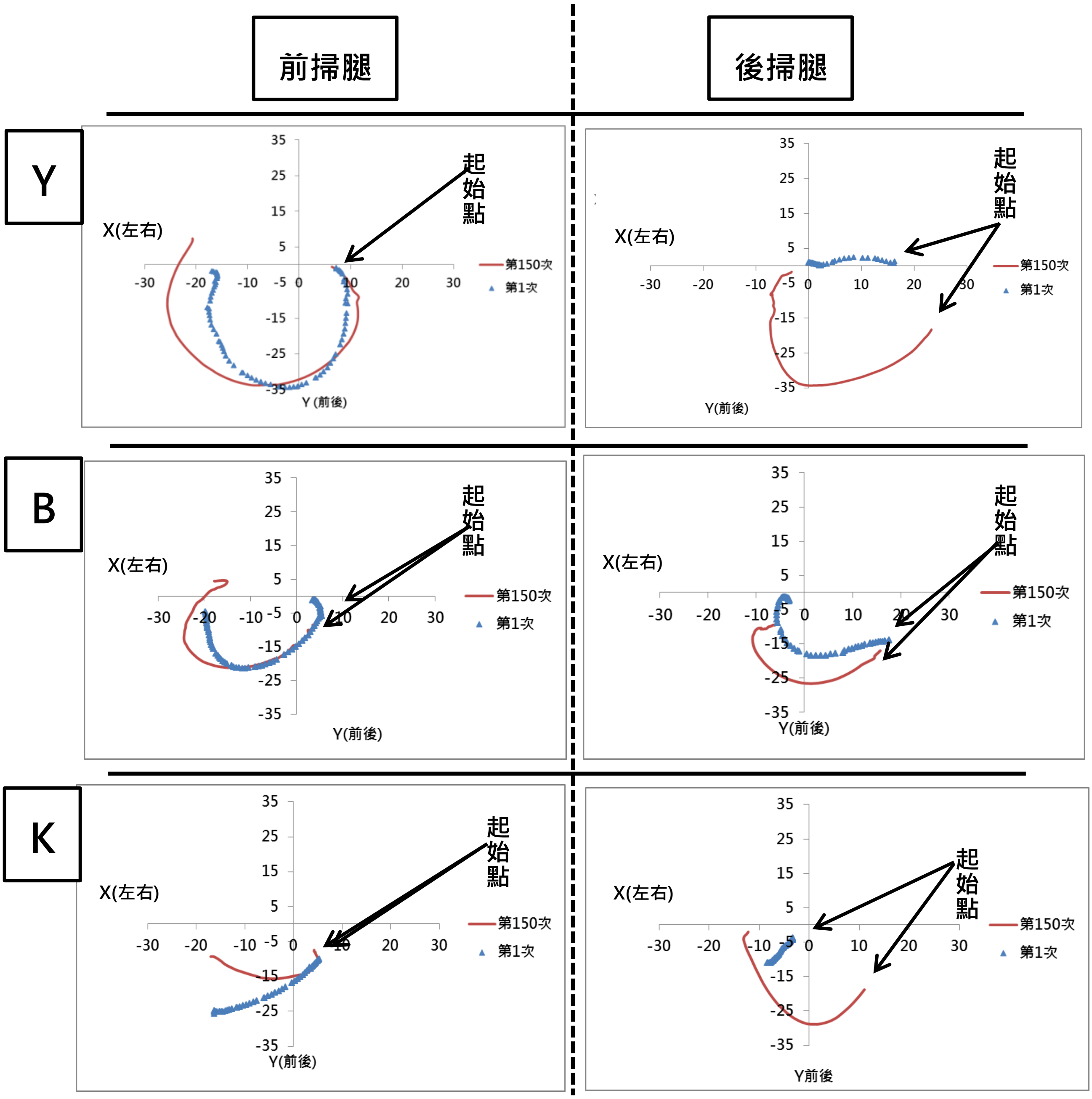


圖5-2 參與者於練習前、後掃腿動作在二維平面上的變化。圖上箭頭所指為動作起始點，前掃腿為右腳踝關節點，後掃腿則為左腳踝關節

第二節、六步排腿的協調型態

透過主成份分析我們能把39個維度的變數轉換、縮減成為3~5個主成份。而練習過後主成份數量上，從成份數量減少、不變、增加所有可能的三種情形在本實驗中都出現;再從累積變異量上看同樣也有增有減。本實驗經過150天練習的結果，個體間的差異很大，參與者在沒有給予特別限制的情況下各自自我組織，尋求自己穩定的協調型態，而先前的研究在主成份數量上的變化多數會有減少或是不變的情形(Ko, Challis & Newell, 2003；Hong & Newell,2006)，但在本實驗卻有些參與者主成份數量會增加，可見雖然是相同的工作，但參與者會依循自己的自然動力發展出不同的動作協調，而在過去文獻中多數是綜合觀察所有參與者的表現，並以平均數的方式進行分析，在本實驗中則是觀察單一個體的結果，可能因為分析方式的不同，因而造成本實驗與過去實驗的差異。

觀察成份矩陣看出參與者在練習的過程中大致出現三種協調型態變化模式，(1)在第二階段產生轉變。(2)練習的第三階段才產生變化。(3)從頭到尾沒有太大的變化。從上述結果了解到有些人會很快的自我組織調整協調，有些人則會在較熟練動作後才進行調整，或是根據自己既有的協調動力持續完成工作。

換個方向從成份分數來看，成份分數經過頻率、相關性的分析後能確立所有參與者表現出的第一主成份(PC1)和第二主成份(PC2)是相同型態的動作，檢查PC1和PC2的成份內容，可確認分屬同一關節部位的前後(Y)與左右(X)軸向，PC1及PC2同屬繞圈的動作型態。而在第三主成份(PC3)及第四主成份(PC4)的部份，雖然有些試作有相當高的延遲相關係數但僅在少數的表現中產生，可能代表較困難的動作特徵(潘柏遠、劉有德，2013)。

在觀察各主成份的主要頻率值可以發現經練習後會有所變化，透過分析其完成動作的主要成份的頻率並對應音樂的頻率也顯著看出練習的效應，在練習後的絕對誤差有顯著性的下降，參與者能準確的在拍子內完成動作。各成份的主要頻率反映週期性動作中動作的節奏，實驗中於每次練習均會播放固定節拍的音樂，並要求參與者能對拍練習，而主要頻率變化便可呈現出參與者對於節拍適應的情形，也可以從中看出學習的效應。

根據潘柏遠與劉有德(2013)先前的研究，六步排腿的動作型態主要由兩種協調型態構成，

這兩種動作協調分別為一、二成份所呈現的排腿大幅度的繞圈動作和三、四成份呈現的六步動作。三、四成份能夠具體呈現出「六步」的動作特質；而不同經驗程度者的六步排腿協調型態的特性明顯在於其無法具體表現出六步排腿的特徵性動作，也就是PC3及PC4的動作。本實驗中觀察參與者Y以及K在不同學習階段的成份分數在PC3及PC4上呈現明顯的兩個峰值圖形，可以確實發現練習後會有所不同。在潘柏遠與劉有德(2013)的實驗中要求參與者依照4拍內完成動作，並於每兩拍完成三步(按照1n2,3n4的節拍)，本實驗中透過影片模仿學習的方式，影片中同樣呈現1n2、3n4的節拍動作，讓參與者有一個動作型態的參照，而本實驗的結果與先前研究中初學者表現並沒有差異，可見對於初學的新手，不論是口語上的要求對拍或是直接觀看影片是沒有差異的，想要具體表現出「六步」的動作特質，還須更長時間的練習。

透過 PCA 的分析我們可以大致了解動作者的協調型態的變化，而本實驗同時測量其它的運動學參數，以不同面向觀察學習的情形。如同先前研究除了觀察PCA所表現出的結果外，也測量動作的變異性及振幅及相對相位等等參數觀察學習的進步 (Ko, Challis & Newell, 2003；Hong & Newell, 2006)。六步排腿為一週期性的繞圈動作，透過主成份分析能夠看出週期性動作的特性，其實在先前的研究便有過相似的結果，Balasubramaniam and Turvey (2004)利用 K-L Transform 分析呼拉圈動作，我們知道搖呼拉圈也是一個週期性的繞圈動作，其所發現在搖呼拉圈動作的前兩個成份只存在著相位差的分別，以此我們可以看出週期性動作的特性，在不同肢段的相互配合下依序完成繞圈動作，而肢段間的時間差便是此協調的特性。

本實驗觀察不同參與者練習街舞六步排腿動作協調型態在練習前、中、後的變化，也透過外在表現(掃腿)直接觀察練習效果。雖在外在表現上可以很明顯看到參與者均有所進步，但以 PCA 來觀察協調型態的變化，在不同參與者間有個別的差異，個體透過不同的協調方式完成 6 排，這是一個殊途同歸(degeneracy)的概念；因此，我們知道協調型態受到個體自然動力的影響很大，Liu & Newell(2013)亦指出分析個體的資料並觀察其行為改變的過程是必要的;過去的文獻同樣也認為綜合分析群體的資料會掩飾其中的個別差異，透過分析個體的資料發現個體間會產生不同的學習型態(Chen, Liu, Mayer-Kress, & Newell, 2005;Liu, Mayer-Kress, & Newell, 2006)。因此，以平均、合併觀察的方式來看協調型態的變化，或許是不恰當的方式，應該對於學習者進行個別分析與探討。

第三節、結論與建議

一、結論

1. 本研究透過主成份分析法觀察參與者練習六步排腿於前、中、後三個階段協調型態的變化，發現在經過學習後主成份的數量、解釋變異在個體間有所差異，會有所增加、減少或是維持不變，而在先前研究中觀察有經驗的舞者所呈現出的「繞圈」、及「六步」的協調，在本實驗經練習後亦可觀察到。

2. 透過觀察不同時期連續表現六步排腿動作的成份矩陣內容的差異，可以發現在練習後參與者的動作型態會朝向一個穩定的形式完成動作。而在不同個體間協調型態的轉變存在著差異。

3. 觀察參與者掃腿動作的運動學參數，則發現前掃腿動作在第二個練習階段即有顯著的進步，但後掃腿動作則在第三個練習階段才有明顯的進步發現，而前後掃腿間的表現出的差異可以用限制的觀點去解釋。

二、建議

1. 本實驗的結果透過觀察初學六步排腿動作者在不同階段協調型態及掃腿表現，可以提供教學者具體的方向了解動作學習者學習的進程，作為安排練習重點的指標。實驗中並沒有透過其他口語上的指導給參與者做為參考指標，其在各階段的練習表現皆是參與者自我探索而產生，若在練習中加入指導可能會在動作型態上產生較快及較穩定的變化。

2. 本實驗在練習的過程中均播放同樣節奏的音樂，而若播放不同節奏的音樂是否會影響其練習後的動作協調形態上不得而知，建議未來相關研究者可以操弄不同音樂節奏，介入練習並觀察其協調型態的變化。

引用文獻

中文部分

李易潔(2010)。以主成份分析探討學習獨輪車過程中動作型態之轉移。未出版之碩士論 文，臺北市，國立臺灣師範大學。

林光偉、涂兆佐。(2008)。不同技術水準街舞頭轉動作之運動學分析。*大專體育學術專刊*，612-618。

林如瀚(2008) 訊息。載於劉有德（主編）運動技能學習(頁 6-3~6-4)。台北市：禾豐書局有限公司。

陳秀惠（2005）。量化全身性運動協調之工具－主成分分析。*體育學報*，*39*(4)，39-52。

陳秀惠、劉有德(2007)。複雜運動系統的學習曲線。*體育學報*， *40*(2)，39-50。

陳秀惠(2008)。學習的基本概念。載於劉有德（主編）運動技能學習(頁 3-2)。台北市：禾豐書局有限公司。

曾國棟、劉有德。(2010)。高中籃球聯賽攻守紀錄主成分分析。*大專體育學刊*, *12*(2), 43-50。

蘇志鵬、王進華（2008）。Hip Hop-街舞運動的形式與風格。*動態藝術學刊*，*1*，23-29。

廖庭儀(2003)。自然回饋強度對運動技能學習曲線結構之影響。未出版之碩士論文，臺北市，國立臺灣師範大學。

劉雅雯(2011)。台灣街舞運動的風格、形式與基本舞步之研究。*北商學報*，*19*，43-58。

潘柏遠、劉有德(2013)。以主成分分析探討不同經驗者在六步排腿動作上的差異。海峽兩岸體育學研究生論壇論文集(45-53)。福建省:福建師範大學。

戴遠成(2007)。工作限制對人體多肢段運動學習的影響。未出版之博士論文，臺北市，國立臺灣師範大學。

戴遠成、劉有德(2007)。練習與工作限制對動態平衡姿勢控制的影響。*高雄師大學報*，*22*，23-38。

英文部分

Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior*, 3, 111-150.

Bernstien, N. A. (1967). The control and regulation of movements. London: Pergamon Press.

Bernstein, N. (1967). *The coordination and regulation of movement*. Oxford, England: Pergamon Press.

Balasubramaniam, R., & Turvey, M. T. (2004). Coordination modes in the multisegmental dynamics of hula hooping. *Biological cybernetics*, *90*(3), 176-190.

Chen, H., Liu, Y., Mayer-Kress, G.., & Newell, K. M. (2005). Learning the pedalo locomotion task. *Journal of Motor Behavior, 37*, 247-256.

Haken, H. (1996). Movements on a pedalo. In H. Haken, *Principles of brain functioning*, (pp. 173-191). Berlin: Springer-Verlag.

Hollands, K. L, Wing, A. M. & Daffertshofer, A. (2004). Principle component in contemporary dance movement, San Diego, USA, *Society for Neuroscience Conference*, Publication: 28427.

Hong, S., & Newell, K. M. (2006). Change in organization of degrees of freedom with learning. *Journal of Motor Behavior*, 38, 88-100.

Jackson, D.A.(1993). Stopping rules in principal component analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. Ecology 74, 2204–2214.

Kelso, J. A. S., & Schöner, G. (1988). Self-organization of coordinative movement patterns. *Human Movement Science*, *7*(1), 27-46.

Ko, Y. G., Challis, J. H., & Newell, K. M. (2003). Postural coordination patterns as a function of dynamics of the support surface. *Human Movement Science*, *20*, 695-715.

Liu, Y.-T., Mayer-Kress, G., & Newell, K. M. (2006). Qualitative and quantitative change in the dynamics of motor learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and*

Performance, 32, 380–393.

Liu, Y.-T., & Newell, K. M. (2013). Individual Pathways of Change in Motor Learning and Development. In Davids, K., Hristovski, R., Araújo, D., Serre, N. B., Button, C., & Passos, P. (Eds.), *Complex Systems in Sport*. (pp. 293–305). Routledge.

Marski(2012) DJ MARSKI HIP HOP 講座。取自 facebook 網址: https://www.facebook.com/notes/bboy-choco/dj-marski-hip-hop-%E8%AC%9B%E5%BA%A7/561398400552423

Martinez, L. R.(2013) Alien Ness "footwork is power" . Retrieved from Youtube Website: https://www.youtube.com/watch?v=428SmzdllOs

Newell, K. M. (1985). Coordination, control and skill. In D. Goodman, I. Franks, & R. B. Wilberg (Eds.), *Differing perspectives in motor learning, memory, and control* (pp. 295–318). Amsterdam: North-Holland.

Newell, K. M., Liu, Y. T., & Mayer-Kress, G. (2001). Time scales in motor learning and development. *Psychological Review*, *108*(1), 57.

Richman, M. B. (1988). A cautionary note concerning a commonly applied eigenanalysis procedure. *Tellus B*, *40*(1), 50-58.

Ricotti, L., & Ravaschio, A. (2011). Break dance significantly increases static balance in 9 years-old soccer players. *Gait & Posture*, *33*(3), 462-465.

Sakata, M., Marumo, M., & Hachimura, K. (2008). An analysis of motion features of different characters in Nihon-Buyo dance using motion capture. Robot and Human Interactive Communication, 2008 (pp. 273-278). Munich, Germany: The 17th IEEE International Symposium.

Schmidt, Richard A. (1975) . A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.

Schmidt, R. A.,(1988). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (2nd).Champaign, IL: Human Kinetics.

Turvey, M. T. (1990). Coordination. *The American psychologist*, *45*(8), 938-953.

附錄一、實驗參與者知情同意書

國立臺灣師範大學運動競技學系 運動科學碩士班

研究參與者知情同意書

親愛的同學，您好!

您被邀請參加《**街舞六步排腿動作學習**》的實驗。

在您簽署本同意書之前，研究人員必須告知您有關：

1、 本研究的目的、程序和所需時間。
2、 可能發生在您身上的任何合理可預知之風險、不適與利益。
3、 任何潛在有利的替代性處理程序或治療選擇。
4、 您中途決定退出研究的相關處理原則。
5、 有關您所提供的研究資訊，研究人員的保密與處置方式。

必要時，研究人員也將告訴您有關：

1、 如果不幸身心受傷時是否可獲得任何補償或醫療。
2、 可能發生在您身上的不可預知之風險。
3、 研究人員不建議您再繼續參加該研究的可能情況。
4、 您可能需自行負擔的相關費用。
5、 可能影響您持續參與研究之意願的新發現。
6、 參加研究的總人數。
7、 您參與研究後，請您對研究相關資訊的保密原則。

您對研究的參與是出於自願，如果您拒絕參加或半途決定退出研究，絕不會發生如受到懲罰、喪失任何福利等任何不利於您的後果。若您對這項研究有任何疑問，可隨時撥打 0933693542 聯絡 **潘柏遠** 同學。

簽署本同意書表示，包括上述資料在內的研究資訊，都已向您口頭說明，您在充份瞭解後自願同意參加。

參加者簽名____________________________日期____________________________
說明人員簽名____________________________日期____________________________
證人簽名 ____________________________日期____________________________