

國立臺灣體育學院體育研究所
碩士學位論文

速跑跨躍障礙的知覺—行動連結控制
A PERCEPTION-ACTION COUPLING TYPE OF CONTROL
IN SPEED HURDLE



研 究 生：周文杰 撰
指 導 教 授：陳重佑 博士

中 華 民 國 九 十 四 年 六 月

論文名稱：速跑跨躍障礙的知覺—行動連結控制

總頁數：94 頁

院校組別：國立臺灣體育學院體育研究所

畢業時間及提要別：九十三年學年度第二學期碩士學位論文提要

研究生：周文杰

指導教授：陳重佑博士

論文提要及內容：

中文摘要

本研究主要目的是針對直接知覺的觀點，觀察中晚期兒童在快速跑跨越障礙物的知覺—行動連結，並探討因為練習帶來的動作控制與其適應性之改變。實驗以 10 名中晚期男童為實驗參加者，平均年齡 9.3 ± 0.3 歲，身高 132.9 ± 5.6 公分，體重 31.4 ± 9.2 公斤，練習 5 天，每天 12 次衝刺跑跨越前方 15 公尺處的膝高障礙物。研究通過高頻雷射距離測量系統 (LDM 300CTM, 100Hz) 進行動作過程的資料收集，並以 AcqKnowledge 3.7.2 版軟體分析助跑過程，在練習前後與遷移測驗的步長、步頻、速度與落腳位置等運動學參數。並以重複量數二因子變異數分析和 t 考驗，比較練習前後與其對於動作的適應在每步之行為改變 ($\alpha = .05$)。結果顯示，在迫近階段步長的運動學特徵在練習初期調整最大；個體在練習後期的落腳位置變異性最大，說明個體練習後，經由每一步的修正及自我重組，達到熟練跨躍障礙物的動作技能。而在學習的遷移效應上，個體在起跳前的第 5 步產生最大速度，當增加難度時，個體會降低落腳位置變異性，並藉由逐步減緩速度直至起跳瞬間；降低難度的動作，與練習後期落腳位置標準差無顯著差異，且隨接近障礙物而減緩跑步速度，但在起跳瞬間卻會產生突然加速動作。另外，個體會採用不同的策略以調整每一步的變異量，顯示有個別差異存在。在跑步速度的加速或減速上，是採取調整步長，以作為完成跨躍助跑動作的表現。

關鍵詞：中晚期兒童、衝刺、移動性動作、步長、變異性

A Perception-Action Coupling Type of Control in Speed Hurdle

Wen-Chiech Chou

ABSTRACT

The purpose of this study was based on the concept of direct perception to investigate the change of motor control and adaptability in perception-action coupling under speed hurdle practice for middle/late children. Ten boys (mean age 9.3 ± 0.3 years; mean height 132.9 ± 5.6 cm; mean body mass 31.4 ± 9.2 kg) participated in this study. Participants were asked to practice 15m sprint and to hurdle a knee height obstructor that lasted for 5 days with 12 times per day. A laser distance measurement system (LDM 300CTM, 100Hz) and an AcqKnowledge version 3.7.2 were used respectively to record the process of speed hurdle and to analyze the kinematical parameters (i.e., stride length, stride rate, velocity, and landing distance) of pre-practice, post-practice, and transfer tests. Repeated measures two-way ANOVA and t-test were used to with an alpha level .05 were adopted to analyze the statistical difference for the behavior change of stride parameters. The results showed the regulation of stride length during the initial practice was larger than the post-practice in zeroing-in phase. The variability of landing distance during the post-practice was larger than the initial practice, and it was indicated that the individual acquired the motor skill to perform speed hurdle through the regulation of every stride and the self-organization of human body. The effects of transfer of learning showed the maximal velocity was raised in the fifth step before jump, and the individual not only reduced sprint velocity step by step until the instant of jump but also reduced the variability of landing distance under the task of difficulty increased. Under the task of difficulty decreased, the variability of landing distance had no any statistics difference with post-practice, and the velocity in jumping instant burst raise that followed the sprint velocity decrease step by step for approaching. Moreover, it existed individual difference that the participant to regulate the variability in different strategies for every stride. The increasing or decreasing the approaching velocity to perform the movement of speed hurdle did mainly in the strategy of the regulation of stride length.

Keywords: middle/late children, sprint, locomotion, stride length, variability

目 錄

摘要	I
謝誌	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	X
第壹章、緒論	1
第一節、問題背景	1
第二節、研究目的與假設	5
第三節、研究範圍與限制	5
第四節、名詞解釋與操作性定義	6
第五節、研究的重要性	8
第貳章、文獻探討	9
第一節、理論基礎—生態取向	9
第二節、探討知覺—行動連結控制	14
第三節、視覺和移動性運動的相關研究	19
第四節、本章總結	23
第參章、研究方法與步驟	25
第一節、實驗參加者	25
第二節、實驗儀器與器材	26
第三節、實驗場地與佈置	27
第四節、實驗程序	28
第五節、資料處理與分析	30

第肆章、結果與討論	31
第一節、動作過程的運動學特徵	31
第二節、動作獲得期的表現	35
第三節、加速跑跨越障礙物動作練習後的適應性探討	45
第四節、綜合討論	56
第伍章、結論與建議	65
第一節、結論	65
第二節、建議	66
引用文獻	68
一、中文部分	68
二、英文部分	70
附錄	
附錄一、實驗參加者家長（監護人）同意書	76
附錄二、實驗參加者須知	77
附錄三、個體跨躍障礙物前 8 步步長之運動學特徵	78
附錄四、個體跨躍障礙物前 8 步步頻之運動學特徵	82
附錄五、個體跨躍障礙物前 8 步平均速度之運動學特徵	84
附錄六、個體跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性之運動學特徵	89

表目錄

表 1：實驗參加者的基本資料	25
表 2：個體練習前後產生最大速度的運動學參數之 t 考驗	34
表 3：個體練習後期和增加難度時產生最大速度的運動學參數之 t 考驗	34
表 4：個體練習後期和降低難度時產生最大速度的運動學參數之 t 考驗	34
表 5：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步長之平均數與標準差	36
表 6：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步頻之平均數與標準差	39
表 7：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步平均速度之平均數與標準差	40
表 8：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性之平均數與標準差	42
表 9：個體跨躍不同障礙物高度前 8 步步長之平均數與標準差	46
表 10：個體跨躍不同障礙物高度前 8 步步頻之平均數與標準差	49
表 11：個體跨躍不同障礙物高度前 8 步平均速度之平均數與標準差	51
表 12：個體跨躍不同障礙物高度前 8 步落腳位置變異性之平均數與標準差	53
表 13：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步長之重複量數二因子變異數分析摘要表	78

表 14	： 個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步長之單純主要 效果 -----	78
表 15	： 個體練習初期跨躍障礙物前 8 步步長之單純主要 效果事後比較摘要表 -----	79
表 16	： 個體練習後期跨躍障礙物前 8 步步長之單純主要 效果事後比較摘要表 -----	79
表 17	： 個體跨躍調高障礙物高度前 8 步步長之重複量數 二因子變異數分析摘要表 -----	80
表 18	： 個體跨躍調高障礙物高度前 8 步每步步長之主要 效果事後比較摘要表 -----	80
表 19	： 個體跨躍調降障礙物前 8 步步長之重複量數二因 子變異數分析摘要表 -----	81
表 20	： 個體跨躍調降障礙物高度前 8 步每步步長之主要 效果事後比較摘要表 -----	81
表 21	： 個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步頻之重複量數 二因子變異數分析摘要表 -----	82
表 22	： 個體練習前後跨躍障礙物前 8 步每步步頻之主要 效果事後比較摘要表 -----	82
表 23	： 個體跨躍調高障礙物高度前 8 步步頻之重複量數 二因子變異數分析摘要表 -----	83
表 24	： 個體跨躍調降障礙物前 8 步步頻之重複量數二因 子變異數分析摘要表 -----	83
表 25	： 個體練習前後跨躍障礙物前 8 步平均速度之重複 量數二因子變異數分析摘要表 -----	84
表 26	： 個體練習前後跨躍障礙物前 8 步平均速度之單純主要 效果 -----	84

表 27	： 個體練習初期跨躍障礙物前 8 步平均速度之單純主要 效果事後比較摘要表 -----	85
表 28	： 個體練習後期跨躍障礙物前 8 步平均速度之單純主要 效果事後比較摘要表 -----	85
表 29	： 個體跨躍調高障礙物高度前 8 步平均速度之重複 量數二因子變異數分析摘要表 -----	86
表 30	： 個體跨躍調高障礙物高度前 8 步每步平均速度之主要 效果事後比較摘要表 -----	86
表 31	： 個體跨躍調降障礙物前 8 步平均速度之重複量數 二因子變異數分析摘要表 -----	87
表 32	： 個體跨躍調降障礙物高度前 8 步平均速度之單純主要 效果 -----	87
表 33	： 個體跨躍調降障礙物高度前 8 步平均速度之單純主要 效果事後比較摘要表 -----	88
表 34	： 個體練習前後跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性 之重複量數二因子變異數分析摘要表 -----	89
表 35	： 個體練習前後跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性 之單純主要效果 -----	89
表 36	： 個體練習初期跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性 之單純主要效果事後比較摘要表 -----	90
表 37	： 個體練習後期跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性 之單純主要效果事後比較摘要表 -----	90
表 38	： 個體跨躍調高障礙物高度前 8 步落腳位置變異性 之重複量數二因子變異數分析摘要表 -----	91
表 39	： 個體跨躍調高障礙物高度前 8 步落腳位置變異性 之單純主要效果 -----	91

表 40	： 個體跨躍調高障礙物高度前 8 步落腳位置變異性 之單純主要效果事後比較摘要表 -----	92
表 41	： 個體跨躍調降障礙物前 8 步落腳位置變異性之重 複量數二因子變異數分析摘要表 -----	92
表 42	： 個體跨躍調降障礙物高度前 8 步落腳位置變異性 之單純主要效果 -----	93
表 43	： 個體跨躍調降障礙物高度前 8 步落腳位置變異性 之單純主要效果事後比較摘要表 -----	94

圖目錄

圖 1：實驗場地佈置圖	-----	28
圖 2：實驗步驟流程圖	-----	29
圖 3：助跑階段的參數示意	-----	32
圖 4：個體起跳前 8 步的步長特徵	-----	58
圖 5：個體跨越障礙物前 8 步的平均速度特徵	-----	60
圖 6：起跳前的步數對應落腳位置標準差之特徵	-----	62

第壹章 緒論

第一節 問題背景

對於動作的控制發展，最近以動態系統理論 (dynamical systems theory) 支持者的觀點，認為個體的動作行為表現是受環境 (environment)、個體 (organism) 以及工作 (task) 任務要求之交互作用影響，經由次系統 (subsystem) 與自我組織 (self-organizing) 的機制提供動作發展的概念性架構，以產生協調和控制的動作行為，認為人類的行為會在不同的環境和不同的工作任務中自然形成 (Clark, Phillips, & Petersen, 1989)。Magill (2004) 則從動作控制的觀點，提出在開放式動作技巧中移動中的個人或物體，嘗試解釋任何機制時必須考慮到知覺和環境的變異，所以動態系統理論說明知覺和行動連結的交互作用，是在解釋開放式和熟練的技能之一種必要元素。在知覺的部分是於環境中偵測和擷取使用關鍵性不變的訊息，例如物體即將碰撞到個體的時間量 (the count of time)；而在行動的部分則依動作控制的特徵適應與調整而達到行動的目標。

關於個體每步與視知覺彼此間交互作用的探討，從 Jacobs、Pinto 和 Shiffrar (2004) 為觀察人類動作的靈敏度，以 7 個參加者來檢測人類的動作知覺中，視知覺和動作程式所扮演的角色，比較藉由光點的顯示，視知覺對於熟練、生疏的步頻和步長之差異。結果發現，視知覺的作用對於自然每步產生較好的動作行為，支持知覺—行動連結控制的觀

點，可知視知覺影響步行者本身的知覺，但對步速的影響沒有區別，因此視覺的敏感性可以對人類運動的動作經驗和視覺經驗產生幫助，以生態取向的觀點對於個體動作依靠經驗的敏感性是必要的。依此論點，個體處在自然情境下產生的動作，視知覺與動作經驗扮演知覺—行動連結控制的角色是相當重要的。

而 Farrow 和 Abernethy (2004) 為探究個體運動技能水準不同與知覺和行動連結控制之間的關係，即針對初級、中級及專業的網球運動員，檢視網球運動員本身的能力在處理及預測對手發球方向時，觀察其知覺—行動連結的程度對自然預期表現的影響。分成兩項不同的實驗類別：實驗一的參與對象為專業和初學者；實驗二的參與對象為中級技能者。在這兩個實驗過程中有兩種不同的回應條件，反映出使用不同程度知覺和行動之連結；在結合的狀態裡，運動員在比賽情境下接發球時，會基於運動的基礎反應做出相同的回應，反而在未連結的狀態下發球方向的口語預先告知卻是必須的。實驗一也顯示專業的選手在知覺和行動連結狀態比未連結狀態下，對方向的預測出現更多顯著的優越性。由以上的推論可發現不同的知覺過程取決於技能水準的預測工作任務，且在工作任務要求的限制下，不同個體本身的程度需求知覺—行動的連結就成為相當重要的一部分。

而觀察在兒童每日的遊戲活動中，經常以追逐跑跳的遊戲參與運動，而從生活化的運動遊戲體會動作控制動作技巧，進而學會了完成動作表現。Gallahue 和 Ozmun (2002) 即對個體從出生後的一系列動作發展區分為反射動作 (reflexive movement)、初始動作 (rudimentary movement)、

基本動作(fundamental movement)及特殊化動作(specialized movement)等四個階段，兒童經由健全的大肌肉身體活動和環境(如時間、空間、距離及物體之物理性質等)互動發展基本性動作技巧(如跑、跳、平衡、投擲...等動作)，當普通的基本動作技能成為熟練(refined)後，即能出現更多流暢的和自動化的技能表現，進而發展特殊化的動作。基礎性的動作奠定未來特殊化動作的根基，但並非所有個體均是健全的動作發展，可能因未受外在的環境刺激或本身成長遲滯所影響，所以在教導兒童身體動作及動作概念時，應以設計創造性的基本動作為主，符合因材施教的原則，讓其體會動作控制與環境之間交互作用的感知覺。

以Gallahue對動作分類所提出的二維模式(Gallahue's two-dimensional model)概念，基礎性的動作又可分為穩定性(stability)、移動性(locomotion)及操作性(manipulation)技巧(Gallahue & Ozmun, 2002)。穩定性強調個體在靜態和動態動作姿勢的平衡(例如單腳站立)，兒童的年齡大約在9歲以後，即開始接近於成人的成熟平衡控制型態，除非在更為嚴格的环境限制下，才會消失此成熟的平衡控制機制(林尚武，2002)；移動性強調個體點對點的轉移，例如走路；而操作性則強調從一個物體接受力量或給予力量，例如投擲球或接球等。以基本動作階段與移動性技巧的二維模式來談中晚期兒童在動作工作任務的預期功能上的表現動作，有走路(walking)、跑步(running)、跳躍(jumping)、單腳跳(hopping)等，其中在徑賽和田賽的許多競賽項目，跑步的動作被應用得最為廣泛，譬如100公尺、跳遠及標槍擲遠的助跑階段等，在在皆顯示跑步的重要性，而速度是單位時間的

位移變化量，為跑步的關鍵因素之一，Gallahue 和 Ozmun (2002) 針對兒童動作表現的相關體適能和綜合性研究的共同測量，認為跑步速度可由 20 公尺或 30 公尺的快速衝刺跑來評價，研究亦支持隨著兒童年齡的增長，動作的表現會更臻成熟，且經由後天的特殊訓練會繼續改善且提昇動作表現。

構成跑步速度最重要的兩個關鍵因素是步頻和步長，兩者關係呈消長現象，個體在追求最大跑速的極限時，或是在固定某一特定跑步的速度時，步頻與步長有一定的比例關係；假若步頻加快則步長縮短，反之，步長加大則步頻變慢，所以每個人可根據自己最大衝刺的跑速特點，調配最合適的步頻與步長之比例 (Hay, 1993)；而跑步時可藉由視覺系統引導個體跑步的方向，視覺是主要的感覺形態並且在動作發展過程中扮演重要角色，而視知覺能力在繼嬰兒誕生之後 6 個月期間即迅速發展，直到中晚期兒童視知覺選擇發展的能力才逐漸成熟，包含了視覺敏銳 (visual acuity)、從環境辨識物體的知覺能力 (figure-ground perception)、深度知覺 (depth perception)、視覺動作協調 (visual-motor coordination) 等 (Gallahue & Ozmun, 2002)。假若安排兒童在快速衝刺期間遇到障礙物的實驗情境時，視知覺是否仍扮演關鍵性的重要角色，且由於人體身高比例及體型差異的不同，下肢的長度亦是一個決定性的因素，故當環境中的障礙物大小改變時，個體是否會因視覺的知覺，影響其步頻、步長的改變，實為一有待討論的問題。

所以綜觀上述的研究與問題呈現，當個體動作表現產生的速度越快，而越難加以良好控制時，觀察個體對動作移動的行為調控，所形成動作控制機制的觀點為何，是本研究關

心的課題。

第二節 研究目的與假設

一、研究目的

根據上述的問題陳述，本研究的主要目的是通過運動學分析的手段，探討中晚期兒童短距離衝刺跑至跨躍障礙物，當其進入到迫近階段已經沒有多餘時間加以思考時，在知覺—行動連結控制的特徵與動作經過練習後其特徵是否會改變，以及因動作難度的不同是否會影響知覺—行動連結控制的特徵。

二、假設

- (一) 中晚期兒童在快速跑跨躍障礙物之練習初期至動作能力獲得，其行為模式會產生顯著差異。
- (二) 當障礙物高度依身體比率改變時，中晚期兒童在快速跑接近跨躍障礙物瞬間，其跑步動作型態會產生顯著差異。

第三節 研究範圍與限制

由於以往研究視覺的調控對移動性動作控制的文獻，實驗參與對象大多以成人或專業的運動選手為主，且在實驗的項目大多以跳遠為主，中晚期兒童其實在視知覺能力的發展

已臻成熟，且移動性（跑、走和跳的能力）技能是此年齡範圍的重要動作表現，以做為日後學習特殊化動作技能的基礎，故本實驗以某國小三年級兒童未做過特別運動訓練為參與對象做為研究範圍。

本研究的實驗參與對象僅針對東平國小三年級兒童志願參加者 10 人實施檢測，由於時間、人力、物力的因素考量，無法做其他年齡層的施測，因此不宜過度推論至所有群體。

第四節 名詞解釋與操作性定義

一、中晚期兒童

依據 Gallahue 和 Ozmun (2002) 對年齡的順序分類中，將接近 6-10 歲範圍的年齡層歸類為中晚期兒童 (middle/ later childhood)。本研究以年齡約 9 歲的國小三年級兒童為實驗參加者，因其本身已具備較為穩定的基礎性跑走跳及平衡控制的動作型態。

二、步頻

個體在跑步時，由單腳腳尖著地點與另一隻腳腳尖著地點之間的時間倒數。本研究係採用陳重佑 (2004) 透過雷射距離測量系統在移動性動作表現的方法研究，判定步頻、步長的方法進行分析。

三、步長

個體在跑步時，由單腳腳尖著地點與另一隻腳腳尖著地

點之間的距離 (Lee, Lishman, & Thomson, 1982)。而本實驗採用陳重佑 (2004) 透過雷射距離測量系統在移動性動作表現的方法研究，以速度的增加 (離地) 或降低 (著地) 來做步長的判定，步數間最大速度的峰值所對應到的距離差值。

四、快速衝刺

在單位時間內，個體盡最大努力極限的位移能力。本研究是指以國小三年級兒童在 15 公尺 4 秒內盡最大努力衝刺的速度。

五、移動性動作

Gallahue 和 Ozmun (2002) 強調移動性動作是身體從一個點移動至另一個點。即人體在空間中相對於一個固定點的水平或垂直位移而改變其固定位置。

六、跨躍障礙

本研究是指當個體以最大的速度，直線衝刺跑跨躍障礙物高度的動作稱之。

七、環境賦使

個體根據環境所賦予的特徵，如紋理梯度 (textured gradients)、物體大小外觀及距離等等，藉由周圍視覺 (peripheral vision) 的偵測暗示，以視覺流動模式 (optic flow patterns) 的評價方式，去影響一個人動作和行動。

八、知覺—行動連結控制

個體的感知覺是經由光的配列 (optical array) 提供時間 (temporal) 和空間 (spatial) 物件配置明確或不變的豐富訊息，以直接截取的處理方式，使視知覺收集環境所給予的訊息，提供人類直接和環境交互作用與尋找機會的歷程，是一種直接知覺的理念 (Gibson, 1979)。

第五節 研究的重要性

移動性動作是中晚期兒童動作表現的特徵，舉如跑、跳、追逐等動作，而本研究即針對中晚期兒童在快速衝刺跑跨躍障礙物的實驗設計，是兒童在日常生活當中，平常較少去學習與經歷的，經由不同的練習時程與不同的工作任務，以發現中晚期兒童在快速衝刺面對障礙物跨躍前的迫近階段，個體知覺—行動連結控制的機制，與學習遷移的效應，並與先前的研究者對跳遠所做的實驗，做為參照比較，以瞭解個體藉由視知覺引導個體跑步的方向，使視知覺以直接截取環境變異給予的訊息，使實驗參加者完成本實驗的工作任務需求。因此本研究採直接知覺理論中的知覺—行動連結控制之觀點，檢驗個體面對環境改變時移動性動作能力之表現，可瞭解中晚期兒童在做最大衝刺跑遇到障礙物時，經由調整障礙物高度對視知覺的調控之動作控制機制，可做為日後跳高、跳箱及跳遠等教學內容的參考，提供從事體育教學者開創性的概念性思維，增進對個體協調動作的看法。

第貳章 文獻探討

第一節 理論基礎—生態取向

早期的神經成熟理論 (neuro-maturational theory) 認為嬰幼兒動作行為的發生是不須要藉由特別的經驗，而動作行為的出現或消失則須經一定順序和規律所發展而來的 (Gesell & Thompson, 1929; McGraw, 1935)。而 Clark、Phillips 和 Petersen (1989) 則認為雖然中樞神經系統成熟在動作的發展中是必要的，但是以神經成熟論應用在與生俱來的能力和單一因果關係的探討上，已被論證多年且逐漸式微。

過去幾年探討個體動作行為的表現大多以認知心理學的訊息處理模式，來解釋及說明訊息處理與動作之間的關係，是一門有關於人類記憶、思考和心智處理的科學研究。在 1970 年代由 Atkinson 和 Shiffrin (1968, 1971) 提出有關人類記憶的模式中，說明環境的刺激 (輸入) 經由感官登錄 (視覺、聽覺、觸覺等) 至短期工作記憶，在此階段短期記憶可做內部控制處理 (複誦、編碼、決定、提取策略)，直接反應輸出；或將其訊息傳送至長期記憶以提取訊息，再將訊息傳回短期記憶，以做反應輸出，此說明短期記憶負責記憶系統中的「可觀察形式」和外在環境溝通的橋樑 (Ashcraft, 2004)。針對標準理論較制式化的模式，Neiser 於 1976 年提出對此模式的更新，認為記憶的登錄提取方式應以三角形的方式排列增加其彼此間互動性，避免階段性的直線陳述，並且引入注意於此修正模式中。此一脈絡或知識形成的著眼點是由

概念驅動的歷程效應 (conceptually driven processing effects) 由上而下之處理機制所完成，而這些處理模式特別適用於時間較短和簡單的操作實驗，以個體的反應時間來做測量。過去以認知心理學之訊息處理模式探究人類動作行為之解釋上，歸類其基礎理論分別為：Henry 和 Rogers (1960) 提出的記憶鼓理論 (memory drum theory)、Adams 在 1971 年對動作控制說明的閉鎖環理論 (closed-loop theory) 以及 Schmidt (1975) 對決定提供基礎規章的基模理論 (schema theory) (陳重佑和陳帝佑，2004)；所以具備先前知識 (prior knowledge) 和動作程式 (motor program) 即在人類動作行為推理思索中扮演重要角色。

而事實上，以生態取向 (the ecological approach) 的直接知覺 (direct-perception) 與環境賦使 (affordances) 觀點並不認為個人的動作表現是受個體的認知歷程所影響，首先提出動作控制是根據環境所賦予的特徵，如紋理梯度、物體大小外觀及距離等等，藉由周圍視覺的偵測暗示以視覺流動模式的評價方式，去影響一個人動作和行動，彼此之間是相互作用且關聯的，因此動作控制是須藉由環境訊息的傳導形成動作的修正，以最有效率的方式與環境互動完成工作任務，不僅運用感覺系統 (sensation) 感覺週遭的環境變異，並能知覺 (perception) 並引導身體做特殊任務的目標導向行動以達到工作需求。而個體本身也會因所知覺環境的不同而有個別差異存在 (王俊杰，2004)。Oztop、Bradley 和 Arbib (2004) 即應用環境賦使的概念，針對嬰幼兒的抓握物體動作以開放環的介入，達到透過交互作用的方式，採目標導向的反覆試驗學習產生一更複雜的抓握行為。所以生態理論最主

要的貢獻在於個體能主動探索環境，利用多種方法來達到目標的適應性（adaptability），不僅表現在動作系統，也同時出現在感知系統中，而不是被動地期待環境所給予的限制與回饋（胡名霞，2003）。

而陳淑惠（2003）以無接受過籃球特別訓練經驗之 20 名高中女學生為實驗參加者，採取不同的知覺方式探討籃球投籃的距離效應，而投籃距離的長度分別為 1.8 公尺、3.8 公尺、5.8 公尺、7.8 公尺、9.8 公尺和 11.8 公尺。實驗結果發現，隨著投籃距離的增加，直接和間接兩種知覺方式隨之遞減且有顯著差異，利用間接知覺方式投籃者得分高於直接知覺方式，研究者認為可能投籃的方式僅為操縱性動作而非移動性的動作能力，且工作任務執行的難易程度亦不同才會造成此現象，故將知覺和行動各別執行，則其個體表現的結果與實際執行的行動將有所差異；而投籃動作型式的選擇與不同知覺和不同距離限制之關係中以因素分析法分析，發現投籃動作除距離在 9.8 公尺處受不同知覺而採用不同的投籃方式外，其餘距離條件限制下，投籃動作皆不受知覺方式的影響而產生不同的表現結果，但是研究者認為若從整體角度來看，則可發覺投籃動作型式的選擇會因不同的知覺方式而有不同，顯示個體在投籃時無法只依靠內部的機制而符合工作任務要求，而是個體與環境藉由知覺和行動兩者之間同時啟動相互循環產生作用；最後，在距離限制條件下，不同知覺方式之投籃動作的比較結果得知，知覺和行動兩者分開時，再和直接知覺的方式做比較，會產生不同的結果，主要是個體會採直接截取（pick up）的方式獲得環境中對本身個體有利的訊息，使知覺和行動產生循環作用而達到工作目標。

所以從本研究中可得知投籃動作在不同的距離情況下，會因不同的知覺形式而有所差異，但並非全然。

另外從生態心理學的角度來探討個體動作的產生與環境之間的聯繫，可從直接知覺（知覺—行動連結控制）與身體比率（body-scaled）兩方面著眼，茲分述如下：

一、知覺—行動連結（perception-action coupling）

Gibson（1979）持不變的特徵（invariant feature）和環境賦使（affordances）的概念來說明知覺和行動的關係，主張個體動作行為的表現是知覺—行動連結控制的手段，認為感覺是光的配列提供時間和空間物件配置明確或不變的豐富訊息，以直接截取的處理方式，使視知覺收集環境所給予的訊息，提供人類直接和環境交互作用與尋找機會的歷程，是一種直接知覺的理念，因此個體動作的產生是本身知覺外在環境的資訊，不須涉及內在歷程的思索，知覺與行動是緊密相互結合的；而針對知覺和行動的關係，吳惠如、陳怡珮和林美純（2004）認為知覺能對行動提供有價值的訊息來源，而行動和運動能有助於精確的知覺判斷；所以知覺與行動是相互緊密結合。

二、身體比率訊息（Body-scaled information）

在日常生活中，舉如傳接球、爬階梯、出入門口…等目標行動，是如何以正確的處理模式達到工作需求的呢？研究證據顯示個體會藉由視覺系統知覺周邊具體物體的大小、高度…等訊息，提供動作系統衡量身體比率訊息採取合宜的動作去完成最適切的行為（Magill, 2004），而身體的比率諸如

腿長、肩寬、手掌大小等等。以 Warren 在 1984 年從環境賦使的概念，探討爬階梯的視覺引導對動作行為產生的影響所做的經典實驗，即以生態取向的角度透過視知覺去量測判斷階梯高度與腿長肢段之間的變異，實驗參加者依身高分成高與矮兩組，每一組 12 人，採人體測量學測量肢段長度，是求找出一臨界值，運用的公式為 $\pi = R/L$ ，R 為階梯高度，L 為個體的腿長，階梯高度和腿長以公分記；當求算出來的 $\pi = .88$ 是為一關鍵值，如果 $\pi \leq .88$ ，個體即可以正常的標準每步爬階梯，而如果 $\pi \geq .88$ ，此時個體即會以不同的動作型式去適應改變。而國內的學者亦對此方面做深入的實驗探究（彭國威，2003；楊梓媚與卓俊伶，1998；謝扶成，2002）。

基於上述文獻的論點，以生態心理學環境賦使和直接知覺的取向，強調訊息是視知覺對環境的物理條件直接截取有用的訊息，使個體採取行動以完成目標要求。所以行動的執行不僅建立於運動的空間（spatial）和時間（temporal）的組織，而且能合適的嵌進環境時空（spatio-temporal）的限制條件上，事實上，個體表現出來的結果是深受知覺—行動連結的影響（Ceux, Buekers, & Montagne, 2003）。

第二節 探討知覺—行動連結控制

生態心理學家 Gibson 在 1950 出版第一本談論有關視知覺的書，其在解釋和說明人類動作的表現，並敘述個體在環境中動作的移動性，大多談論手眼協調而較缺乏腳眼協調的研究 (Adams & Beaton, 2000)。而為能更深入了解視知覺在個體動作發展中所扮演的角色，於是 Gibson (1979) 提出直接知覺 (direct perception) 之視覺流動 (optic flow) 模式的概念，而所謂視覺流動模式即在環境當中，由光線進入視網膜散發出物體特徵的一種特性，其三個重要的基礎概念分別為：光的配列 (optic array)，是光線進入眼球後經由光的配列將合理有用的訊息反映在視網膜上，提供物體在空間中明確的訊息；紋理梯度 (textured gradients)，會經光的配列提供物體間有關速度或距離的訊息，採共振作用 (resonance) 截取有用的資訊給觀察者，在此階段認知系統是較少甚至是沒有提供參與；而環境賦使則是個體與環境間的交互作用，是一種直接處理的方式，不須經由心智歷程，因此反對長期記憶理論。

Lee 和 Aronson (1974) 研究視覺在動作控制或平衡上所扮演的角色，以 7 名 13 到 16 個月大的嬰幼兒為實驗參與對象，設計一個房間移動 (moving room) 的實驗情境，其實驗內容為實驗者站在房間裡，三面的牆壁會上下前後移動，而地板是固定無法位移。研究者觀察當牆壁移動幾公分差距時，發現嬰幼兒站立時會因牆壁移動導致失去重心的平衡，而調整本身的姿勢以保持身體平衡，其實在實驗時因為地板未移動，所以他們的本體感受器 (proprioceptor) 並未感受出

身體失去穩定，只是其視覺系統偵測到環境的變異而改變光的配列 (optic array)，因此研究者認為以剛學會站立的嬰幼兒對外界的環境知覺來講，視知覺比本體知覺較具影響力 (Magill, 2004; Schmidt & Lee, 2005)。由這個實驗當中可發現，在所有的感官系統中，視覺系統是最優先選用的，而視覺系統如何提供與操縱個體動作控制系統且建立搭配關係，以能夠完成動作，將是值得再探討的課題。

首先以手部瞄準動作 (aiming movement) 為例，探討視覺作用在個體動作控制的機制作用。在瞄準動作階段 (the phases of the aiming movement) 視覺作用所扮演的角色，可從不同的時間不同的狀況來說明，Magill (2004) 舉出研究者 (Helsen, Elliott, Starkes, & Ricker, 2000) 等人支持完成手部瞄準動作三階段之視覺重要性的論證，認為手部瞄準動作可區分為三階段，而視覺在每一階段的動作控制上有不同的作用：

一、動作準備階段 (movement preparation)

當個體想要去完成手部的瞄準動作，此時會藉助情境使用視覺去決定特別的動作表徵，例如方向、距離等，利用肢體移動並對準空間的定位和目標物的大小。

二、初步的快速移動階段 (initial flight phase)

從手部開始移動到目標的方位，此過程是較快速的拋物線動作，且偏向開放環 (open-loop) 的無回饋機制；雖然視覺獲得較早的肢體移位和速度的訊息，但是從錯誤修正的目的來說卻是扮演較次要的角色。

三、結束階段 (termination phase)

當要擊中目標的瞬間，倘若個體有充足的時間使用視覺回饋 (visual feedback)，視覺即扮演一個關鍵性的角色，提供需要的訊息給肢體做動作修正 (movement modifications) 以正確的碰撞到目標。

在動作的進行中其實有一個重要的因素影響視覺的作用，也就是視覺回饋利用所須最小有效的時間量，產生動作校正以獲得正確的完成動作；若肢體的動作快於最小的時間量，則可能就沒有動作錯誤修正，如此，整個動作歷程將是屬於開放環 (open-loop) 模式，即動作在初始以前，動作的準確性是依賴準備的品質 (Magill, 2004)。

個體在每日生活活動中，舉凡走路、跑步、跳躍及各種步態等，都是屬於移動性動作。為研究移動性動作與視覺系統之間作用的關係，Lee 在 1974 即針對人類移動性動作期間，視知覺藉由中心視覺 (central vision) 與周圍視覺 (peripheral vision) 在時間和空間上所提供的訊息，調整個體的每步以完成動作表現做了解釋和說明。在此處中心視覺所扮演的角色為提供環境中物體本身的特定訊息，比如物體的大小和形狀等，視野角度範圍大約 2 度—5 度；周圍視覺提供周遭的環境變異，比如距離等，視野範圍在水平角度大約 200 度，而垂直角度大約 160 度 (Magill, 2004)。針對上述的討論內容，最近亦有諸多研究者將此主題再做探討與延展 (e.g., Adams & Beaton, 2000; Berg, Wade, & Greer, 1994; Bootsma, Fayt, Zaal, & Laurent, 1997; Farrell & Thomson, 1999; Montagne & Bueckers, 2003)。

當行進中的個體面對接近的物體或飛行中的物體接近於個體時，視覺本身如何在視網膜成像以扮演提供重要的訊息者，是值得探究的課題。舉例來說，個體坐在火車裡，觀看本身搭乘火車外面的景象，遠處的動植物似若不動，而眼前的景物卻快速穿越消失；當兩列火車交會時，看到對面的火車之速度更快，以物理學來說明此速度的話，即是兩列火車速度相加總，可見視覺在我們的日常生活中，提供相當多的動態訊息，使個體行進於環境中而安全無慮。根據上述情況，從特定的距離直到物體碰觸到個體的剩餘時間量，就稱為迫近時間（time-to-contact；亦有人稱之為T_c）。迫近時間是依照眼睛視網膜上物體所呈現的影像大小之相對改變率，也就是當物體快接近個體時，這個物體將增加視網膜上所呈現的影像大小，當到達一個關鍵點（critical point）時，即會觸發個體表現動作控制的機制；反之，物體在遠離個體的狀況時，其個體動作控制的機制亦同。

研究者針對物體與個體間時間和空間上之動態訊息，希望能以較具體的說明來闡述其間之變異關係，於是 Lee(1974)根據迫近時間（time-to-contact）提出一個最佳化的參數—tau（ τ ），來證明 tau 參數可以從一個人到物體間的距離，經由物體在視網膜的成像和距離對應人的角度，依照相對物體的大小去做數學量化：

$$\tau (\tau) = kA / \dot{A}$$

上述的數學公式 k 代表物體接近的速度之任意常數比例項，A 代表視網膜上呈現的物體影像大小， \dot{A} 代表物體成像擴增的相對比率。從數學的關係式上，給物體接近的速度為常數，而根據移動物體所對應的視覺角度之相對改變率的倒數，

即可求得 tau 參數。tau 參數對動作控制有預測的功能，tau 能容許在特定的時間下，在個體行動之初或物體碰撞前，經由任何距離和速度的訊息，根據環境中物體在視網膜上的影像大小之改變率，產生個體自動化減速或轉移的反應（Magill, 2004; Schmidt & Lee, 2005）。

而當個體處於不同的情境中，視知覺處理的機制為何是一個值得探討的問題，Hopkins、Churchill、Vogt 和 Ronnqvist（2004）即針對這個問題設計三種環境結構（light condition、dark/hand-visible condition、dark/hand-not-visible condition）的觀看狀態，以實驗參加者 11 人（男生 5 人，女生 6 人）用慣用手來檢測抓握動作應用 tau-dot 減速階段的策略，結果發現只有當環境暗示被除去時，tau-dot 的變異性會增加。一般認為人類學習新事物 80% 以上透過視覺，而視知覺對不同程度能力的個體在動作控制或反應上是否會隨著程度的不同而有所差異，劉強（2001）根據過去的研究學者們（e.g., Solomon, 1988; Rouse et al, 1988; Classe et al, 1997; Fujilshiro et al, 1998; O'Connor & Crowe, 1999）指出運動員的運動成績表現和視覺能力有顯著的相關，可見視知覺系統是影響其動作表現的重要因素。Savelsbergh、Williams、Kamp 和 Ward（2002）即針對專業和初學的足球守門員各 7 人為實驗參與對象，採操縱桿（joystick）來檢測罰踢時，熟練和初學守門員在視覺搜索（visual search）和預期（anticipation）的行為，是否會造成守備技術上的差異，結果顯示熟練者使用較有效率的視覺搜索策略，專業的守門員有較高的預期和更多精確、有效率與選擇性的視覺搜索方式，以澄清「知覺訓練計劃」（Williams & Grant, 1999）是否能改善罰踢時

的預期執行狀態。

經由上述文獻討論，可見視覺系統在空間知覺的重要性，在體育教學或運動訓練中，教學者要善加利用人類的感知覺能力，使學習者培養個體的空間感和因視覺所知覺的時間感，以提昇個體的動作控制能力進而增進最佳的動作表現。

第三節 視覺和移動性動作的相關研究

當我們在走路或跑步面對前有障礙物時，個體要如何調整自己的每步，以避免與物體碰撞是值得探討的問題。Cutting (1986) 以跨領域的概念，結合哲學、歷史、知覺的科學和聲音平衡的觀點，認為知覺對運動有判斷分析之可用性，透過移動中的個體之視覺流動 (optical flow) 過程，藉由敏銳的視覺直接截取飛行物體有用的環境訊息，推論視覺訊息足以產生個體知覺，基本上不須認知的介入。而 Vishton 和 Cutting (1995) 認為當一個人走路或跑步行經混亂的環境時，眼睛會追蹤注視前方的物體與個體之間的距離，為避免撞擊障礙物而想保持行進中的步速時，有三個決定性的關鍵時期：個體觀察並識別物體之環境變異，做為調整自己步法的依據，然後轉移步法以避開障礙物；而第一階段是研究者認為最重要的一個時段，大約花費個體接近物體距離的 75%。所以視覺是個體每步控制及轉換的一個重要因素，並且視覺系統亦提供個體處於環境中時間和空間的訊息，以調適走路的步頻或步長的重要來源。

很多的動作項目當中都強調速度與準確性的必要性，比

如跳遠、踢足球、打棒球…等項目，而在評價速度與準確性的動作表現時，速度和準確性的關係則呈消長現象（speed-accuracy trade-off）。跳遠項目是一項具備速度快與須準確性高的動作技巧表現，時常被應用在目標導向移位（goal-directed displacements）的視覺控制（visual control）的研究（Hay, 1986, 1988; Hay, Thorson, & Kippenhan, 1999; Maraj, Allard, & Elliott, 1998; Scott, Li, & Davids, 1997），Hay(1986)認為跳遠可區分為：接近階段（the approach phase）、起跳（take-off）、飛行階段（flight phase）以及著陸（landing）等四個階段；尤其跳遠選手會在接近起跳板（the take-off board）的階段，瞄準起跳板以減少最小速度的情況下，利用最佳的身體姿勢達到有效的最遠距離（Hay, 1988），可見要完成最好的跳遠成績，速度和準確性的調配是選手要加以思索的重要課題。

根據上述的研究問題，Montagne、Cornus、Glize、Quaine 和 Laurent（2000）欲研究跳遠者起跳腳在距離起跳板（the take-off board）之控制精確位置的機制為何。實驗設計以年齡介於 19-25 歲的跳遠技術不同等級之 6 位大學生為參與對象，其跳遠成績為 5.61 ± 0.93 公尺，實驗中並沒有對參加者告知特別說明。實驗期間共 3 天，每一天 3 個循環，每一循環有 6 次試驗；實驗步驟為參加者以固定 14 步的步數，在細煤渣所鋪的跑道上助跑到跳至沙坑完成跳遠動作，當執行者完成跳遠動作即測量助跑跑道上的腳印，以瞭解每一步至起跳板之間的距離，而本研究主要焦點集中在最後 9 步的步幅變異。結果顯示與其他研究者（Berg, Wade, & Greer, 1994; Glize & Laurent, 1997; Hay, 1988; Lee, Lishman, & Thomson,

1982; Scott, Li, & Davids, 1997) 的實驗報告一致，助跑可分兩階段：在助跑的最初始是加速階段，而在最後距離起跳板的第 4 至第 5 步時是屬於減速階段，且步長調整總量的百分比呈線性關係增加（最後 5 步步長調整總量的百分比大約是 15%-40%），此數據與先前研究者（Lee, Lishman, & Thomson, 1982）發現優秀跳遠選手在距離起板前的最後 5 步，其步長調整的總量大約 40% 是相當接近的。由此說明跳遠選手在助跑期間接近起跳板時，是使用視覺控制（visual control）為求達到腳步位置的準確性，該實驗亦證實不支持 Anderson 和 Pitcairn 在 1986 年所提出對投擲標槍動作結束期間所謂的減速動作程式（motor program）基礎假說；另外透過每次試作分析（trial-by-trial analysis）獲得更多精確的控制機制，從步數以及步長的調整量分析來說是存在著一定關係，假若步長調整的越大，相對的就要提早起動調整的階段，這個結果顯示跳遠者連續視覺控制（continuous visual control）的見解，支持迫近時間存在於時間與空間限度（spatiotemporal tolerance）上的觀點，且只要視覺流動繼續提供行動者和環境系統（actor-environment system）的訊息給執行者，個體知覺行動連結控制即能產生所須的調適量（the amount of adjustment）完成動作表現。

而 Scott、Li 和 Davids(1997) 針對非跳遠選手（non-long jumpers）距離起跳板（the take-off board）起跳前之助跑階段（the approach phase），視知覺對調整每步之影響。以 11 位年齡介於 20-25 歲的男性大學生為參與對象，這些實驗參加者未曾接受過任何跳遠訓練，即所謂非跳遠選手（non-long jumpers）。在實驗步驟上，於跳遠的助跑跑道上每隔 2 公尺

做標誌(makers)，並於 15 公尺處架設 1 台掃描攝影機(panned camera) 拍攝跳遠全景，參加者須儘量嘗試跳得最遠，且未告知參加者的研究目的。結果發現非跳遠選手的落腳位置的標準差變異量(最大值為 58 公分)比其他研究者所研究的變異量較大，例如 Berg、Wade 和 Greer 在 1994 年針對 19 位男性高中生(9-12 年級)對跳遠項目在距離起跳板前 5 步的落腳位置標準差，其最大值為 29 公分，而 Hay 在 1988 年的實驗結果則為 23 公分，所以個體間分別使用不同的策略方式或變異量，來調整本身的步態，以達成工作目標。研究者根據 Lee 等人(1982)所提出的建議，落腳位置變異量大可能是由於接近起跳板時步長產生不協調所致，而以 Berg 等人(1994)所主張的只要非跳遠選手接受一些跳遠訓練，即可獲得明顯的改善；另外非跳遠選手在起跳前的 4 步與其他研究亦有相同的變異趨勢，顯示視覺引導最後助跑的階段。研究者認為除 Hay 等人(1988)所提議的跳遠選手在當腳碰撞到起跳板時，不僅僅只是憑藉優秀選手的高度「編製策略」的經驗，且在助跑距離的數據分析上，經由最佳化的 tau 參數訊息，提供更進一步在目標導向的移動性運動裡，視覺介入的策略會引導跳遠者步數到起跳板之間步長與步頻調整的關係，也與其他研究者(e.g., Montagne et al., 2000; Patla, Robinson, Samways, & Armstrong, 1989)支持知覺—行動連結(perception-action coupling)對動作控制機制所須調適量的研究看法一致。

Magill(2004)認為雖然科學家已從不同的領域來研究移動性動作，但在移動性動作控制中視覺系統所扮演的角色，其研究的歷史卻不長。所以對於有關移動性動作和視覺的

問題還有待解決，不過從上述的文獻中已可知視覺系統在移動性動作中的重要性，而本研究即以中晚期兒童在做衝刺跑之移動性動作時，探討個體在高速跑時間的情況下視知覺的調控。

第四節 本章總結

Magill (2004) 認為在移動性動作中而須準確碰撞到物體時，Lee 等人在 1982 年對 3 位優秀的高水準女跳遠選手所做的迫近時間之影響，是經典的實驗。Lee 等人 (1982) 為探討三位優秀女跳遠選手其在助跑階段所做的步長特徵，在距離起跳板起跳前的第 1-18 步之步長特徵發現，選手在開始起跑的 5-6 步階段，步長是呈類似線性增加的趨勢，而在維持階段期的 5 步其步長大致是相似的，但在最後接近起跳板前的 6 步，步長卻是出現不同的變化，顯示跑者藉由視覺的引導來調整本身最佳的每步，以順利碰撞到起跳板之後也藉由 Hay (1988) 的實驗得到確認。而先前的研究者 (Berg et al., 1994; Hay, 1988; Lee et al., 1982; Scott et al., 1997) 針對跳遠項目來探討視知覺對每步調整的相關訊息，結果顯示不管是非跳遠選手、初學者或優秀跳遠選手其動作型態都會運用視覺變數 τ (τ)，來瞄準起跳板的位置，在距離起跳板前 5-6 步調整本身的每步以完成動作表現。

檢視以往的文獻，過去的研究者檢證準確性與高速度的實驗項目大多以跳遠為主，跳遠的最佳表現是在速度減小最少，起跳腳腳尖距離起跳板前緣之距離越近越好的情況下，

以探究個體對環境知覺與視知覺調控對動作控制能力的關係，而經過研究者的實驗設計與發現，大多數的研究者都支持視覺系統參與動作控制的主要感官知覺，因此以視覺對地面上的起跳板大小（長約 121-122 公分，寬約 20 公分，厚約 10 公分）所產生的知覺，如何正確引導個體動作控制的表現是值得探究的課題。

根據上述論點，研究者尚未對個體進行最大衝刺跑時，遇到目標物採取改變空間的高度情況下，視知覺調控對個體每步動作控制機制的影響，而且先前的研究參與對象大多是專業的運動選手或成人，甚少對中晚期兒童在基本動作技能與視覺的問題做探究，所以本實驗欲探討國小三年級兒童依個體腿長比率調整障礙物的高度，以觀察個體在最大速跑跨躍障礙物時，步長及步頻的行為調適，並瞭解其動作學習遷移的效應。

第參章 研究方法與步驟

第一節 實驗參加者

本研究以臺中縣太平市東平國小三年級男性兒童為實驗參加者，採隨機取樣的方式抽取一個班級，再以班級學生志願參加者 10 人為本實驗研究樣本，採人體測量學的觀點，量測實驗參加者的腿長肢段長度，基本資料如表 1，所有參加者均應確實瞭解實驗參加者須知並通過運動安全問卷檢核合格，以及填寫個人及家長同意書。

表 1：實驗參加者的基本資料

項 目	平均數	標準差
年齡（歲）	9.3	0.3
身高（公分）	132.9	5.6
膝高（公分）	30.9	1.8
著鞋膝高（公分）	32.5	2.0
體重（公斤）	31.4	9.2

第二節 實驗儀器與器材

本研究為收集實驗參加者在快速跑跨躍障礙物期間，助跑各階段的運動學參數資料，使用之相關實驗器材與分析軟體，茲陳述如下：

一、儀器設備

- (一) 1 台高頻雷射距離測量儀(JENOPTIK LASER LDM 300 CTM) 和 1 支移動式腳架 (Manfrotto #055C)。
- (二) 1 台攜帶式終端訊號處理系統 (COMPAQ Presario 2800)。
- (三) 1 台 DV 攝影機 (SONY DCR-PC330)。
- (四) 1 個多功能運動計時計分器 (MTS-188，可見距離：
>40 公尺) 和活動支架。
- (五) 1 組馬丁尺。
- (六) 1 條 USB 轉 COM 埠的傳輸線。
- (七) 3 張椅子、2 張桌子、2 條白色鬆緊帶、1 塊長方形白色紙板 (2 公尺×35 公分)。
- (八) 捲尺 (50 公尺)。

二、資料處理相關軟體

- (一) LAVEG 3.8 版高頻雷射距離測量儀訊號擷取系統。
- (二) AcqKnowledge 3.7.2 版資料分析軟體。
- (三) Microsoft Excel 2000 中文版試算分析軟體。
- (四) SPSS10.0 統計分析中文版軟體。
- (五) OriginPro 7.03 版繪圖軟體。

第三節 實驗場地佈置

實驗場地分成參加者預備區、施測區，場地佈置如圖 1。預備區在操場中間的籃球場等候，聽從教師講解說明此次實驗的流程、內容與相關注意事項，並做暖身運動 (warm-up)；而施測區在司令台前的跑道上，在起跑線前方 15 公尺佈置礙障物，而於操場北側的草皮上以腳架架設 1 台 DV 攝影機，拍攝實驗參加者側面整個助跑實驗過程，以便驗證實驗參加者的步幅；為使跑者能統一掌握時間倒數的規範，於跑者的左前方架設 1 台多功能運動計時計分器；另外在起跑線後方處，以腳架架設 1 台高頻雷射距離測量儀連接筆記型電腦，先以捲尺量測起跑線前方 15 公尺及 20 公尺距離 (15 公尺處為障礙物的位置；20 公尺處為實驗參加者衝過終點線的位置)，並以長方形白色紙板做為高頻雷射距離測量儀判斷距離的目標物，首先先做歸零，調整量測好距離並做 5 次校正，然後請實驗參加者換穿白色運動上衣，鏡頭平行對準實驗參加者的背部進行拍攝，以利 LAVEG 3.8 版軟體收集衝刺跑期間的資料訊息；當施測完畢，實驗參加者回至預備區休息，並做緩和運動 (cool-down)，以避免運動傷害或減少肌肉酸痛的情況。

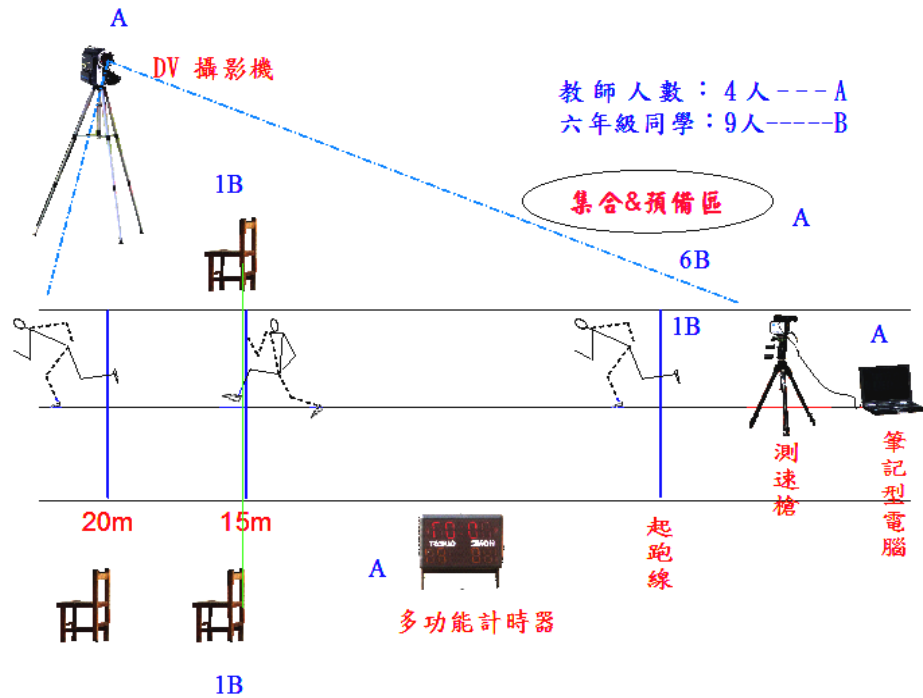


圖 1：實驗場地佈置圖

第四節 實驗程序

實驗流程於施測前先以馬丁尺量測實驗參加者的膝高長度（腓骨至足底）；速跑跨躍障礙物的練習期間共 5 天，第一階段測驗日期分別安排在練習初期及練習後期進行施測，地點於東平國小操場的跑道；並於 48 小時後於同一地點再進行第二階段施測。練習及施測時間為週一至週五早上 7:50-8:35，實驗參加者預備好準備起跑姿勢，當計時器從 7 秒倒數至 4 秒時即開始衝刺，以 5 天 60 次在距離 15 公尺時間 4 秒內

盡最大衝刺跨躍障礙，平均每天 2 次循環，每次循環以 6 次試驗為原則。操弄之任務設計：第一階段施測內容為障礙物依實驗參加者之膝蓋高為準；第二階段施測內容為先將障礙物高度提升至實驗參加者膝高加 10 公分處，再直接將障礙物高度降至地面。依不同的工作任務各施測 6 次以收集跑者的每步資料，以了解動作學習遷移的效應。上述相關之實驗流程如圖 2。

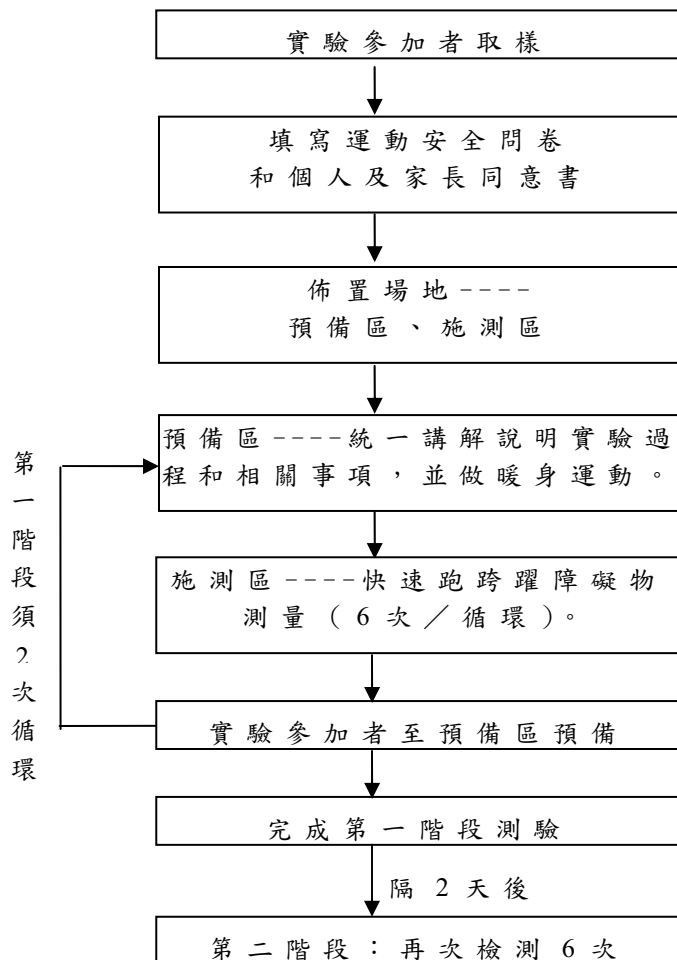


圖 2：實驗步驟流程圖

第五節 資料處理與分析

將高頻雷射距離測量系統 (LDM 300 CTM) 經由 LAVEG 3.8 版軟體 (設定截取頻率為 100Hz) 收集實驗參加者衝刺跑所得的原始資料訊息, 轉換至 AcqKnowledge 3.7.2 版軟體進行讀取, 經過傅立葉分析 (FFT) 清除雜訊及訊號還原後, 以低通濾波 (low pass filter) 截取頻率設為 4Hz 修勻後, 顯示實驗參加者衝刺跑跨躍障礙物完成動作的時間—距離及時間—速度之曲線圖, 求算其最小和最大平均速度、最小和最大平均速度出現的位置、步頻、步長之運動學參數做資料處理分析, 探究當環境空間知覺改變時, 實驗參加者距離障礙物起跳前的最後 5-6 步其腳步調整之變異性, 以驗證各項假設。所得的最大速度之運動學參數資料, 以 SPSS10.0 中文版進行相依樣本 t 考驗比較分析。關於相依樣本 t 考驗處理效果 (effect size, 簡稱 ES) 的計算係採用 Thomas 和 Nelson (2001) 的方法, 利用前測的平均數減去後測的平均數, 再除以前測的標準差即為所得。而 Thomas、Salazar 和 Landers (1991) 認為在行為科學中有關處理效果的建議值, 若 ES 小於 0.2, 雖然有顯著差異, 卻只有較小的處理效果; 若 ES 約等於 0.5, 有顯著差異, 但只有中等的處理效果; 若 ES 大於 0.8, 除有顯著差異外, 且有較大的處理效果。另外, 所得的步頻、步長、速度及落腳位置之運動學參數, 則以重複量數二因子變異數分析; 交互作用若達顯著差異, 則進行單純主要效果分析; 而 Duncan 法則用以進行事後比較的處理。針對重複量數的處理效果而言, Kirk (1995) 認為 η^2 大於 .2 即表示高處理效果。統計的顯著水準定為 $\alpha=.05$ 。

第肆章 結果與討論

第一節 動作過程的運動學特徵

就跑步的運動學特徵來看，跑步是一個週期性的動作。從高頻雷射距離測量儀來分析跑者的跑步資料，當個體在跑步時，助跑階段的曲線圖中可發現，隨著時間的增加，位移會逐漸增加，而速度曲線特徵則會產生起伏現象，此即為減速和加速的現象，此乃根源於跑者的腳著地與離地之運動學特徵。相對最大速度的峰值所對應到的距離差值判斷為步長，茲將本實驗對個體動作過程之每步、距離以及時間的判定，進行運動學過程的描述。

為了瞭解整個衝刺跑跨躍障礙物的行為，以本實驗參加者編號 1 在練習初期的第 4 次工作任務為例，將雷射距離測量系統所得的運動學特徵「時間—位移」、「時間—速度」資料呈現如圖 3，以進行描述。位移曲線座標的 0 值代表障礙物的位置，如 a1 則代表實驗參加者距離障礙物 8.99 公尺；位置曲線產生位置為 0 瞬間，表示實驗參加者正通過障礙物，所以，它所對應到的速度曲線，在這一瞬間前產生的速度極值，在本研究中就視為是跨躍障礙物的起跳瞬間，而這一瞬間位置，研究者也定義為起跳點之所在，以圖 3 為例，即可以獲得實驗參加者最大速度為 5.00 公尺/秒，這個速度是在跑者距離障礙物 5.81 公尺 (P_{max}) 及時間 1.29 秒 (T_{max}) 處，也就是跨躍障礙前的第 4 步。

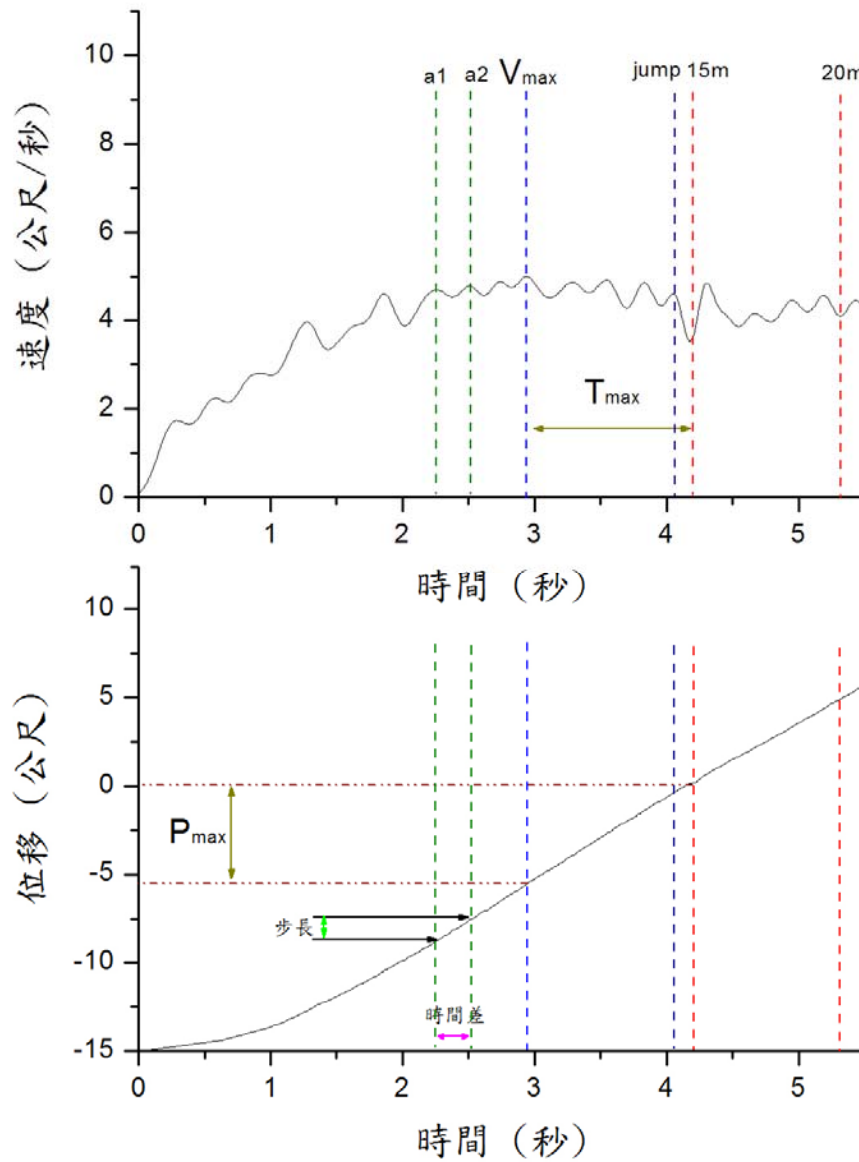


圖 3：助跑階段的參數示意。註： V_{max} 代表最大速度； T_{max} 代表最大速度所相對應到障礙物的時間； P_{max} 代表最大速度所相對應到障礙物的距離；jump 代表起跳離地瞬間； a_1 和 a_2 分別代表各步腳離地瞬間。

依此判斷準則，實驗參加者在練習初期最大速度平均為 5.36 ± 0.46 公尺/秒，是產生在實驗參加者距離障礙物 4.65 ± 1.39 公尺處，距離障礙物時間為 0.99 ± 0.31 秒；在練習後期最大速度平均為 5.38 ± 0.50 公尺/秒，是出現在實驗參加者距離障礙物 5.29 ± 1.37 公尺處，距離障礙物時間為 1.13 ± 0.35 秒；增加難度時最大速度平均為 5.37 ± 0.53 公尺/秒，是產生在實驗參加者距離障礙物 5.59 ± 0.94 公尺處，距離障礙物時間為 1.20 ± 0.23 秒；降低難度時最大速度平均為 5.47 ± 0.67 公尺/秒，是出現在實驗參加者距離障礙物 4.74 ± 1.12 公尺處，當時距離障礙物時間為 0.99 ± 0.26 秒。經由相依樣本 t 考驗進行統計分析，結果發現，針對不同的練習時程與不同的工作任務而言，所有實驗參加者的最大速度平均值 (V_{max})，以及此一瞬間與障礙物的距離 (P_{max}) 和至障礙物的時間 (T_{max}) 皆無顯著差異，顯示個體在動作獲得期與學習遷移的效應上，5 天共 60 次的衝刺跑跨躍障礙物動作練習，在達到最大速度、位置和離障礙物的時間均沒有統計上顯著差異的意義，如表 2、表 3 和表 4 所示。

而從圖 3 中的 a1 和 a2 分別代表某一相對速度的極值，峰值 a1 和 a2 之間的垂直軸差異為步長 (1.16 公尺/步)，水平軸的差異則為時間差 (0.25 秒)，而時間差的倒數即為步頻 (4 步/秒)，因此，若欲求算 a1 和 a2 之間的跑步速度，即為此兩點間步長與步頻的乘積，其值為 4.64 公尺/秒，此為本實驗跑步速度所採用的方法。

表 2：個體練習前後產生最大速度的運動學參數之 t 考驗

項目	練習初期		練習後期		t(9)	ES
	平均數	標準差	平均數	標準差		
最大速度 (公尺/秒)	5.36	0.46	5.38	0.50	-0.35	0.04
位置 (公尺)	4.65	1.39	5.29	1.37	-1.01	0.46
至障礙物時間 (秒)	0.99	0.31	1.13	0.35	-0.99	0.45

表 3：個體練習後期和增加難度時產生最大速度的運動學參數之 t 考驗

項目	練習後期		增加難度		t(9)	ES
	平均數	標準差	平均數	標準差		
最大速度 (公尺/秒)	5.38	0.50	5.37	0.53	0.15	0.02
位置 (公尺)	5.29	1.37	5.59	0.94	-0.68	0.22
至障礙物時間 (秒)	1.13	0.35	1.20	0.23	-0.76	0.20

表 4：個體練習後期和降低難度時產生最大速度的運動學參數之 t 考驗

項目	練習後期		降低難度		t(9)	ES
	平均數	標準差	平均數	標準差		
最大速度 (公尺/秒)	5.38	0.50	5.46	0.67	-1.24	0.16
位置 (公尺)	5.29	1.37	4.74	1.12	1.32	0.40
至障礙物時間 (秒)	1.13	0.35	0.99	0.26	1.43	0.40

第二節 動作獲得期的表現

先前的研究者（e.g., Hay, 1988; Lee, Lishman, & Thomson, 1982; Montagne, & Buekers, 2003）在探討知覺—行動連結控制的問題時，主要分析的工作為跳遠運動，因為，跳遠運動的特徵強調高速衝刺並精確踩板起跳，而實驗參加者在踏板起跳前的步長、步頻與落腳位置等參數的變化特徵，就被視為是動作者視知覺和行動連結控制的運動學訊息，以解釋迫近時間 τ 參數的存在與否。但是，針對中晚期兒童，移動性動作是此時期成熟的動作表徵，而快速衝刺跨躍障礙物並非是其日常生活常有的動作表現，且過去的研究者也多半沒有論及個體在經過動作練習後的知覺—行動控制改變問題。

因此，本研究探討個體在快速跑衝刺跨躍障礙物時，分析練習階段對跳躍相同障礙物高度在助跑階段每步的變化情形，茲將實驗參加者經由動作練習而獲得跨躍障礙物的經驗，其在助跑階段的步長、步頻、跑步速度、落腳位置標準差的運動學特徵分述如下：

一、步長

從實驗參加者跨躍障礙物前 5 步的步長平均值，計算各步步長的平均數與標準差，如表 5。結果顯示，在練習初期的平均步長為 1.24 ± 0.12 公尺（全距範圍為 1.10-1.37 公分），顯示步長的最小值約出現在起跳前的第 1 步，最大值出現在起跳前的第 2 步。練習後期的平均步長為 1.27 ± 0.06 公尺（全距範圍為 1.22-1.36 公尺），步長的最小值出現在起跳前

的第 1 步，最大值出現在起跳前的第 2 步。由以上的步長數據資料顯示，個體在快速跑跨躍障礙物練習初期和練習後期前，起跳前的步長調整特徵，其最小值出現在起跳前的第 1 步；而最大值出現在起跳前的第 2 步。至於各步的差異比較，就須要進一步以變異數分析之。

表 5：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步長之平均數與標準差

時相	練習初期		練習後期	
	平均數	標準差	平均數	標準差
起跳前第 1 步	1.10	0.08	1.22	0.18
起跳前第 2 步	1.37	0.13	1.36	0.20
起跳前第 3 步	1.19	0.19	1.24	0.16
起跳前第 4 步	1.36	0.14	1.23	0.12
起跳前第 5 步	1.17	0.14	1.32	0.11
起跳前第 6 步	1.21	0.22	1.18	0.15
起跳前第 7 步	1.15	0.14	1.18	0.13
起跳前第 8 步	1.14	0.12	1.06	0.08

註：障礙物的高度為「膝高」；單位為公尺。

為探討實驗參與者經過練習後，其步長調整的變化情況，茲將起跳前每步的步長資料，經由重複量數二因子變異數分析，以了解步長在動作獲得階段的改變，如附錄三表 13，結果顯示，動作練習前後與每步因子交互作用達顯著差異 ($F_{(7,63)}=2.74$, $p<.05$, $\eta^2=.23$, $power=.88$)，所以須進一步進行單純主要效果分析。

首先，在練習前後因子的單純主要效果中，如附錄三表 14 所示。實驗參加者在經過 5 天的動作練習後，個體起跳前

第 4 步的步長之平均數呈現顯著差異 ($F_{(1,72)}=5.50$, $p<.05$)，亦即個體練習初期與練習後期的步長的確有所不同，這說明個體練習後期的步長 (1.23 ± 0.12 公尺) 明顯較練習初期 (1.36 ± 0.14 公尺) 少 0.13 公尺；另外，實驗參加者在練習初期與練習後期起跳前第 5 步的步長達顯著水準 ($F_{(1,72)}=6.71$, $p<.05$)，也就是個體練習初期與練習後期的步長亦有所不同，這說明個體練習後期 (1.32 ± 0.11 公尺) 的步長明顯較練習初期 (1.173 ± 0.14 公尺) 多 0.15 公尺，但其他各步的步長則未達顯著差異。由以上的結果可知，實驗參加者接受實驗操弄練習後，在進入迫近時間的階段，個體跨躍障礙物起跳前的第 4 步與第 5 步是一個調整期，亦即在此階段即開始調整步長以做為完成跨躍障礙物的動作表現。而跨躍障礙物起跳前的第 3 步至第 1 步這個階段，則因為高速衝刺已無法再有足夠空間和時間的調整時機，顯示此階段實驗參加者已不容許再有多餘調整步長的機會。

其次，在每步因子的單純主要效果，如表 14 所示，練習初期 ($F_{(7,126)}=5.67$, $p<.05$) 與練習後期 ($F_{(7,126)}=4.60$, $p<.05$) 皆達顯著差異。再經由事後比較可發現，在練習初期跨躍障礙物起跳前的第 2 步與第 4 步步長沒有明顯差異，而起跳前的第 1 步、第 3 步、第 5 步、第 6 步、第 7 步和第 8 步步長之間亦沒有明顯差異；但起跳前的第 2 步與第 1、3、5、6、7、8 步則有明顯差異，而說明第 2 步的步長 (1.37 ± 0.13 公尺) 明顯較大，具有差異的統計意義；起跳前的第 4 步與第 1、3、5、6、7、8 步亦有明顯差異，第 4 步的步長 (1.36 ± 0.14 公尺) 明顯較長。在練習後期，跨躍障礙物起跳前的第 6 步、第 7 步和第 8 步步長沒有明顯差異；起跳前的第 2

步、第 3 步、第 4 步和第 5 步步長沒有明顯差異；另外，起跳前的第 1 步、第 3 步、第 4 步和第 5 步、第 6 步和第 7 步步長沒有明顯差異，但是，起跳前的第 1 步和第 2 步步長則達顯著差異，顯示起跳前的第 1 步步長（ 1.22 ± 0.18 公尺）明顯小於第 2 步步長（ 1.36 ± 0.20 公尺）；起跳前的第 1、2 步與第 8 步比較，亦有顯著差異，第 8 步的步長（ 1.06 ± 0.08 公尺）明顯小於第 1 步和第 2 步。

二、步頻

經過 5 天的練習階段，步頻是否會因學習而改變其個體原有的跑步節奏，是值得探討的課題。由表 6 結果顯示，從實驗參加者跨躍障礙物前 5 步的步頻平均值顯示，在練習初期的平均步頻為 4.05 ± 0.40 步/秒（全距範圍為 3.54-4.36 步/秒），步頻最小值約出現在起跳前的第 2 步，最大值約出現在起跳前的第 3 步；練習後期的平均步頻為 4.09 ± 0.16 步/秒（全距範圍為 3.91-4.28 步/秒），步頻最小值約出現在起跳前的第 5 步，最大值出現在起跳前的第 3 步。

經由重複量數二因子變異數分析，如附錄四表 21 結果顯示，個體快速跑跨躍障礙物前的步頻調整，不管練習前後與每步因子交互作用（ $F_{(7,63)}=1.35$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.13$ ， $power=.53$ ），以及練習前後因子主要效果（ $F_{(1,9)}=0.10$ ， $p>.05$ ， $\eta^2=.01$ ， $power=.06$ ），均未達顯著差異；而在主要效果的比較則顯示每步因子達顯著差異（ $F_{(7,63)}=2.20$ ， $p<.05$ ， $\eta^2=.20$ ， $power=.78$ ）。因此，再進行事後比較的結果，如表 22 所示，起跳前的第 1、3、4、5、6、7、8 步沒有顯著差異，起跳前的第 2、4、5、7 步沒有顯著差異；而在起跳前的第 2 步與第

1、3、6、8步比較，有顯著差異，表示起跳前的第2步步頻（ 3.74 ± 0.59 步/秒）明顯較小。

表 6：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步頻之平均數與標準差

時相	練習初期		練習後期	
	平均數	標準差	平均數	標準差
起跳前第 1 步	4.33	0.76	4.20	0.78
起跳前第 2 步	3.54	0.48	3.95	0.65
起跳前第 3 步	4.36	1.00	4.28	0.62
起跳前第 4 步	3.69	0.40	4.10	0.37
起跳前第 5 步	4.31	0.52	3.91	0.25
起跳前第 6 步	4.25	1.02	4.32	0.43
起跳前第 7 步	4.19	0.55	4.08	0.47
起跳前第 8 步	4.19	0.46	4.29	0.42

註：障礙物的高度為「膝高」；單位為步/秒。

三、跑步速度

步長和步頻是決定跑步速度的重要因素，兩者互有消長的關係存在，因此，本實驗的跑步速度是以步長和步頻之相乘積來決定，實驗分析結果，如表 7 所示。在練習初期起跳前 5 步的最大平均跑步速度是 5.13 ± 0.96 公尺/秒，是出現在跨躍障礙物起跳前的第 3 步時，當時跑者的步長是 1.19 ± 0.19 公尺，步頻是 4.36 ± 1.00 步/秒；最小的平均速度是 4.73 ± 0.59 公尺/秒，是出現在跨躍障礙物起跳前的第 1 步，當時跑者的步長是 1.10 ± 0.08 公尺，步頻是 4.33 ± 0.76 步/秒，練習初期的跑步速度全距是 0.40 公尺/秒。在練習後期起跳前 5 步的最大平均速度是 5.27 ± 0.43 公尺/秒，是出現在跨躍障礙物起

跳前的第 2 步，當時跑者的步長是 1.36 ± 0.20 公尺，步頻是 3.95 ± 0.65 步/秒；最小的平均速度是 4.99 ± 0.44 公尺/秒，是出現在跨躍障礙物起跳前的第 1 步，此時跑者的步長是 1.22 ± 0.18 公尺，步頻是 4.20 ± 0.78 步/秒；練習後期的跑步速度全距是 0.28 公尺/秒。統合以上步長與步頻的數據資料顯示，個體步長與步頻的調整確實影響跑步的平均速度，而且兩者互有消長現象。

表 7：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步平均速度之平均數與標準差

時相	練習初期		練習後期	
	平均數	標準差	平均數	標準差
起跳前第 1 步	4.73	0.59	4.99	0.44
起跳前第 2 步	4.81	0.60	5.27	0.43
起跳前第 3 步	5.13	0.96	5.24	0.41
起跳前第 4 步	5.01	0.56	5.02	0.38
起跳前第 5 步	4.98	0.37	5.13	0.33
起跳前第 6 步	4.96	0.59	5.06	0.33
起跳前第 7 步	4.75	0.44	4.76	0.40
起跳前第 8 步	4.73	0.27	4.53	0.27

註：障礙物的高度為「膝高」；單位為公尺/秒。

經由重複量數二因子變異數分析，比較個體練習前後跨躍障礙物各步平均速度的差異性，結果如附錄五表 25 所示，動作練習與平均速度交互作用達顯著差異 ($F_{(7,63)}=2.24$, $p<.05$, $\eta^2=.20$, $power=.79$)，須進一步進行單純主要效果分析。首先，在動作練習因子的單純主要效果中，個體起跳前的第 2 步有顯著差異 ($F_{(1,72)}=10.52$, $p<.05$)，發現練習後

期起跳前第 2 步平均速度 (5.27 ± 0.43 公尺/秒) 明顯高於練習初期 (4.81 ± 0.60 公尺/秒)。而平均速度因子在練習初期 ($F_{(7,126)} = 2.36$, $p < .05$) 與練習後期 ($F_{(7,126)} = 6.50$, $p < .05$) 都有顯著差異, 經由事後比較發現, 在起跳前的第 1、2、4、5、6、7、8 步沒有顯著差異, 起跳前的第 2、3、4、5、6 步也沒有差異; 但是在起跳前的第 3 步與第 1、7、8 步有顯著差異, 表示起跳前的第 3 步速度 (5.13 ± 0.96 公尺/秒) 明顯高於第 1、7、8 步。而在練習後期中, 起跳前的第 1、4、5、6 步沒有差異, 起跳前的第 2、3、5 步沒有明顯差異, 在起跳前的第 3、5、6 步沒有差異, 另外起跳前的第 7 步和第 8 步沒有明顯差異; 然而, 在起跳前的第 1 步與第 2、3、7、8 步有顯著差異, 表示第 1 步速度 (4.99 ± 0.44 公尺/秒) 明顯低於第 2 步 (5.27 ± 0.43 公尺/秒) 和第 3 步 (5.24 ± 0.41 公尺/秒), 但明顯高於第 7 步 (4.76 ± 0.40 公尺/秒) 和第 8 步 (4.53 ± 0.27 公尺/秒); 其次, 起跳前的第 2 步與第 4、7、8 步有顯著差異, 第 2 步速度 (5.27 ± 0.43 公尺/秒) 明顯高於第 4 步 (5.02 ± 0.38 公尺/秒)、第 7 步和第 8 步; 另外, 起跳前的第 3 步與第 4、7、8 步有顯著差異, 說明第 3 步速度 (5.24 ± 0.41 公尺/秒) 明顯高於第 4 步 (5.02 ± 0.38 公尺/秒)、第 7 步和第 8 步; 而起跳前的第 4、5、6 步速度明顯高於第 7、8 步; 且第 7 步的速度亦明顯高於第 8 步。由以上的資料顯示, 個體跨躍障礙物起跳前 8 步的平均速度上, 在練習初期, 並不會因前方有障礙物而改變其每步間的衝刺速度; 而經過動作練習後, 當個體衝刺進入迫近時間階段時, 會藉由動作熟練和經驗累積, 而改變起跳前 6 步的平均速度。

四、落腳位置的變異性

為了瞭解實驗參加者在相同的距離情況下，因為動作能力的獲得，個體快速衝刺跨躍障礙物時，落腳位置是否有變異性的改變，變異性的計算是分析落腳瞬間到障礙物的距離，並且計算練習初期與練習後期在該步 12 次試作落腳位置標準差。結果顯示，從跨躍障礙物起跳前 5 步實驗參加者落腳位置的變異量方面，在練習初期的落腳位置標準差為 0.44 ± 0.21 公尺（全距範圍為 0.20-0.74 公尺）；練習後期的落腳位置標準差為 0.62 ± 0.13 公尺（全距範圍為 0.39-0.76 公尺）；而從表 8 中得知，雖然因為練習前後的不同，實驗參加者在跨躍障礙物起跳前 5 步其落腳位置標準差，最小值是出現在起跳步，最大值是出現在起跳前的第 5 步，可見當個體速跑跨躍障礙物時，會在起跳前的第 5 步做最大的每步調整，而在起跳時僅能產生最小的修正。

表 8：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性之平均數與標準差

時相	練習初期		練習後期	
	平均數	標準差	平均數	標準差
起跳步	0.20	0.09	0.39	0.18
起跳前第 1 步	0.24	0.11	0.57	0.22
起跳前第 2 步	0.35	0.14	0.63	0.23
起跳前第 3 步	0.52	0.19	0.70	0.23
起跳前第 4 步	0.58	0.33	0.68	0.23
起跳前第 5 步	0.74	0.36	0.76	0.19
起跳前第 6 步	0.67	0.37	0.61	0.17
起跳前第 7 步	0.66	0.41	0.62	0.29
起跳前第 8 步	0.73	0.38	0.58	0.27

註：障礙物的高度為「膝高」；單位為公尺。

為了比較練習初期與練習後期，探討個體在跨躍障礙物起跳步時的落腳位置之變異性，則就重複量數二因子變異數分析發現，練習前後和每步因子交互作用達到統計上的顯著差異 ($F_{(8,72)}=4.88$, $p<.05$, $\eta^2=.35$, $\text{power}=1.00$)，如附錄六表 34 所示，所以須進一步進行單純主要效果分析。

首先，在練習前後因子的單純主要效果中，如表 35 所示，實驗參加者在經過 5 天的動作練習後，個體跨躍障礙物前的起跳步之落腳位置變異性達到顯著差異 ($F_{(1,81)}=4.41$, $p<.05$)，表示練習初期與練習後期的落腳位置變異性的確有所不同，這說明練習後期落腳位置的變異性 (0.39 ± 0.18 公尺) 明顯高於練習初期 (0.20 ± 0.09 公尺)；起跳前第 1 步的落腳位置有顯著差異 ($F_{(1,81)}=14.08$, $p<.05$)，表示練習後期落腳位置的變異性 (0.57 ± 0.22 公尺) 明顯高於練習初期 (0.24 ± 0.11 公尺)；另外，起跳前第 2 步的落腳位置有顯著差異 ($F_{(1,81)}=10.05$, $p<.05$)，表示練習後期落腳位置的變異性 (0.63 ± 0.23 公尺) 明顯高於練習初期 (0.35 ± 0.14 公尺)；起跳前第 3 步的落腳位置有顯著差異 ($F_{(1,81)}=4.17$, $p<.05$)，表示練習後期落腳位置的變異性 (0.70 ± 0.23 公尺) 明顯高於練習初期 (0.52 ± 0.19 公尺)。

其次，在每步因子的單純主要效果，練習初期 ($F_{(8,144)}=13.48$, $p<.05$) 與練習後期 ($F_{(8,144)}=3.36$, $p<.05$) 皆達顯著差異。再經由事後比較可發現：

(一) 在練習初期，跨躍障礙物起跳前的起跳步和第 1、2 步落腳位置變異性沒有明顯差異，起跳前的第 2 步和第 3 步落腳位置變異性沒有明顯差異，起跳前的第 3、4、6、7 步落

腳位置變異性沒有明顯差異，起跳前的第 4、5、6、7、8 步落腳位置變異性亦沒有明顯差異。但是起跳步與起跳前的第 3、4、5、6、7、8 步落腳位置變異性比較有明顯差異，表示起跳步的落腳位置變異性 (0.20 ± 0.09 公尺) 明顯低於起跳前的第 3、4、5、6、7、8 步；起跳前的第 1 步與第 3、4、5、6、7、8 步落腳位置變異性比較有明顯差異，表示起跳前的第 1 步落腳位置變異性 (0.24 ± 0.11 公尺) 明顯低於起跳前的第 3、4、5、6、7、8 步；起跳前的第 2 步與第 4、5、6、7、8 步落腳位置變異性比較有明顯差異，表示起跳前的第 2 步落腳位置變異性 (0.35 ± 0.14 公尺) 明顯低於起跳前的第 4、5、6、7、8 步；起跳前的第 3 步與第 5、8 步落腳位置變異性比較達明顯差異，表示起跳前的第 3 步落腳位置變異性 (0.52 ± 0.19 公尺) 明顯低於起跳前的第 5、8 步。

(二) 在練習後期，跨躍障礙物起跳前的第 1、2、3、4、6、7、8 步落腳位置變異性沒有明顯差異，起跳前的第 2、3、4、6、7 步落腳位置變異性沒有明顯差異；但是起跳步與起跳前的第 1、2、3、4、5、6、7、8 步落腳位置變異性有明顯差異，這說明起跳步的落腳位置變異性 (0.39 ± 0.18 公尺) 明顯低於起跳前的第 1、2、3、4、5、6、7、8 步；起跳前的第 5 步與第 1、8 步也達到顯著差異，表示起跳前的第 5 步落腳位置變異性 (0.76 ± 0.19 公尺) 明顯高於起跳前的第 1 步和第 8 步。

由以上的資料分析顯示，個體練習初期與練習後期在跨躍障礙物起跳前的起跳步、第 1 步、第 2 步和第 3 步的落腳

位置標準差的確有所不同，但其他則未達顯著差異。從每步因子來看，練習前後的落腳位置變異性，其共同的特徵為在起跳前的第 5 步產生最大的落腳位置修正，而在起跳步做最小的落腳位置修正。表示個體經過 5 天的學習歷程，因為練習的效應使跨躍動作熟練，增加其每步的調整而產生變異，以完成跨躍障礙物之動作表現。

第三節 加速跑跨躍障礙物動作練習後的適應性探討

為瞭解實驗參加者經過 5 天跨躍同樣高度的障礙物練習後，隨著動作經驗的增加，是否能將學習的經驗運用至新的工作任務上，亦即在學習遷移的效應上是否有所差異，是值得探討的有趣課題。本實驗則要求實驗參與者跨躍過地面的障礙物而不可踩到，即算完成跨躍的動作表現，藉此來研究個體接近地面的目標物時，跑者的每步調整是否會因工作任務的簡單化，而不需調整每步以輕易完成目標要求。另外，調高障礙物的高度，將致使工作任務難度增加，探討個體在練習後的適應性特徵，是否會因工作難度提高，而影響助跑的每步變異性。本節茲分別就增加障礙物高度與降低障礙物高度對個體練習後的適應性，從步長、落腳位置標準差、步頻、跑步速度等運動學特徵深入分析。

一、步長

從實驗參加者跨躍障礙物前 8 步的步長平均值之結果顯示，如表 9。

表 9：個體跨躍不同障礙物高度前 8 步步長之平均數與標準差

時相	練習後期		增加難度		降低難度	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
起跳前第 1 步	1.22	0.18	1.19	0.11	1.20	0.13
起跳前第 2 步	1.36	0.20	1.31	0.18	1.30	0.20
起跳前第 3 步	1.24	0.16	1.29	0.15	1.30	0.12
起跳前第 4 步	1.23	0.12	1.26	0.15	1.32	0.18
起跳前第 5 步	1.32	0.11	1.25	0.11	1.31	0.23
起跳前第 6 步	1.18	0.15	1.21	0.16	1.20	0.29
起跳前第 7 步	1.18	0.13	1.15	0.10	1.14	0.14
起跳前第 8 步	1.06	0.08	1.12	0.13	1.10	0.18

註：增加難度的障礙物高度為「膝高加 10 公分」；降低難度的障礙物高度為「地面高」；單位為公尺。

當增加難度時，起跳前 5 步的平均步長為 1.26 ± 0.04 公尺（全距範圍為 1.19-1.31 公尺），步長的最小值出現在起跳前的第 1 步，最大值出現在起跳前的第 2 步；當降低難度時，起跳前 5 步的平均步長為 1.28 ± 0.05 公尺（全距範圍為 1.20-1.32 公尺），步長的最小值出現在起跳前的第 1 步，最大值是出現在起跳前的第 4 步。由以上的步長數據資料顯示，個體快速跑跨躍障礙物前的步長調整，其最小值都是出現在起跳前的第 1 步；而增加難度時，其最大值是出現在起跳前的第 2 步；降低難度時，個體步長出現的最大值是在起跳前的第 4 步。

而在工作任務為增加難度或降低難度，並與練習後期進

行重複量數二因子變異數分析，如附錄三表 17 和表 19 結果顯示。首先，從增加難度的適應性來看，雖然遷移和每步因子交互作用 ($F_{(7,63)}=0.70$, $p>.05$, $\eta^2=.07$, $\text{power}=.28$) 以及遷移因子主要效果 ($F_{(1,9)}=0.00$, $p>.05$, $\eta^2=.00$, $\text{power}=.05$) 均未達顯著差異，但是每步因子的主要效果卻達顯著差異 ($F_{(7,63)}=6.06$, $p<.05$, $\eta^2=.40$, $\text{power}=1.00$)，經由事後比較發現，起跳前的第 1、3、4、5、6 步步長沒有明顯差異，起跳前的第 1、4、6、7 步步長沒有明顯差異，另外起跳前的第 2、3、4、5 步步長也沒有明顯差異，起跳前的第 7 步和第 8 步也沒有達到顯著水準。而在起跳前的第 1 步與第 2、8 步比較，有顯著差異，說明起跳前的第 1 步 (1.21 ± 0.15 公尺) 明顯高於第 8 步 (1.09 ± 0.11 公尺)，但明顯小於第 2 步的步長 (1.33 ± 0.19 公尺)；起跳前的第 2 步與第 6、7、8 步比較，有顯著差異，說明起跳前的第 2 步步長明顯大於第 6、7、8 步；起跳前的第 3、5 步與第 7、8 步比較，有顯著差異，說明起跳前的第 3 步 (1.27 ± 0.15 公尺) 和第 5 步 (1.28 ± 0.11 公尺) 的步長明顯大於第 7、8 步；起跳前的第 4、6 步與第 8 步比較，有顯著差異，表示起跳前的第 8 步的步長明顯小於第 4、6 步。

其次，從降低難度的適應性來看，雖然遷移和每步因子交互作用 ($F_{(7,63)}=0.65$, $p>.05$, $\eta^2=.07$, $\text{power}=.26$) 以及遷移因子主要效果 ($F_{(1,9)}=0.49$, $p>.05$, $\eta^2=.05$, $\text{power}=.10$) 均未達顯著差異，但是每步因子的主要效果卻達顯著差異 ($F_{(7,63)}=5.20$, $p<.05$, $\eta^2=.37$, $\text{power}=1.00$)，經由事後比較發現，起跳前的第 1、3、4、6 步步長沒有明顯差異，起跳前的第 1、3、4、5 步步長沒有明顯差異，起跳前的第 1、6

、7步步長沒有明顯差異，起跳前的第2、3、4、5步步長沒有明顯差異，另外起跳前的第6、7、8步步長也沒有明顯差異。但是，在起跳前的第1步與第2、8步比較，有顯著差異，說明起跳前的第1步（ 1.21 ± 0.15 公尺）明顯高於第8步（ 1.08 ± 0.14 公尺），但明顯小於第2步的步長（ 1.33 ± 0.20 公尺）；起跳前的第2步與第6、7、8步比較，有顯著差異，說明起跳前的第2步步長明顯大於第6、7、8步；起跳前的第3、4步與第7、8步比較，有顯著差異，說明起跳前的第3步（ 1.27 ± 0.14 公尺）和第4步（ 1.28 ± 0.15 公尺）步長明顯大於第7、8步；另外起跳前的第5步與第6、7、8步比較，有顯著差異，說明起跳前的第5步（ 1.31 ± 0.17 公尺）步長明顯大於第6、7、8步。

二、步頻

個體在練習後，面對環境變異的情況下，為了探討最大衝刺是否在步頻的變項上有所影響。實驗結果如表10所示，從實驗參加者跨躍障礙物起跳前5步的步頻平均值方面顯示，增加難度時，其平均步頻為 3.95 ± 0.10 步/秒（全距範圍為3.82-4.07步/秒），步頻的最小值出現在起跳前的第2步，最大值出現在起跳前的第5步；當降低難度時，其平均步頻為 3.89 ± 0.20 步/秒（全距範圍為3.68-4.21步/秒），步頻的最小值出現在起跳前第2步，最大值是出現在起跳前第1步。由以上的步頻描述統計資料顯示，個體快速跑跨躍障礙物前的步頻調整，不管障礙物高度調升或調降，步頻的最小值都是在跨躍障礙物起跳前的第2步；因工作任務的不同，增加難度時其最大值出現在起跳前的第5步，而降低難度時，個體

步頻最大值出現在起跳前的第 1 步。

表 10：個體跨躍不同障礙物高度前 8 步步頻之平均數與標準差

時相	練習後期		增加難度		降低難度	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
起跳前第 1 步	4.20	0.78	4.01	0.48	4.21	0.43
起跳前第 2 步	3.95	0.65	3.82	0.47	3.68	0.60
起跳前第 3 步	4.28	0.62	3.92	0.32	3.77	0.64
起跳前第 4 步	4.10	0.37	3.91	0.62	3.84	0.35
起跳前第 5 步	3.91	0.25	4.07	0.47	3.93	0.70
起跳前第 6 步	4.32	0.43	4.14	0.50	4.23	0.80
起跳前第 7 步	4.08	0.47	4.11	0.41	4.16	0.48
起跳前第 8 步	4.29	0.42	4.06	0.42	4.18	0.94

註：增加難度的障礙物高度為「膝高加 10 公分」；降低難度的障礙物高度為「地面高」；單位為步/秒。

針對學習遷移效應，經重複量數二因子變異數分析結果，如表 23 和表 24。在調高障礙物高度的工作任務上，遷移與每步因子交互作用 ($F_{(7,63)}=0.59, p>.05, \eta^2=.06, \text{power}=.24$) 及每步因子主要效果 ($F_{(7,63)}=0.89, p>.05, \eta^2=.09, \text{power}=.35$) 均未達顯著差異，但是在遷移因子主要效果 ($F_{(1,9)}=8.12, p<.05, \eta^2=.47, \text{power}=.72$) 上則達到顯著差異，顯示增加難度其步頻 (4.01 ± 0.46 步/秒) 明顯低於練習後期 (4.14 ± 0.52 步/秒)。其次，在調降障礙物高度的工作任務上，遷移與每步因子交互作用 ($F_{(7,63)}=0.72, p>.05, \eta^2=.07, \text{power}=0.28$)、遷移因子主要效果 ($F_{(1,9)}=2.70, p>.05, \eta^2=.23, \text{power}=.31$) 及每步因子主要效果 ($F_{(7,63)}=1.34,$

$p > .05$ ， $\eta^2 = .13$ ， $\text{power} = .53$) 均未達顯著差異。因此，步頻變項不管是在練習前後或學習遷移的效應上，只有在練習初期產生顯著差異；其他，不管在工作任務難易程度的不同，個體在面對障礙物起跳前 8 步的步頻調整上，都未有達到顯著差異。可見實驗參加者的動作練習在學習遷移的效應上，步頻是呈現相當穩定，較少受到環境或工作限制的影響，而造成步頻有不穩定狀態。

三、跑步速度

個體經過練習的歷程，以最大努力進行衝刺，跨躍不同的障礙物高度而完成跨躍動作表現，其衝刺速度從實驗結果得知，如表 11 所示。在增加難度時，個體起跳前 5 步的最大平均速度是 5.08 ± 0.70 公尺/秒，是出現在跨躍障礙物起跳前的第 5 步時，當時跑者的步長是 1.25 ± 0.11 公尺，步頻是 4.07 ± 0.47 步/秒；最小的平均速度是 4.76 ± 0.49 公尺/秒，是出現在跨躍障礙物起跳前的第 1 步時，當時跑者的步長是 1.19 ± 0.11 公尺，步頻是 4.01 ± 0.48 步/秒；此階段跑步速度的全距是 0.32 公尺/秒。降低難度時，最大平均速度是 5.04 ± 0.49 公尺/秒，是出現在跨躍障礙物起跳前的第 1 步，當時跑者的步長是 1.20 ± 0.13 公尺，步頻是 4.21 ± 0.43 步/秒；最小的平均速度是 4.70 ± 0.66 公尺/秒，是出現在跨躍障礙物起跳前的第 2 步，當時跑者的步長是 1.30 ± 0.20 公尺，步頻是 3.68 ± 0.60 步/秒；此階段的跑步速度全距是 0.34 公尺/秒。

表 11：個體跨躍不同障礙物高度前 8 步平均速度之平均數與標準差

時相	練習後期		增加難度		降低難度	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
起跳前第 1 步	4.99	0.44	4.76	0.49	5.04	0.49
起跳前第 2 步	5.27	0.43	4.92	0.35	4.70	0.66
起跳前第 3 步	5.24	0.41	5.05	0.58	4.84	0.53
起跳前第 4 步	5.02	0.38	4.88	0.64	5.03	0.35
起跳前第 5 步	5.13	0.33	5.08	0.70	5.01	0.40
起跳前第 6 步	5.06	0.33	4.96	0.51	4.88	0.37
起跳前第 7 步	4.76	0.40	4.71	0.30	4.68	0.31
起跳前第 8 步	4.53	0.27	4.52	0.30	4.46	0.30

註：增加難度的障礙物高度為「膝高加 10 公分」；降低難度的障礙物高度為「地面高」；單位為公尺/秒。

以上的資料，經由重複量數二因子分析，發現在增加難度的學習遷移效應上，如附錄五表 29 所示，遷移與每步因子交互作用未達顯著差異 ($F_{(7,63)}=1.00$, $p>.05$, $\eta^2=.10$, $power=.39$)，但遷移因子的主要效果 ($F_{(1,9)}=6.66$, $p<.05$, $\eta^2=.43$, $power=.63$) 則達到顯著差異，顯示增加難度時，其平均速度 (4.86 ± 0.51 公尺/秒) 明顯低於練習後期 (5.00 ± 0.42 公尺/秒)；每步因子的主要效果，亦達顯著水準 ($F_{(7,63)}=11.63$, $p<.05$, $\eta^2=.56$, $power=1.00$)，經事後比較發現，起跳前的第 1、4、6 步速度上沒有顯著差異，起跳前的第 1、7 步沒有顯著差異，另外起跳前的第 2、3、4、5、6 步沒有顯著差異；但是在起跳前的第 1 步與第 2、3、5 步達到顯著差異，

表示第 1 步的速度 (4.88 ± 0.47 公尺/秒) 明顯低於第 2 步 (5.10 ± 0.42 公尺/秒)、第 3 步 (5.14 ± 0.50 公尺/秒) 和第 5 步 (5.11 ± 0.54 公尺/秒); 而起跳前的第 1 步與第 8 步也有顯著差異, 表示第 1 步的速度明顯高於第 8 步 (4.52 ± 0.28 公尺/秒); 另外, 在起跳前的第 2、3、4、5、6、7 步與第 8 步呈現顯著差異, 表示第 8 步的速度明顯較小; 另外起跳前的第 7 步與第 8 步比較達到顯著差異, 表示起跳前第 7 步的速度 (4.73 ± 0.35 公尺/秒) 明顯高於第 8 步。

在降低難度的工作任務上, 經由重複量數二因子變異數分析, 如表 31 所示, 遷移與每步因子交互作用達到顯著差異 ($F_{(7,63)}=3.02$, $p<.05$, $\eta^2=.25$, $\text{power}=.91$), 所以, 須進一步進行單純主要效果分析。遷移因子的單純主要效果顯示, 在起跳前第 2 步平均速度上, 練習後期與降低難度有顯著差異 ($F_{(1,72)}=17.58$, $p<.05$), 表示練習後期的平均速度 (5.27 ± 0.43 公尺/秒) 明顯高於降低難度的工作情境 (4.70 ± 0.66 公尺/秒); 在起跳前的第 3 步平均速度方面, 練習後期與降低難度有顯著差異 ($F_{(1,72)}=8.31$, $p<.05$), 表示練習後期的平均速度 (5.24 ± 0.41 公尺/秒) 明顯高於降低難度的工作情境 (4.84 ± 0.53 公尺/秒)。就每步因子的單純主要效果分析發現, 降低難度的學習效應上有顯著差異 ($F_{(7,126)}=5.04$, $p<.05$), 經事後比較, 發現起跳前的第 1、2、3、4、5、6、7 步的平均速度沒有顯著差異, 起跳前的第 2、7、8 步亦沒有顯著差異; 但是第 8 步的平均速度與第 1、3、4、5、6 步有顯著差異, 表示第 8 步的平均速度 (4.46 ± 0.30 公尺/秒) 明顯小於第 1、3、4、5、6 步。

四、落腳位置的變異性

關於學習遷移測驗在落腳位置的變異特徵，如表 12 顯示，跨躍障礙物起跳前 5 步實驗參加者落腳位置的變異性參數，在增加難度時，落腳位置標準差的平均值為 0.38 ± 0.12 公尺（全距範圍為 0.27-0.60 公尺）；而降低難度時，跑者落腳位置標準差的平均值為 0.56 ± 0.14 公尺（全距範圍為 0.35-0.77 公尺）。雖然，練習時程的不同與工作任務的難易程度不同，實驗參加者在跨躍障礙物起跳前 5 步其落腳位置標準差，最小值是出現在起跳步，最大值是出現在起跳前的第 5 步，可見，當個體速跑跨躍障礙物時，會在起跳前的第 5 步出現最大的每步調整，而在起跳時的修正量為最少。至於各步的差異比較，就須要進一步以變異數分析之。

表 12：個體跨躍不同障礙物高度前 8 步落腳位置變異性之平均數與標準差

時相	練習後期		增加難度		降低難度	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
起跳步	0.39	0.18	0.27	0.11	0.35	0.13
起跳前第 1 步	0.57	0.22	0.31	0.13	0.49	0.20
起跳前第 2 步	0.62	0.23	0.29	0.16	0.50	0.15
起跳前第 3 步	0.70	0.23	0.44	0.17	0.62	0.27
起跳前第 4 步	0.68	0.23	0.39	0.22	0.62	0.24
起跳前第 5 步	0.76	0.19	0.60	0.17	0.77	0.24
起跳前第 6 步	0.61	0.17	0.61	0.18	0.77	0.22
起跳前第 7 步	0.62	0.29	0.69	0.23	0.77	0.24
起跳前第 8 步	0.58	0.27	0.69	0.22	0.77	0.26

註：增加難度的障礙物高度為「膝高加 10 公分」；降低難度的障礙物高度為「地面高」；單位為公尺。

增加工作難度與練習後期經重複量數二因子變異數分析發現，遷移和每步因子交互作用達到統計上的顯著差異 ($F_{(8,72)}=6.58$, $p<.05$, $\eta^2=.42$, $\text{power}=1.00$)，如附錄六表 38 所示。而降低工作難度與練習後期經重複量數二因子變異數分析發現，遷移和每步因子交互作用達到顯著差異 ($F_{(8,72)}=3.08$, $p<.05$, $\eta^2=.26$, $\text{power}=0.94$)，如表 41 所示。所以，以上的二種情況須分別進行單純主要效果分析。

(一) 增加工作難度的遷移效應

在遷移因子的單純主要效果，如表 39 所示，實驗參加者在跨躍調高障礙物高度時，起跳前的第 1 步之落腳位置變異性達到顯著水準 ($F_{(1,81)}=7.16$, $p<.05$)，表示增加難度與練習後期的落腳位置變異性的確有所不同，這說明練習後期落腳位置的變異性 (0.57 ± 0.22 公尺) 明顯高於增加難度 (0.31 ± 0.13 公尺)；起跳前的第 2 步之落腳位置變異性達到顯著水準 ($F_{(1,81)}=12.25$, $p<.05$)，說明練習後期落腳位置的變異性 (0.62 ± 0.23 公尺) 明顯高於增加難度 (0.29 ± 0.16 公尺)；起跳前的第 3 步之落腳位置變異性達到顯著水準 ($F_{(1,81)}=7.42$, $p<.05$)，表示練習後期落腳位置的變異性 (0.70 ± 0.23 公尺) 明顯高於增加難度 (0.44 ± 0.17 公尺)；起跳前的第 4 步之落腳位置變異性達到顯著水準 ($F_{(1,81)}=9.37$, $p<.05$)，表示練習後期落腳位置的變異性 (0.68 ± 0.23 公尺) 明顯高於增加難度 (0.39 ± 0.22 公尺)。

每步因子的單純主要效果分析顯示，當增加難度時，各步間的落腳位置變異性達顯著差異 ($F_{(8,144)}=14.94$, $p<.05$)。再經事後比較發現，在跨躍障礙物起跳前的起跳步和第 1

、2、4步落腳位置變異性沒有明顯差異，起跳前的第3步和第4步沒有明顯差異，起跳前的第5、6、7、8步亦沒有顯著差異；但是起跳前的起跳步、第1、2步與起跳前的第3、5、6、7、8步則有明顯差異，說明起跳前的起跳步、第1、2步落腳位置變異性明顯小於起跳前的第3、5、6、7、8步；起跳前的第4步與第5、6、7、8步亦有明顯差異，表示起跳前的第4步落腳位置變異性明顯小於起跳前的第5、6、7、8步。

(二) 降低工作難度的遷移效應

遷移因子的單純主要效果，如表42所示，實驗參加者在跨躍調降障礙物高度時，只有在起跳前的第8步之落腳位置變異性達到顯著水準 ($F_{(1,81)}=4.25$, $p<.05$)，這說明降低難度與練習後期的落腳位置變異性的確有所不同，顯示降低難度之落腳位置的變異性 (0.77 ± 0.26 公尺) 明顯高於練習後期 (0.58 ± 0.27 公尺)。

在每步因子的單純主要效果，當降低工作難度時，各步間的落腳位置變異性達到顯著差異 ($F_{(8,144)}=9.70$, $p<.05$)。經事後比較可發現，在跨躍障礙物起跳前的第1、2、3、4步落腳位置變異性沒有明顯差異，起跳前的第3、4、5、6、7、8步亦沒有顯著差異；但是，起跳步與起跳前的第1、2、3、4、5、6、7、8步則有明顯差異，顯示起跳步的落腳位置變異性 (0.35 ± 0.13 公尺) 明顯小於起跳前的第1、2、3、4、5、6、7、8步；起跳前的第1、2步與第5、6、7、8步亦有明顯差異，表示起跳前第1步 (0.49 ± 0.20 公尺) 和第2步 (0.50 ± 0.15 公尺) 的落腳位置變異性顯著小於起跳前的第

5、6、7、8步。

以上結果可以推論，雖然，個體經過練習而獲得動作技能，但是，由於工作任務難度的不同，在助跑之落腳位置標準差仍會出現明顯的差異，不過，在起跳前5步皆會出現落腳位置的修正，並逐步降低其變異性。對於增加障礙物高度，個體會跨躍障礙物起跳前5步降低每態變異性，也就是使其落腳位置的變異性降低，以順利完成跨躍動作；而對於將障礙物高度降至地面，減少工作困難度，由於個體只要跨躍障礙物，即算完成動作表現，實驗參加者在助跑階段遇到目標物前的每步調整，就出現個體每步變異性較大的情況，亦即個體不需縝密的估算即可完成工作目標。

第四節 綜合討論

Lee 等人 (1982) 研究跳遠項目助跑的運動學特徵，劃分助跑包含加速階段 (accelerative phase) 和迫近階段 (zeroing-in phase)，指出熟練的運動員會一致性以增加步長的方式前進。在加速期，雖然步長的調整在彼此之間多少會有不可避免的微小差距；而在迫近階段中，因為，個體透過視知覺從環境賦使中所得到的訊息，產生步長的修正以準確的碰撞到起跳板，發現落腳位置的標準差亦產生逐步上升而再逐步下降的趨勢，由步長修正的百分比可證實知覺—行動連結確實存在。Lee 等人並認為跳遠運動員會在助跑下肢著地支撐階段，在視覺 tau 參數結合垂直衝量，以控制調整動作者的步長，不過，這樣的控制觀點仍然有所爭論 (Patla,

Robison, Samways, & Armstrong, 1989; Warren, & Yaffe, 1989; Warren, Yong, & Lee, 1986)。值得注意的是，從上述的研究均可發現，無論實驗參加者是否具備優秀的動作技巧在迫近階段都會因視覺訊息而產生的逐步修正現象。

事實上，動作學習是一種個體經練習歷程所獲得的動作能力，可將學習後的經驗應用到類似的情境當中，而 Magill (2004) 提到學習遷移是指個體在學習新的動作技能時，會受到先前的練習或已學會的動作表現所影響；Cormier 和 Hagman (1987) 也認為動作技能的遷移也會受時間長短的限制所影響。因此，本研究採動作學習產生適應性形式的觀點，從個體 5 天練習跨躍相同的障礙物高度，經 48 小時休息後，調整障礙物高度使工作任務難度加大或減小，以觀察個體在快速衝刺接近跨躍障礙物時，練習前後的每步調整是否會有顯著的差異，並探討動作技能獲得後，是否會產生學習遷移的影響。

衝刺跑係為一種週期性、連續性的動作技能，McGinnis (2005) 認為短跑是人類的動作基礎，在很多的競技項目中，個體若擁有較佳的衝刺跑表現，就能夠提升比賽致勝的機率。因此，就短跑的技能結合環境賦使的概念，以瞭解個體在知覺—行動控制階段所產生的每步變化，是值得探討的主題。針對此觀點，本實驗要求實驗參加者，在 4 秒內盡最大努力衝刺跨躍 15 公尺前的障礙物。

研究的步長改變分析，如圖 4 顯示，個體在跨躍障礙物起跳前的第 6-8 步，其步長呈現增加的趨勢，而當個體逐漸接近障礙物時，由於視知覺瞄準障礙物的高度，以區辨本身與環境之差異，並進而使實驗參加者完成實驗的工作要求。

因此，個體在起跳前 5 步，即開始調整步長，而個體不同步長的調整，可能產生增加或減少的趨勢，但，是在跨躍障礙物前的最後 1 步步長則都有縮減的共同趨勢。

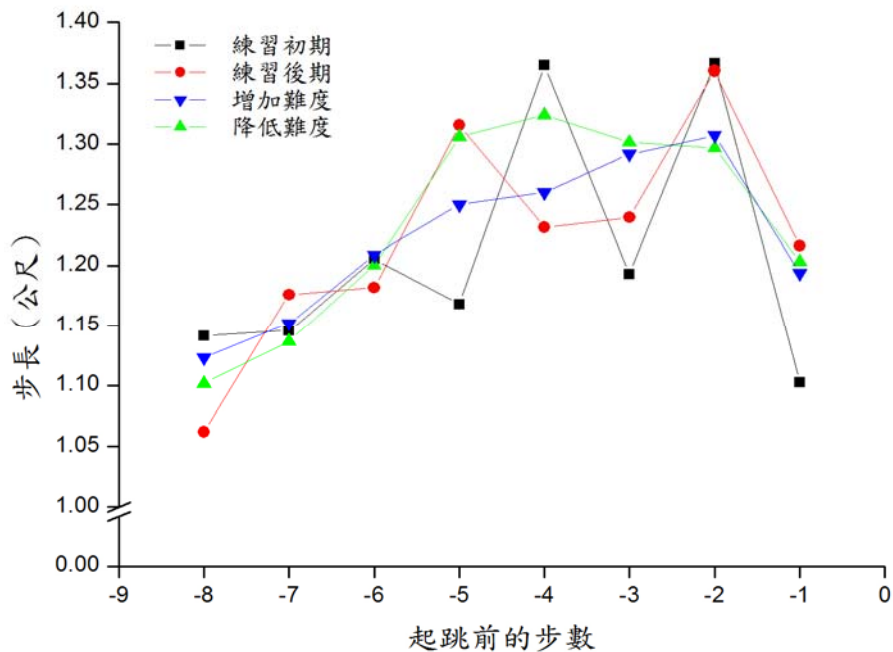


圖 4：起跳前 8 步的步長特徵

另外，在練習後期與學習遷移情況下，起跳前的第 6-8 步，步長均沒有顯著差異，而在起跳前的第 1-5 步步長則有差異，細觀起跳前 5 步的步長特徵，在第 2 步時步長較大，第 5 步次之，第 1 步的步長則最小。且由圖 4 中觀察可得，在練習初期跨躍障礙物起跳前 5 步的步長調整改變較大，其中仍以起跳前的第 2 步步長最大，而第 1 步步長卻是前 8 步步長中最小的，這樣的結果說明，實驗參加者未有練習速跑跨躍障礙物的先前經驗，因此在遇到環境變異時，視知覺引導個體調控每步以順利完成跨躍的動作表現，尚未能有較穩

定的控制。但儘管練習前後或工作任務難易程度的不同，從圖 4 中，都可清晰的比較發現跑者在遇到障礙物起跳前 5 步的步長調整之差異性明顯存在。且由實驗數據所繪製的起跳前步數與步長的折線圖發現，即使障礙物是由起跳板改變為依個體腿長調整不同的高度，跑者在遇到目標物時很明顯的在起跳前最後 5 步亦需做步長的調整，可見當實驗參加者經過練習後，均會出現腳步的修正，並能經由練習過程和經驗累積的類化作用，達到適應工作要求的穩定效果。

而個體跨躍障礙物前 5 步步頻之運動學特徵，發現只在練習前後期，即起跳前 3 步有明顯的差異。而在調整障礙物高度的遷移效應上，起跳前每步步頻都未達顯著差異，表示個體全力衝刺時，步頻在迫近時間階段是呈現穩定的狀態。而對於跑步動作而言，跑步是一個週期性的動作特徵，決定跑步速度的兩個關鍵因子是步長與步頻，其公式為：

$$\text{跑步速度} = \text{步長} \times \text{步頻}$$

從上述的公式中了解，若要提升跑步速度有 3 種可能的策略，不外乎保持步長而加快步頻，其次是保持步頻而加大步長，第三則是步長與步頻兩者同時提高。但當個體在追求極限的快速衝刺時，步長與步頻則有一定的消長關係，方能調整並維持個體的最佳跑步狀態。

本研究分析個體距離跨躍障礙物前 8 步的每步速度，以及綜合本實驗個體之步長和步頻之運動學特徵的陳述，結果發現，實驗參加者在速跑跨躍障礙物的動作策略是調整步長而保持步頻，以控制跑步速度。而從步長調整的特徵中發現，引發個體步長調整的變化，是在實驗參加者跨躍障礙物前 5 步，因此，本研究的焦點為探討個體在面對障礙物起跳前

最後幾步的階段，故個體加快速度完成跨躍障礙物前 5 步的跑步速度變異，即為本研究探討的課題。

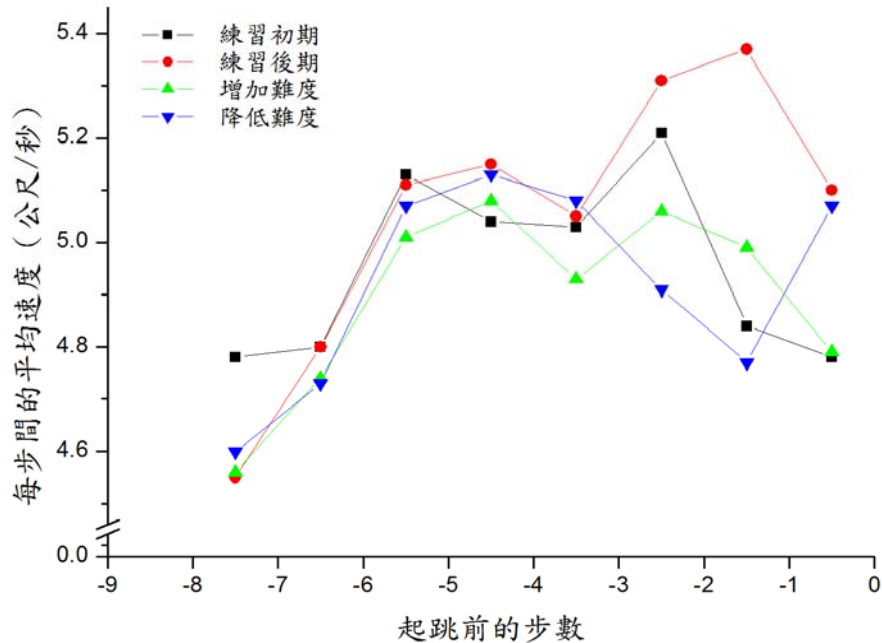


圖 5：個體跨躍障礙物前 8 步的平均速度特徵

因為跑步速度是步長與步頻的乘積，瞭解步長和步頻的變化消長後，進一步探討個體跨躍障礙物前 8 步的平均速度特徵，如圖 5 所示，實驗參加者在跨躍障礙前 5 步左右時，其平均速度開始產生變異。在不同的練習時程與不同的工作要求情境下，實驗參加者在跨躍障礙物前的跑步速度調整，不管是練習初期、練習後期和難度增加的情況，其起跳時都會減緩速度以利正確完成動作表現；但將難度降低時，原本實驗參加者由起跳前的第 4 步開始減緩的跑速，卻在起跳時急速增加而正確完成動作表現，且起跳前最後 1 步明顯高於其它步的速度，因此，顯示個體採取增加向前的水平推進力

，以完成跨躍動作。可見個體面對環境的變異時，會主動探索並採取最合適或最佳的動作表現，以完成目標要求。

過去通過跳遠運動探討視知覺對於每步調整的相關研究 (Montagne et al., 2000; Berg et al., 1994)，多是計算實驗參加者數次動作落腳位置之標準差，並將這一標準差參數視為是每次腳步調整的變異性，落腳位置標準差越大就反應著變異性越高的現象。由圖 6 發現，個體在跨躍障礙物前 5 步，其落腳位置標準差即開始銳減，表示個體在助跑階段由加速至維持期時，當視覺瞄準障礙物而完成跨躍障礙物高度的動作，對於起跳前 5 步的落腳位置調整是一個重要的關鍵，且在跨躍障礙物前的起跳步位置，個體都能將落腳位置的變異縮至最小而完成跨躍動作。而這樣的結果，與先前研究 (Berg et al., 1994; Hay, 1988; Lee et al., 1982; Scott et al., 1997) 相符，以 Scott 等人針對 11 位未受過跳遠訓練的大學男生，完成跳遠項目的研究為例，結果發現其落腳位置誤差值為 0.58 公尺，明顯大於其他研究者針對優秀跳遠運動員的落腳位置標準差，此與 Berg 等人 (1994) 和 Maraj 等人 (1998) 針對初學者與優秀跳遠運動員的落腳位置變異，初學者皆大於優秀選手的結果相同。但本研究結果發現在經過 5 天練習後，個體跨躍障礙物前 5 步其落腳位置標準差在練習後最大，其變異值為 0.76 公尺；次之為降低難度，其變異值為 0.62 公尺；反而將增加難度時，其變異值為 0.39 公尺最小。可見經過 5 天的練習後，動作的熟練與經驗的累積，會使個體腳步位置的變異性加大，且在起跳前 4 步有統計意義的顯著差異存在，此現象若以動態系統理論觀點解釋，則是因為動作的構成係乃個體本身原本協調結構的改變，導致次系統

的自我重組，產生不穩定的現象至穩定的過程，以適應新的工作要求。

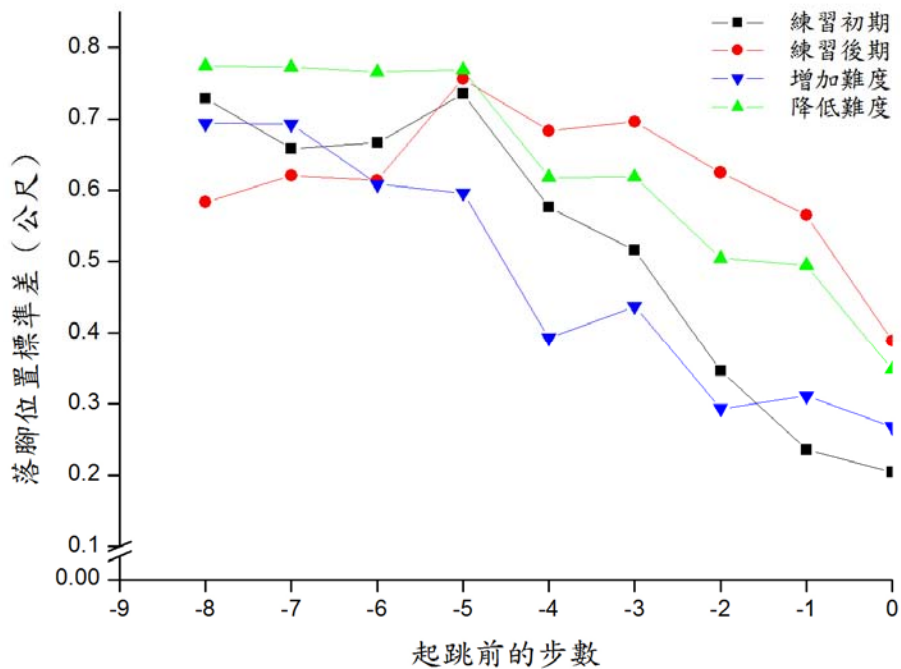


圖 6：起跳前的步數對應落腳位置標準差之特徵

經過練習後，落腳位置存在較高的變異性，而將工作難度提高，高度調整至「個體膝高加 10 公分」，結果發現學習遷移的表現顯示個體在距離障礙物起跳前 5 步，落腳位置標準差降低，且與練習後期的標準差比較，確實有顯著差異；當工作難度降低時，也就是高度調降至地面，結果顯示起跳前 5 步的落腳位置標準差亦與練習後期有顯著差異。所以，這說明動作學習的結果若反應在遷移的表現上，較原來工作難度低的工作要求，實驗參加者將可以以較為從容的動作完成工作，所以，反應在落腳位置的變異性就較接近練習後期。而當工作難度增加後，實驗參加者在相同工作速度要求下

完成動作，知覺對於行為的控制，反應在落腳位置的變異性就反而明顯降低，也就是動作者在衝刺跨躍障礙表現，即必須回到原始工作的較穩定型態，以確保動作的順利完成。

雖然經由高頻雷射距離測量儀的資料搜集，但無可避免的是個體在快速衝刺跑期間，仍有可能無法從運動學曲線特徵判別極值的風險存在，這種情形出現在個體較細微的步態調整時。此外，也有 3 筆資料轉換至 AcqKnowledge 軟體卻發現資料遺漏，為避免影響研究結果，因此研究者必須將此 3 筆資料排除。在運動學曲線特徵判別峰值間的步長時，亦有無法準確判斷峰值的情況，這多半產生於障礙物高度在地面時，個體在移動性動作表現中著地與離地的動作，未能像跨躍障礙時的步態調整那麼明顯。

本研究在實驗設計規劃時，雖以攝影機拍攝實驗參加者助跑跨躍障礙物的過程，以做為檢證資料的正確性輔助。實驗完畢後，研究者就可以進一步比對計算實驗參加者較為合理的步長。另外，為了計算跑者平均速度，並要避免資料讀取的突然加大或減少。故本研究採取個體跑步時，由單腳腳尖著地點與另一隻腳腳尖著地點之間的時間倒數做為步頻的依據，再求算與步長的乘積做為速度的判斷值。

Lee 等人 (1982) 研究 3 位國際級跳遠運動員在助跑階段的表現，發現落腳位置的標準差會隨著助跑而逐漸增加，直到最後腳踩起跳板前 5 步才逐漸減少變異性，此結果之後也藉由 Hay (1988) 的實驗再得到確認，並且和 Scott 等人 (1997) 整合過去研究者 (Berg et al., 1994; Hay, 1988; Lee et al., 1982) 的實驗相近。本研究針對落腳位置的標準差參數，實驗參加者跨躍障礙物起跳前 5 步階段，腳步位置的標

準差產生明顯的上升至下降趨勢，並直到起跳瞬間，這樣的結果與過去的研究一致。

對於個體間的助跑差異是否存在的問題，Scott 等人（1997）研究指出，個體在助跑維持階段，腳尖距離起跳板間的落腳位置標準差有差異。Berg 等人（1994）所做的實驗研究發現，非跳遠運動員、初學者與優秀的跳遠運動員在落腳位置的標準差相對於到起跳板的步數，都有先上升然後再下降的趨勢。但是由 Scoll 等人（1997）與本研究對個體的腳步差異調整所做的資料分析發現，有的受試者如同 Berg 等人（1994）所繪製的腳步調整折線圖的趨勢，但也有受試者幾乎腳步位置的標準差異都很小。本研究也發現有的實驗參加者先有類似 Berg 等人的實驗結果，但在起跳前的第 2 步開始卻又呈現相當小的變異值而持續到起跳瞬間，由此說明，個體間的助跑差異性確實存在，未接受過特別訓練的個體分別使用不同的策略方式，調整本身的最佳動作控制，以達到工作目標的完成，這些現象都必須進一步後續研究與探討。

第五章 結論與建議

第一節 結論

移動性動作是中晚期兒童動作表現的特徵，經由不同的練習時程與不同的工作取向，發現實驗參加者在速跑跨躍障礙物的迫近階段，對知覺—行動連結控制機制與學習遷移的效應，即使工作任務是由起跳板改為依個體膝高的長度比例做為障礙物的高度，實驗參加者跨躍障礙物起跳前 5 步，其每步仍是存在變異性。個體產生最大速度的運動學參數特徵，說明儘管練習前後與工作難易的不同，都不會改變最大速度，且當時個體所在的位置和至障礙物的時間，亦不會受影響。在步長的運動學特徵方面，雖然個體在練習初期的迫近階段其步長調整較大，但在練習前後個體落腳位置標準差方面，在起跳前 5 步反而是以練習後期的落腳位置變置最大，且與練習初期的落腳位置變異值達顯著差異，表示個體在接近障礙物時，步長產生調整所致，可說明在此階段經過練習的歷程後，個體在每一步的修正及自我重組，以產生個體已臻熟練跨躍障礙物的動作技能。另外，在實驗參加者經過練習而面對不同高度的學習遷移效應上，個體會因處於不熟悉的情境或難度有別的情況下，而有不同的每步動作形式，在工作難度較高的任務中，個體在起跳前 5 步會減低落腳位置標準差，並在起跳前的第 5 步產生最大的跑步速度，以較為穩定的每步來完成跨躍障礙物的動作表現，而此時跑速亦會逐步降低直至起跳瞬間；在工作難度較低的任務中，與練習

後期起跳前 5 步落腳位置標準差無顯著的差異，且在起跳前的第 5 步產生最大的跑步速度，隨著個體迫近障礙物其助跑速度逐漸降低。此外，降低工作難度在起跳瞬間會產生突然加速動作的現象，其主因可能是由於個體本身視覺訊息知覺到障礙物已降至地面，所以，工作只要完成較高的水平衡量即可完成跨躍動作。

其實個體為達到快速跨躍障礙物的工作目標，在腳步位置標準差方面也有個別差異存在，個體會採用不同的策略方式以調整其每一步的變異量。因此，本實驗與其他研究者在研究個體快速衝刺起跳前 5 步都有相同的變異趨勢，顯示視覺引導影響最後助跑的階段。視知覺的探索提供個體相對於障礙物空間與時間的訊息，以作為移動中的個體助跑時步頻或步長增減的重要來源，由本實驗的結果推知，實驗參加者在跑步速度的加速或減速，是採取調整步長，以作為完成跨躍動作的任務。且經由練習的過程，個體因動作能力的獲得而產生的不穩定狀態，可藉由有效主動的探索環境，運用多種方法來達成工作目標，並延伸至動作遷移的表現。

第二節 建議

本研究以高頻雷射距離測量儀連接終端機訊號處理系統，來量測個體在助跑階段的步長與步頻。此組合式之儀器設計，其優點是操作簡易且在做資料比對與分析上亦較快速。但本實驗發現，當特別情況下，實驗參加者快速衝刺而腳步著地與離地未能產生明顯的差異時，其在運動學特徵曲線圖

中的峰值判斷就較為困難，而這樣的限制，是後續研究者需再整合攝影機或其他科學儀器，以正確求得腳離地時極值出現的位置，使實驗的誤差減至最小。其次，雖然實驗參加者能在最短時間內完成衝刺跨躍動作，但是因為障礙物沒有寬度的限制，在起跳前會有速度增加或減少的不同。因此，建議後續研究可增加障礙物寬度，以瞭解起跳前的每一步特徵。針對練習時間長短與學習遷移的效應，未來的研究可再加長練習時間或在練習時間上做區隔劃分，並在時間區隔點上做測驗，以瞭解實驗參加者在各階段的表現變異。最後，本研究只針對個體在跨躍障礙物前的起跳步與起跳前第 5 步，做迫近時間的探討，後續的研究亦可著眼於此關鍵點的變化，探究相對的距離與相對的個體之速度，以計算 τ (τ) 參數。

從速跑跨躍障礙物因練習與動作遷移的效應，將其應用於體育教學上，若降低工作難度，因每一步調整的變異性高，學生能從容的完成動作表現；而增加難度情境時，個體須更精確的瞄準目標物，通常會以減緩速度或降低落腳位置的變異性等策略，以完成動作表現。故身為體育教學者，應掌握練習情境的工作難度操弄，使學習者能表現出不同型態的動作機制，以完成動作表現。

引用文獻

中文部分

- Ashcraft, M. H. (2004)。 **認知心理學** (陳學志、邱發忠、劉政宏、林宜利、陳菽卿和林奕宏譯)。臺北市：學富。
(原文出版於 2002 年)。
- 王俊杰 (2004)。 **男性晚期兒童立定跳遠動作表現的相關因素**。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 吳惠如、陳怡珮和林美純 (2004)。 **知覺、運動和行動**。擷取日期 2004 年 11 月 28 日。資料取自
http://dlearn.ncue.edu.tw/1000110116/2004_LearningTechCognition/new_page_100.htm。
- 林尚武 (2002)。 **身體狀態限制對兒童靜態平衡動作控制的發展效應**。未出版碩士論文，國立臺灣體育學院，臺中市。
- 胡名霞 (2003)。 **動作控制與動作學習**。臺北縣：金名。
- 陳重佑 (2004)。 **雷射距離測量系統在移動性動作表現的方法研究**。臺北市：漢文。
- 陳重佑和陳帝佑 (2004)。動態系統理論在動作行為學之應用。 **彰化師大體育學報**，4，53-65。
- 陳淑惠 (2003)。 **籃球投籃行動的知覺方式與距離效應**。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。
- 彭國威 (2003)。 **晚期兒童之環境知覺與踢球動作支撐腳參數：身體比率**。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。

楊梓媚和卓俊伶（1998）。接球動作型式的環境限制變項探討。 *體育學報*，25，269-278。

謝扶成（2002）。 *平衡木上走步型式的改變：環境與年齡效應*。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。

英文部分

- Adams, C. J., & Beaton, R. J. (2000). An investigation of navigation processes in human locomotor behavior. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 4*, 233-236.
- Berg, W. P., Wade, M. G., & Greer, N. L. (1994). Visual regulation of gait in bipedal locomotion: Revisiting Lee, Lishman, and Thomson (1982). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 20*(4), 854-863.
- Bootsma, R. J., Fayt, V., Zaal, T. J. M., & Laurent, M. (1997). On the information-based regulation of movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 23*(4), 1282-1289.
- Ceux, T., Buekers, M. J., & Montagne, G. (2003). The effects of enhanced visual feedback on human synchronization. *Neuroscience Letters, 349*(2), 103-106.
- Clark, J. E., Phillips, S. J., & Petersen, R. (1989). Developmental stability in jumping. *Developmental Psychology, 25*(6), 929-935.
- Cormier, S. M., & Hagman, J. D. (1987). Transfer of learning: Contemporary research and applications. San Diego: Academic Press.
- Cutting, J. E. (1986). *Perception with an eye for motion*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Farrell, M. J., & Thomson, J. A. (1999). On-line updating of spatial information during locomotion without vision. *Journal of Motor Behavior*, *31*(1), 39-53.
- Farrow, D., & Abernethy, B. (2003). Do expertise and the degree of perception-action coupling affect natural anticipatory performance. *Perception*, *32*(9), 1127-1139.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2002). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults (5th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Gibson, J. J. (1950). *The perception of the visual world*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Hay, J. G. (1986). The biomechanics of the long jump. *Exercise and Sports Science Reviews*, *14*, 401-446.
- Hay, J. G. (1988). Approach strategies in the long jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, *4*(2), 114-129.
- Hay, J. G. (1993). *The biomechanics of sports techniques* (4th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Hay, J. G., Thorson, E. M., & Kippenhan, B. C. (1999). Changes in muscle-tendon length during the take-off of a running long jump. *Journal of Sports Sciences*, *17*(2), 159-172.
- Hopkins, B., Churchill, A., Vogt, S., & Ronnqvist, L. (2004). Braking reaching movements: A test of the constant

- tau-dot strategy under different viewing conditions. *Journal of Motor Behavior*, *36*(1), 3-12.
- Jacobs, A., Pinto, J., & Shiffrar, M. (2004). Experience, context, and the visual perception of human movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*(5), 822-835.
- Jaitner, T., Mendoza, L., & Schöllhorn, W. I. (2001). Analysis of the long jump technique in the transition from approach to takeoff based on time-continuous kinematic data. *European Journal of Sport Science*, *1*(5), 1-12.
- Julianne, A. S. (1996). Stride adjustments during a running approach toward a force plate. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *67*(1), 97-101.
- Kirk, R. E. (1995). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences* (3rd ed.). New York: Brook/ Cole.
- Lee, D. N. (1974). *Visual information during locomotion*. In R. B. MacLeod & H. L. Pick (Eds.), *Perception: Essays in honor of J. J. Gibson* (pp. 250-267). London: Cornell University Press.
- Lee, D. N., Lishman, J. R., & Thomson, J. A. (1982). Regulation of gait in long jumping. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *8*(3), 448-459.
- Lee, D. N., & Aronson, E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception and Psychophysics*, *15*(3), 529-532.

- Maraj, B., Allard, F., & Elliott, D. (1998). The effect of nonregulatory stimuli on the triple jump approach run. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *69*(2), 129-135.
- Magill, R. A. (2004). *Motor learning and control: Concepts and applications* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Mcginnis, P. M. (2005). *Biomechanics of sport and exercise* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Montagne, G., & Buekers, M. (2003). The learning of goal-directed locomotion: A perception-action perspective. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *54* (3A), 551-567.
- Montagne, G., Cornus, S., Glize, D., Quaine, F., & Laurent, M. (2000). A perception-action coupling type of control in long jumping. *Journal of Motor Behavior*, *32*(1), 37-43.
- Oztop, E., Bradley, N. S., & Arbib, M. A. (2004). Infant grasp learning: A computational model. *Experimental Brain Research*, *158*, 480-503.
- Patla, A. E., Robinson, C., Samways, M., & Armstrong, C. J. (1989). Visual control of step length during overground locomotion: Task-specific modulation of the locomotor synergy. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*(3), 603-617.
- Savelsbergh, G. J. P., Williams, A. M., van der Kamp, J. & Ward, P. (2002). Visual search, anticipation and

- expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, **20**(3), 279-287.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Scott, M. A., Li, F. X., & Davids, K. (1997). Expertise and the regulation of gait in the approach phase of the long jump. *Journal of Sports Sciences*, **15**(6), 597-605.
- Thomas, J. R. & Nelson, J. K. (2001). *Research methods in physical activity* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Thomas, J. R., Salazar, W., & Landers, D. M. (1991). What is missing in $p < .05$? Effect size. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **62**(3), 344-348.
- Vishton, P. M., & Cutting, J. E. (1995). Wayfinding, displacements, and mental maps: Velocity fields are not typically used to determine one's aimpoint. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **21**(5), 978-995.
- Warren, W. H. (1984). Perceiving affordances: Visual guidance of stair climbing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **10**(5), 683-703.
- Warren, W. H., & Yaffe, D. M. (1989). Dynamics of step length adjustment during running: A comment on Patla, Robinson, Samways and Armstrong (1989). *Journal of*

Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 15(3), 616-621.

Warren, W. H., Young, D. S., & Lee, D. N. (1986). Visual control of step length during running over irregular terrain. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12(3), 259-266.

附錄一

實驗參加者家長（監護人）同意書

親愛的家長您好：

我是本校東平國小的老師，目前正進修於國立臺灣體育學院體育研究所，很高興能有緣與貴子弟參與此次「速跑跨躍障礙的知覺—行動連結控制」的研究，本研究的主題是想探討個體在快速衝刺期間遇到障礙物時，其本身完成動作表現的步態變異，以做為提升體育教學的科學實證價值。而研究的設計規劃，障礙物是以具彈性白色的鬆緊帶為工具，且在實驗前會對貴子弟講解說明清楚，施測前會做暖身運動，施測過程中並不會造成任何危險，施測後會做緩和運動，以避免運動傷害，且實驗進行中有4位老師和9位六年級的愛心姊姊帶領指導，隨時解答實驗參加者的問題。測驗結果所得的資料僅供研究參考，絕對保密；若中途改變參與意願，隨時可退出，不受限制且不會損害個人權益。

最後，非常謝謝您的同意與支持，使得本次的研究能順遂完成！若有任何問題，歡迎致電 0931-536467 聯繫，衷心感謝您的鼎力協助！

實驗者與家長同意書

年 班 學號： 姓名：

本人 _____（請家長簽名）

同意 不同意 貴子弟參與此次教學研究計畫

指導教授：陳重佑 博士

研 究 生：周文杰 敬上

附錄二

實驗參加者須知

首先非常感謝你志願參與本次的實驗研究，本次所要研究的主題是「速跑跨躍障礙的知覺—行動連結控制」，為使實驗進行順利並求得正確的實驗結果，請配合以下說明事項：

1. 施測日期：94年4月18日至94年4月25日
2. 集合時間：早上7點30分
3. 集合地點：東平國小司令台前的操場
4. 因實驗所需，每位實驗參與者當天穿著運動服裝。

而為瞭解你的健康狀況，煩請填寫運動安全問卷：

1. 是 否 醫生曾經告訴過你有心臟的問題嗎？
2. 是 否 醫生曾告訴過你不適合從事劇烈的運動嗎？
3. 是 否 運動完後會覺得頭昏眼花或噁心想吐嗎？
4. 是 否 你時常到保健中心接受治療嗎？
5. 是 否 你的腿部曾經扭傷過而目前造成不便嗎？
6. 是 否 你的其他身體部位曾經動過手術和受過嚴重外傷嗎？
7. 是 否 有上述未提到而不能參加運動的原因嗎？

～感謝您的真誠協助和參與～

國立臺灣體育學院研究所
指導教授 陳重佑 博士
研究生 周文杰

附錄三：個體跨躍障礙物前 8 步步長之運動學特徵

表 13：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步長之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
練習前後	0.01	1	0.01	0.33	.04	0.08
殘差	0.16	9	0.02			
步	0.98	7	0.14	7.07*	.44	1.00
殘差	1.24	63	0.02			
練習前後×步	0.31	7	0.04	2.74*	.23	0.88
殘差	1.01	63	0.02			

* $p < .05$.

表 14：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步長之單純主要效果

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
練習前後 (A)				
前第 1 步 (b1)	0.07	1	0.07	4.02
前第 2 步 (b2)	0.00	1	0.00	0.01
前第 3 步 (b3)	0.01	1	0.01	0.67
前第 4 步 (b4)	0.09	1	0.09	5.50*
前第 5 步 (b5)	0.11	1	0.11	6.71*
前第 6 步 (b6)	0.00	1	0.00	0.17
前第 7 步 (b7)	0.00	1	0.00	0.29
前第 8 步 (b8)	0.03	1	0.03	1.95
殘差	1.17	72	0.02	
步 (B)				
練習初期 (a1)	0.71	7	0.10	5.67*
練習後期 (a2)	0.57	7	0.08	4.60*
殘差	2.25	126	0.02	

* $p < .05$.

表 15：個體練習初期跨躍障礙物前 8 步步長之單純主要效果
事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—	*		*				
第 2 步		—	*		*	*	*	*
第 3 步			—	*				
第 4 步				—	*	*	*	*
第 5 步					—			
第 6 步						—		
第 7 步							—	
第 8 步								—

* $p < .05$.

表 16：個體練習後期跨躍障礙物前 8 步步長之單純主要效果
事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—	*						*
第 2 步		—						*
第 3 步			—					
第 4 步				—				
第 5 步					—			
第 6 步						—		
第 7 步							—	
第 8 步								—

* $p < .05$.

表 17：個體跨躍調高障礙物高度前 8 步步長之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
遷移	0.00	1	0.00	0.00	.00	0.05
殘差	0.09	9	0.01			
步	0.79	7	0.11	6.06*	.40	1.00
殘差	1.18	63	0.02			
遷移×步	0.08	7	0.01	0.70	.07	0.28
殘差	1.04	63	0.02			

* $p < .05$.

表 18：個體跨躍調高障礙物高度前 8 步每步步長之主要效果事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—	*						*
第 2 步		—					*	*
第 3 步			—				*	*
第 4 步				—				*
第 5 步					—		*	*
第 6 步						—		*
第 7 步							—	
第 8 步								—

* $p < .05$.

表 19：個體跨躍調降障礙物前 8 步步長之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
遷移	0.00	1	0.00	0.49	.05	0.10
殘差	0.09	9	0.01			
步	0.99	7	0.14	5.20*	.37	1.00
殘差	1.71	63	0.03			
遷移×步	0.10	7	0.01	0.65	.07	0.26
殘差	1.34	63	0.02			

* $p < .05$.

表 20：個體跨躍調降障礙物高度前 8 步每步步長之主要效果事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—	*						*
第 2 步		—				*	*	*
第 3 步			—					*
第 4 步				—		*	*	*
第 5 步					—	*	*	*
第 6 步						—		
第 7 步							—	
第 8 步								—

* $p < .05$.

附錄四：個體跨躍障礙物前 8 步步頻之運動學特徵

表 21：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步步頻之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
練習前後	0.04	1	0.04	0.10	.01	.06
殘差	3.85	9	0.43			
步	5.91	7	0.84	2.20*	.20	0.78
殘差	24.15	63	0.38			
練習前後×步	2.70	7	0.39	1.35	.13	0.53
殘差	17.99	63	0.29			

* $p < .05$.

表 22：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步每步步頻之主要效果事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—	*						
第 2 步		—	*			*		*
第 3 步			—					
第 4 步				—				
第 5 步					—			
第 6 步						—		
第 7 步							—	
第 8 步								—

* $p < .05$.

表 23：個體跨躍調高障礙物高度前 8 步步頻之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
遷移	0.74	1	0.74	8.12*	.47	0.72
殘差	0.82	9	0.09			
步	1.72	7	0.25	0.89	.09	0.35
殘差	17.35	63	0.28			
遷移×步	0.89	7	0.13	0.59	.06	0.24
殘差	13.46	63	0.21			

* $p < .05$.

表 24：個體跨躍調降障礙物前 8 步步頻之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
遷移	0.83	1	0.83	2.70	.23	0.31
殘差	2.76	9	0.31			
步	3.78	7	0.54	1.34	.13	0.53
殘差	25.40	63	0.40			
遷移×步	1.36	7	0.19	0.72	.07	0.28
殘差	17.09	63	0.27			

* $p < .05$.

附錄五：個體跨躍障礙物前 8 步每步間平均速度之運動學特徵
 表 25：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步平均速度之重複量數
 二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
練習前後	0.50	1	0.50	2.49	.22	0.29
殘差	1.79	9	0.20			
步	4.54	7	0.65	6.21 *	.41	1.00
殘差	6.59	63	0.10			
練習前後×步	1.32	7	0.19	2.24 *	.20	.79
殘差	5.33	63	0.08			

* $p < .05$.

表 26：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步平均速度之單純主要效果

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
練習前後 (A)				
前第 1 步 (b1)	0.33	1	0.33	3.39
前第 2 步 (b2)	1.04	1	1.04	10.52 *
前第 3 步 (b3)	0.06	1	0.06	0.62
前第 4 步 (b4)	0.00	1	0.00	0.01
前第 5 步 (b5)	0.11	1	0.11	1.14
前第 6 步 (b6)	0.05	1	0.05	0.54
前第 7 步 (b7)	0.00	1	0.00	0.00
前第 8 步 (b8)	0.21	1	0.21	2.19
殘差	7.12	72	0.10	
步 (B)				
練習初期 (a1)	1.56	7	0.22	2.36 *
練習後期 (a2)	4.30	7	0.61	6.50 *
殘差	11.92	126	0.09	

* $p < .05$.

表 27：個體練習初期跨躍障礙物前 8 步平均速度之單純主要效果
事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—		*					
第 2 步		—						
第 3 步			—				*	*
第 4 步				—				
第 5 步					—			
第 6 步						—		
第 7 步							—	
第 8 步								—

* $p < .05$.

表 28：個體練習後期跨躍障礙物前 8 步平均速度之單純主要效果
事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—	*	*				*	*
第 2 步		—		*			*	*
第 3 步			—	*			*	*
第 4 步				—			*	*
第 5 步					—		*	*
第 6 步						—	*	*
第 7 步							—	*
第 8 步								—

* $p < .05$.

表 29：個體跨躍調高障礙物高度前 8 步平均速度之重複量數
二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
遷移	0.77	1	0.77	6.66 *	.43	0.63
殘差	1.03	9	0.11			
步	6.30	7	0.90	11.63 *	.56	1.00
殘差	4.87	63	0.08			
遷移×步	0.44	7	0.06	1.00	.10	0.39
殘差	4.02	63	0.06			

* $p < .05$.

表 30：個體跨躍調高障礙物高度前 8 步每步平均速度之主要效果
事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—	*	*		*			*
第 2 步		—					*	*
第 3 步			—				*	*
第 4 步				—			*	*
第 5 步					—		*	*
第 6 步						—	*	*
第 7 步							—	*
第 8 步								—

* $p < .05$.

表 31：個體跨躍調降障礙物前 8 步平均速度之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
遷移	1.16	1	1.16	5.03	.36	0.52
殘差	2.07	9	0.23			
步	5.73	7	0.82	8.58 *	.49	1.00
殘差	6.02	63	0.10			
遷移×步	1.54	7	0.22	3.02 *	.25	0.91
殘差	4.58	63	0.07			

* $p < .05$.

表 32：個體跨躍調降障礙物高度前 8 步平均速度之單純主要效果

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
遷移 (A)				
前第 1 步 (b1)	0.01	1	0.01	0.11
前第 2 步 (b2)	1.62	1	1.62	17.58 *
前第 3 步 (b3)	0.77	1	0.77	8.31 *
前第 4 步 (b4)	0.00	1	0.00	0.00
前第 5 步 (b5)	0.07	1	0.07	0.81
前第 6 步 (b6)	0.16	1	0.16	1.71
前第 7 步 (b7)	0.04	1	0.04	0.41
前第 8 步 (b8)	0.02	1	0.02	0.24
殘差	6.65	72	0.09	
步 (B)				
練習後期 (a1)	4.30	7	0.61	7.31 *
降低難度 (a2)	2.97	7	0.42	5.04 *
殘差	10.60	126	0.08	

* $p < .05$.

表 33：個體跨躍調降障礙物高度前 8 步平均速度之單純主要效果
事後比較摘要表

時相	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
第 1 步	—							*
第 2 步		—						
第 3 步			—					*
第 4 步				—				*
第 5 步					—			*
第 6 步						—		*
第 7 步							—	
第 8 步								—

* $p < .05$.

附錄六：個體跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性之運動學特徵
 表 34：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
練習前後	0.41	1	0.41	3.06	.25	0.35
殘差	1.22	9	0.14			
步	3.27	8	0.41	10.93 *	.55	1.00
殘差	2.70	72	0.04			
練習前後 × 步	1.03	8	0.13	4.88 *	.35	1.00
殘差	1.91	72	0.03			

* $p < .05$.

表 35：個體練習前後跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性之單純主要效果

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
練習前後 (A)				
起跳步	0.17	1	0.17	4.41 *
前第 1 步 (b1)	0.54	1	0.54	14.08 *
前第 2 步 (b2)	0.39	1	0.39	10.05 *
前第 3 步 (b3)	0.16	1	0.16	4.17 *
前第 4 步 (b4)	0.06	1	0.06	1.48
前第 5 步 (b5)	0.00	1	0.00	0.06
前第 6 步 (b6)	0.01	1	0.01	0.35
前第 7 步 (b7)	0.01	1	0.01	0.19
前第 8 步 (b8)	0.11	1	0.11	2.74
殘差	3.13	81	0.04	
步 (B)				
練習初期 (a1)	3.45	8	0.43	13.48 *
練習後期 (a2)	0.86	8	0.11	3.36 *
殘差	4.60	144	0.03	

* $p < .05$.

表 36：個體練習初期跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性之單純主要效果事後比較摘要表

時相	起跳步	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
起跳步	—			*	*	*	*	*	*
第 1 步		—		*	*	*	*	*	*
第 2 步			—		*	*	*	*	*
第 3 步				—		*			*
第 4 步					—				
第 5 步						—			
第 6 步							—		
第 7 步								—	
第 8 步									—

* $p < .05$.

表 37：個體練習後期跨躍障礙物前 8 步落腳位置變異性之單純主要效果事後比較摘要表

時相	起跳步	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
起跳步	—	*	*	*	*	*	*	*	*
第 1 步		—				*			
第 2 步			—						
第 3 步				—					
第 4 步					—				
第 5 步						—			*
第 6 步							—		
第 7 步								—	
第 8 步									—

* $p < .05$.

表 38：個體跨躍調高障礙物高度前 8 步落腳位置變異性之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
遷移	0.85	1	0.85	3.51	.28	0.39
殘差	2.19	9	0.24			
步	2.18	8	0.27	13.84*	.61	1.00
殘差	1.42	72	0.02			
遷移 × 步	1.06	8	0.13	6.58*	.42	1.00
殘差	1.46	72	0.02			

* $p < .05$.

表 39：個體跨躍調高障礙物高度前 8 步落腳位置變異性之單純主要效果

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
遷移 (A)				
起跳步	0.07	1	0.07	1.62
前第 1 步 (b1)	0.32	1	0.32	7.16*
前第 2 步 (b2)	0.55	1	0.55	12.25*
前第 3 步 (b3)	0.33	1	0.33	7.42*
前第 4 步 (b4)	0.42	1	0.42	9.37*
前第 5 步 (b5)	0.13	1	0.13	2.83
前第 6 步 (b6)	0.00	1	0.00	0.00
前第 7 步 (b7)	0.03	1	0.03	0.58
前第 8 步 (b8)	0.06	1	0.06	1.35
殘差	3.64	81	0.04	
步 (B)				
練習後期 (a1)	0.86	8	0.11	5.38*
增加難度 (a2)	2.38	8	0.30	14.94*
殘差	2.87	144	0.02	

* $p < .05$.

表 40：個體跨躍調高障礙物高度前 8 步落腳位置變異性之單純主要效果事後比較摘要表

時相	起跳步	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
起跳步	—			*		*	*	*	*
第 1 步		—		*		*	*	*	*
第 2 步			—	*		*	*	*	*
第 3 步				—		*	*	*	*
第 4 步					—	*	*	*	*
第 5 步						—			
第 6 步							—		
第 7 步								—	
第 8 步									—

* $p < .05$.

表 41：個體跨躍調降障礙物前 8 步落腳位置變異性之重複量數二因子變異數分析摘要表

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F	η^2	power
遷移	0.01	1	0.01	0.05	.01	0.05
殘差	1.84	9	0.20			
步	2.23	8	0.28	10.32*	.53	1.00
殘差	1.94	72	0.03			
遷移 × 步	0.56	8	0.07	3.08*	.26	0.94
殘差	1.64	72	0.02			

* $p < .05$.

表 42：個體跨躍調降障礙物高度前 8 步落腳位置變異性之單純主要效果

變異來源	離均差平方和	自由度	均方	F
遷移 (A)				
起跳步	0.01		0.01	0.19
前第 1 步 (b1)	0.02	1	0.02	0.58
前第 2 步 (b2)	0.07	1	0.07	1.69
前第 3 步 (b3)	0.03	1	0.03	0.69
前第 4 步 (b4)	0.02	1	0.02	0.50
前第 5 步 (b5)	0.00	1	0.00	0.02
前第 6 步 (b6)	0.12	1	0.12	2.68
前第 7 步 (b7)	0.12	1	0.12	2.69
前第 8 步 (b8)	0.18	1	0.18	4.25 *
殘差	3.47	81	0.04	
步 (B)				
練習後期 (a1)	0.86	8	0.11	4.32 *
降低難度 (a2)	1.93	8	0.24	9.70 *
殘差	3.58	144	0.02	

* $p < .05$.

表 43：個體跨躍調降障礙物高度前 8 步落腳位置變異性之單純主要效果事後比較摘要表

時相	起跳步	第 1 步	第 2 步	第 3 步	第 4 步	第 5 步	第 6 步	第 7 步	第 8 步
起跳步	—	*	*	*	*	*	*	*	*
第 1 步		—				*	*	*	*
第 2 步			—			*	*	*	*
第 3 步				—					
第 4 步					—				
第 5 步						—			
第 6 步							—		
第 7 步								—	
第 8 步									—

* $p < .05$.