

國立體育大學
競技學院
競技與教練科學研究所碩士論文

短期跑步機與力量訓練對視覺障礙運動員 100m
速度與閾值耐力之效果-個案探討

指導教授：張嘉澤 博士

研 究 生：李吳凱 撰

中 華 民 國 106 年 1 月



國立體育大學
National Taiwan Sport University

短期跑步機與力量訓練對視覺障礙運動員 100m 速度 與閾值耐力之效果-個案探討

摘要

本研究為探討短期跑步機與力量訓練對視覺障礙男子柔道選手的高速度穩定與有氧-無氧閾值耐力之改善效果。研究方法：一名視覺障礙男子柔道選手進行兩週高速跑步機與力量訓練，並在訓練前後做 2 x 100 m 分段速度及閾值耐力測試。結果發現，經過兩週訓練後，本研究個案之視覺障礙運動員在 100 m 分段速度顯現平均進步 0.4 m/s，最高速度的穩定性提昇，在後測 100 m 秒數平均下降 0.8 s，另外在有氧-無氧閾值耐力方面，有氧閾值速度上昇 0.4 m/s，且無氧閾值心跳率為下降 7 min⁻¹。結論：經由短期跑步機訓練與力量訓練的訓練組合，可提昇本個案之視覺障礙運動員的速度能力，身體在訓練與比賽中抵抗疲勞之能力，使得增進運動表現。

關鍵詞：視覺障礙、100 m 速度、閾值耐力

The Effect of short-term treadmill and strength training in 100 m Speed and Threshold Endurance of visually impaired athlete – Case Study

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of short-term treadmill and strength training on high-speed stability and aerobic-anaerobic threshold endurance of visually impaired male judo players. METHODS: A 2-week high-speed treadmill and strength training for a visually impaired male judo athlete and 2 x 100 m segment speed and threshold endurance tests were performed before and after training. The results showed that after two weeks of training, the visually impaired athletes in this study showed progress at 100 m segment speed, the stability of the highest speed increase. In the aerobic-anaerobic threshold endurance, the aerobic threshold velocity increases and the anaerobic threshold heart rate decreases. Conclusion: The combination of short-term treadmill training and strength training can enhance the ability of the visually impaired athlete's body to resist fatigue during training and competition.

Key words: visually impaired, 100 m performance, aerobic-anaerobic endurance

致 謝

首先，誠摯感謝我的指導教授張嘉澤博士的用心指導與鼓勵，除了在指導學術研究外，也讓我接受系統化與科學化的運動訓練後提升競技成績。

本論文承蒙邱炳坤教授、王淑華教授提供寶貴的意見，促使本篇論文內容更加完善並順利完成，在此感謝兩位老師給予的啟發。而在進行論文實驗期間，要感謝運動能力診斷與訓練調整實驗室 (SPDI) 夥伴們的大力協助與幫忙，使得實驗流程進度可順利執行，也要感謝中華扶輪教育基金會與台中台美扶輪社的鼓勵與照顧，使得在完成本篇論文過程獲得肯定。

感謝國立體育大學及競技與教練科學研究所提供優良師資與無障礙學習環境，使我不會受視力上的限制，無論在學業或運動訓練上都可以精進，最後，要感謝我的家人一路上的支持，讓我無後顧之憂的去完成研究，留下在人生中最美好的回憶。

李吳凱 謹識

目 錄

摘 要 I

Abstract II

致謝詞 III

目 錄 IV

表目錄 VII

圖目錄 VIII

中英文對照縮寫表 IX

第壹章 緒論 1

第一節 研究背景與動機 1

第二節 研究目的 3

第三節 名詞解釋 4

第貳章 文獻探討 6

第一節 視覺障礙定義 6

第二節 運動員分級鑑定步驟..... 7

第三節 視障運動員分級定義..... 9

第四節 速度 10

第五節 力量	13
第六節 有氧-無氧閾值耐力	15
第七節 乳酸	18
第八節 文獻總結	20
第參章 研究方法	21
第一節 研究對象	21
第二節 實驗時間與地點	21
第三節 實驗儀器與設備	22
第四節 實驗設計與流程	23
第五節 資料處理與統計	27
第肆章 結果分析與討論	28
第一節 兩週訓練血液乳酸與心跳率分析	28
第二節 階梯式負荷上昇與有氧-無氧閾值耐力	33
第三節 短距離 100 m 高速度穩定分析	36
第伍章 結論與建議	39
參考文獻	40
一、 中文部分：	40

二、	外文部分：	41
----	-------------	----



表目錄

表 3-1-1 受試者基本資料.....	21
表 3-4-1 實驗總採血量.....	24
表 3-4-2 兩週訓練課表.....	25
表 4-1-1 第一週與第二週訓練血液乳酸濃度分析.....	29
表 4-1-2 第一週與第二週訓練心跳率分析.....	31
表 4-2-1 有氧-無氧閾值耐力分析	34
表 4-3-1 前測與後測兩次 100 m 測試分段速度分析.....	37
表 4-3-2 後測數據總整理.....	38

圖目錄

圖 2-1-1 國際盲人運動總會 IBSA 分級檢定流程.....	7
圖 3-4-1 實驗流程	26
圖 4-1-1 兩週訓練血液乳酸濃度分析.....	29
圖 4-1-2 兩週訓練心跳率分析.....	31
圖 4-2-1 階梯式負荷上昇血液乳酸與心跳率分析.....	34
圖 4-3-1 短距離 100 m 分段速度與秒數分析.....	36



中英文對照縮寫表

縮寫	英文	中文
ATP-PC	Adenosine triphosphate and Phosphocreatine	三磷酸腺苷-磷酸肌酸
HR	Heart rate	心跳率
La	Lactate	乳酸
min ⁻¹	Beat per minute	每分鐘心跳率
m/s	Meter per second	每秒每公尺速度
IBSA	International Blind Sport Association	國際盲人運動協會
IPC	International Paralympic Association	國際帕林匹克運動協會
RPE	Rating of perceived exertion	運動自覺量表
Tr-1w	First week of training	第一週訓練
Tr-1	Day 1 Training	第一天訓練

第壹章 緒論

視覺障礙運動員在速度訓練面臨眾多困難與挑戰，因此，本研究藉由跑步機與力量訓練的訓練組合改善視覺障礙運動員 100 m 高速度穩定與有氧-無氧閾值耐力之效果進行觀察，並增進在高強度訓練中的運動表現。

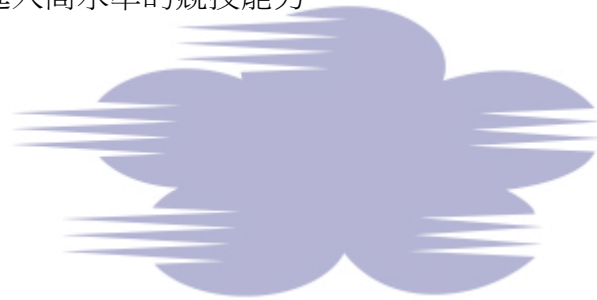
第一節 研究背景與動機

從過去文獻及研究中發現「運動」是身心障礙者治療及復健為最有效的方式，並可以參與具有競技性質及娛樂性質的運動。身心障礙者的運動訓練，已在一百多年前存在，而目的是為了讓身心障礙者的身體有良好的復原狀態及提供再教育功能。其實與常人比較起來，運動對身心障礙者而言更為重要，因為運動可以協助身心障礙者找尋自我認同，並且讓身心障礙者重新進入社會生活，且更加獨立。

然而視覺障礙者因視覺的喪失將會導致活動時的一些限制，過去研究指出視障者因視覺缺陷的問題，必須比一般人花費更多時間去搜索環境，以致耗費較多的體能與精力來完成每個工作 (Lieberman & McHugh, 2001)，而至今亦發展出許多視覺障礙者可從事的競技運動，例如：盲人游泳、盲人柔道、田徑、盲人足球等等運動項目，黃文傑 (2003) 指出當人類喪失視覺時，將會影響個人的平衡能力及辨別、偵測環境中障礙物以及視覺定位之能力，而人體要維持身體姿勢的平衡與控制，有賴於內耳前庭系統 (vestibular system)、本體感覺接受器 (proprioception receptor) 及視覺系統 (visual system) 的協調以及中樞神經系統統合才能完成姿勢的平衡與控制。

可知視覺障礙者運動時，受無法分辨環境與空間的感覺，但是可以利用不同的訓練方式來增加訓練效果，例如：固定的環境範圍、固定的器材、教練或訓練指導員的口語清楚表達、增加視覺障礙選手的安全感等方式。因此本研究將透過跑步機與力量訓練器材 (Machine)，對視覺障礙運動員的短距離速度與有氧-無氧閾值耐力能力的改善進行觀察。

本研究將以視覺障礙男子柔道選手為研究對象，經過視覺分級程度為 B2，參加比賽的體重量級是男子 -60 公斤，得意技為過肩摔，訓練年齡 10 年。因為視覺上的受限，本研究將透過訓練上的方式改變，再增加視覺障礙柔道選手對訓練環境的安全感後，且短期訓練效果可以達到不同的生理機轉所需要的能量系統，且可以進入高水準的競技能力。



第二節 研究目的

本研究目的如下：

- 一、 探討短期跑步機訓練對有氧-無氧閾值耐力改善之效果。
- 二、 探討短期跑步機訓練對 100 m 高速度穩定之效果。



第三節 名詞解釋

一、 速度：

速度根據其發生的現象和分類，在訓練學上是介於快速反映和快速動作交換頻率兩種症狀結合。再進一步的依速度的發生程序有：(1)反應階段；(2)加速度階段；(3)速度穩定階段；(4)速度下降階段。反應程序是腦部透過對刺激接收與輸出訊號之間作出合理回饋，經由肌內組織之運動終板啟動肌肉收縮，作出快速動作。

二、 有氧閾值耐力：

有氧閾值 (Aerobic threshold)，指有機氣體在氧的參與下產生能量的能力，此時體內乳酸值低於 2 mmol/l，而有氧能力決定運動員恢復機制的優劣。

三、 無氧閾值耐力：

無氧閾值 (Anaerobic threshold, AT)，當運動強度提升，運動負荷提高後乳酸值達到 4 mmol/l，體內狀況即進入無氧狀態，而此時能量提供為碳水化合物大於脂肪。

四、 乳酸：

乳酸 (Lactate) 是運動員的負荷，首先在肌肉產生，且透過擴散方式進入血液，再透過血液進入肝。乳酸由肌肉產生，再進入血液需要一段時間，因此血液乳酸濃度低於肌肉乳酸值。

五、 持續跑（速度變換）V2-V4

V2 為個人有氧閾值 2 mmol/l 速度，V4 為個人無氧閾值 4 mmol/l 速度。
是一種以跑步機持續跑變換速度的方式進行，在透過有氧及無氧速度變換的運動負荷下，而有系統的變換有氧與無氧能量提供系統。



第貳章 文獻探討

第一節 視覺障礙定義

無法透過藥物和手術及普通眼鏡矯正的嚴重視力損傷者，包括部份可看見至全盲在內的所有統一稱之為視覺障礙者（黃雪芳，2002），我國特殊教育法施行細則規定：視覺障礙指依萬國式視力表所測定之優眼視力未達 0.3 或視野在二十度以內者，依障礙程度分為兩類：（1）弱視指優眼視力測定值在 0.03 以上未達 0.3，或其視野在二十度以內；（2）全盲者是指優眼視力測定值在 0.03 以下者（賴復寰，1998）。

全盲者無法透過視覺學習，須經由觸覺（如點字）或聽覺（如電腦導盲語音系統、錄音筆等工具）來讀取資訊獲得學習，並須以手杖輔助行走。有些全盲者完全喪失光覺（醫學盲），有些全盲者尚有殘餘視力或光覺，可辨識物體移動或障礙物的形影，對於定向行動略有輔助功效（江志忠，2008）。

弱視者尚可透過視覺學習，但閱讀一般字體有困難，須借助特殊光學輔助儀器（如放大鏡、闊視機）或將字體放大來讀取資料。弱視者的視知覺狀況差異極大：有缺乏立體感和距離感者；有無法辨別顏色者；有無法掌握全體與部份關係者；有畏光或對光線敏感者；有因夜盲而在夜間行走困難者；亦有因視野狹窄而行動不便者。弱視者在閱讀時除速度較緩慢之外，常因視知覺困難而唸錯、跳行、或重讀的情形發生，而在閱讀時易疲乏不持久。活動時常因動作緩慢、正確度低而較不為團體所接納，因而產生退縮、自卑的現象。有些弱視者在外表未有顯著的特徵，或不願被標記為視覺障礙，因而常被群體所忽視，未能獲得適當的協助（簡介視障障礙，萬明美）。

第二節 運動員分級鑑定步驟

一、國際盲人運動總會 IBSA 分級檢定流程下圖所示：

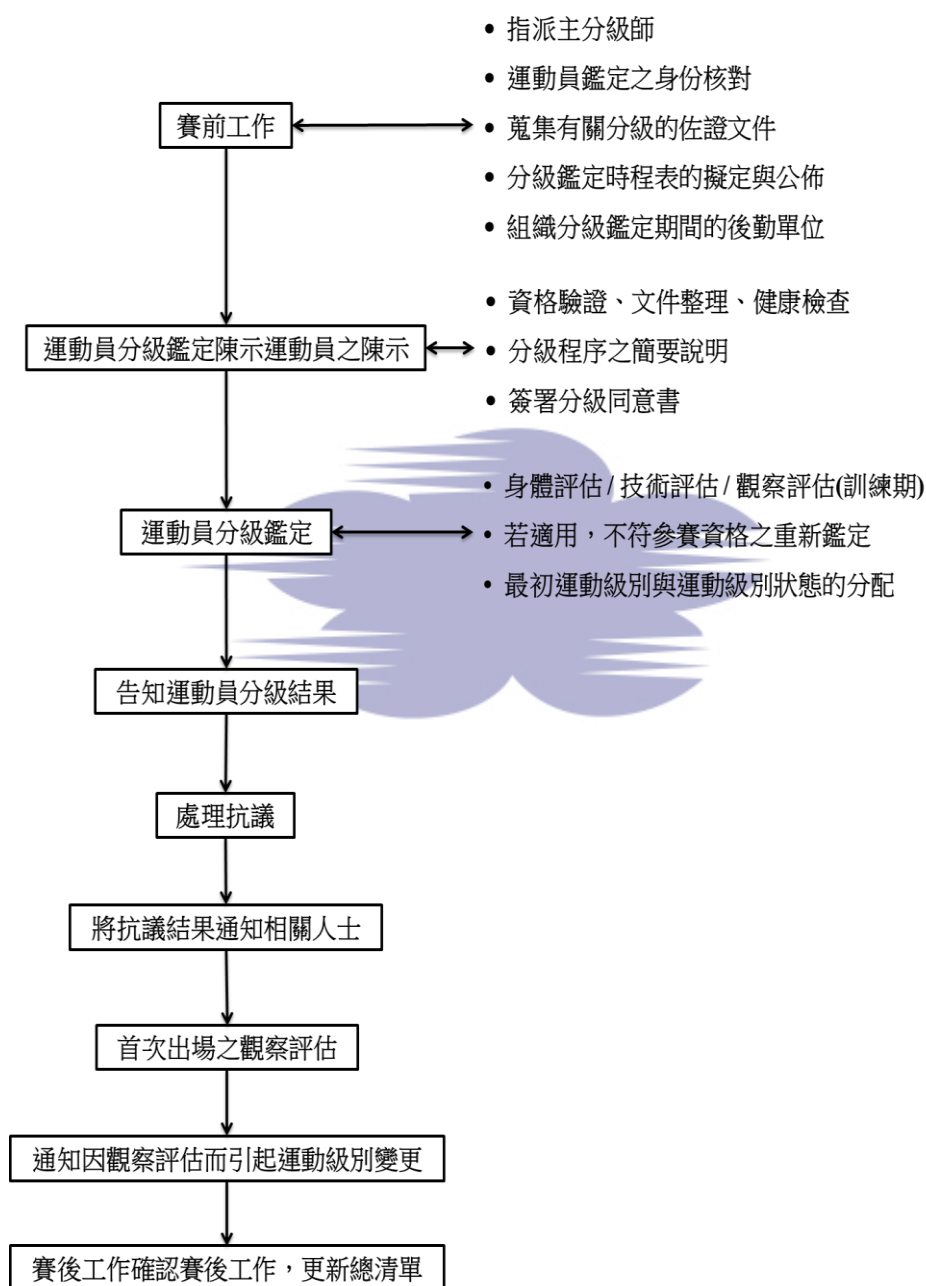


圖 2-2-1 國際盲人運動總會 IBSA-分級鑑定流程

二、國際盲人運動總會 IBSA-視障分級：

背景分級的建立給予比賽的完整性，分級是確保選手與選手間公平的競爭。分級有兩項最重要的規則，確定具有資格的選手參加比賽，以及運動團隊的比賽，提供運動團隊一個有系統的方法，依據他們的視覺能力進行分級。在 IBSA 認可的比賽或是世界錦標賽前，選手們都必須先經由國際分級師進行分級，只要是由 IBSA 所管轄的運動應以 IBSA 分級規則和程序為主。若此運動是由 IPC (國際帕林匹克運動協會) 所管轄的應以 IF 的相關分級規則為主。

(一)、根據 2007 年 IPC 分級碼要求 IF 制定與實施分級規則。依盲人或弱視的運動員為了確保比賽的公平性，IBSA 會積極與 IF 做交流世界性和區域性之分級必須由國際視障分級師分級。所有的分級師必須被 IBSA 和 IPC 認可。為了成為國際視障分級師，所有分級師不管是（眼科醫生或驗光師）必須從 IBSA 和 IPC 所提供的分級認證課程畢業。

(二)、資格標準：

視障是來自於各式各樣的情況-包括天生（遺傳），產前發生問題或是疾病及創傷。視障可能是傷到一個或是多個視神經系統和眼球結構/受體的受損-視神經受損-視覺皮層受損。在分級前，運動員必須有完整的醫療診斷書。運動員如果提供不出分級診斷書將無法分級。

第三節 視障運動員分級定義

視障的分級基於良好視力在最佳光學矯正眼鏡或是隱形眼鏡，和或可視的字段，其中包括中央和外周區域，以 B1 視力程度為最差，B3 視力程度為最佳。視障運動員分級定義如下：

1. B1：視力低於 LogMAR2.60 較差。
2. B2：視力範圍為 LogMAR 為 1.50 到 2.60 (包含) 和/或視野收縮至直徑小於 10 度。
3. B3：視力範圍為 LogMAR 1.40 到 1 (包含) 和/或視野收縮至直徑小於 40 度。



第四節 速度

速度就單位上的解釋，是指單位時間內所移動的距離，換句話說，在短時間內能夠有較遠的移動距離即表示有較佳的速度表現。Bompa（1999）表示，速度是運動最重要的體能要素之一，並且對許多運動項目的表現有決定性的影響。以速度的快慢決定勝負的競賽中，分秒必爭的短距離徑賽則是其中的主要項目之一，目前國內進行速度訓練型態，完全在於短距離（50、60、80、100m）衝刺，訓練品質受限於運動員個人意志，訓練速度往往無法穩定以至於訓練效果受影響，因此如何提升選手的表現是教練們所著重的課題。

速度能力結合眾多要素組成，而其中主要影響因素在於肌肉纖維型態與神經協調兩項肌肉纖維型態是無法透過訓練改變，但是肌肉神經協調（肌間-肌內）是可亦由訓練方式改善（張嘉澤，2008）。

Volkov and Laptin（1979）針對短跑運動員的速度表現指出，起跑後的第40公尺將達到最大速度，Saltin（1986）指出短距離項目若要獲得佳績必須考慮到高速度穩定與維持能力，即短距離耐力的能力，又可稱為快速耐力（張嘉澤，2008）。

Weicker and Strobel（1994）指出短距離跑者高的開始速度出現時間點是取決於ATP-PC（無氧非乳酸）系統容積，在距離140公尺後，呈現高度無氧醣酵解路徑，也就是維持高速度穩定之關鍵能量系統，即為其專項耐力，且此過程中會產生代謝物質乳酸，當乳酸產生堆積時肌肉便開始疲勞，力量的維持也開始下降，便無法維持高速度能力。

一、 視覺障礙運動員之速度訓練：

視覺障礙者的運動能力受到空間（距離、高度）感覺的影響，因此在徑賽運動項目訓練上，無法進行配速練習。而另一訓練上的難度，在於跑步的動作技術練習。視障者只能用聽的模式進行，此與用看的修正動作技術差異甚大。視障選手在進行運動訓練時，由於視覺上較一般人來得短或是失去視覺上的能力，所以往往是依靠聽覺、觸覺等身體上其他的肢體感官來感受運動訓練時週遭的環境變化（杜正治、陳弘烈、卓俊伶、闕月清，2000；黃景星，2005）；若在訓練中因身體疲勞而使判斷空間的感覺下降，此時需要教練的口頭提醒方式來做運動訓練上的動作修正與方向。於跑步機上進行速度訓練時，由於視障選手的視野較小，所以運動訓練安全性上需要在跑步機前端放置明顯標的物來增加運動訓練上的安全性。

二、 跑步機訓練生理機轉：

在短距離田徑項目中，從起跑到加速度到最大速度的加速的過程，主要分為兩個階段：改變步幅的加速期（0-10m）以及加速到最高速度穩定的穩定期（11-36 m）（Delecluse, 1997）；透過高速跑步機的訓練，因為在跑步機上能夠瞬間提高速度，且使身體肌肉能保持在一定速度上的肌肉收縮（Ross et al., 2009），進而選手在回復到平地訓練時，將在跑步機上的肌肉收縮模式轉移到起跑到加速度的這兩個時期收縮更快，進而讓高速度穩定的時間與距離增加。透過高速度跑步機以及力量耐力兩種負荷模式，能讓短距離選手在比賽時能夠使最高速度時間提早出現且維持高速度穩定的能力，進而獲得更高的競技成績。

Rost 等人(1982) 在跑步機上進行運動治療發現，股二頭肌（Biceps femorism.）、半腱肌（Semimembranousm.）與內縮大肌（Adductor magnusm.）之肌

群動員增加，會使大腿肌肉收縮拮抗作用更協調。特別是在跑步機上進行高速訓練，可以增強大腿後腿肌群之收縮速度 (Dietz, 2000)。

三、100 m 基礎速度的影響

陳淑華、張嘉澤 (2011) 研究發現 5000 m 速度隨著比賽距離增加，而呈現下降趨勢。雖然基礎耐力 2 mmol/l 速度與比賽速度未達顯著差異，其症狀顯示選手具備良好之閾值速度，但是並未轉移至比賽。這可能因素是其個人 100 m 基礎速度不佳所至。如能提昇其 100 m 速度，亦可提昇 5000 m 比賽成績。陳佳慧、王月琪、黃雅陵、張嘉澤 (2013) 研究高中男子徑賽 200 與 400 公尺參與者之最高速度顯現距離太早且其後隨即快速下降，可能受專項耐力不足影響；無氧醣酵解能力差者會影響最大乳酸值與出現時間點過早。建議於訓練處方增加間歇訓練和速度訓練，以做為個人訓練調整進而提高運動員的能力。

四、速度與協調之關係：

Neumann 等人 (2002) 指出協調能力的好壞也間接地影響到速度能力，兩者之間的交互關係亦是影響技戰術表現的重要因素之一。林輝雄 (1990) 指出，身體能有效整合神經肌肉系統產生正確、流暢、和諧優美的動作，使身體肌肉和器官完成工作目的之能力即為協調能力。

Miletic, Srhoj 與 Bonacin (1998) 指出，擁有較佳的動作協調能力，在運動技巧的表現有更好的發揮。Roth (1982) 指出快速協調顯現在多變化高速移動下還能夠保持穩定的速度節奏。而下肢動力與 10 m 直線衝刺跑有正相關趨勢 (黃雅凌、楊孟龍、張嘉澤，2007)。

第五節 力量

重量訓練 (weight training) 可以有效改善肌力 (muscular strength)、肌耐力 (muscular endurance) 與爆發力，因此成為運動員常用來改善生理條件的訓練項目之一。重量訓練主要是以超載負荷、漸增阻力、金字塔系統以及特殊性等原則，利用槓鈴、槓鈴片或其他重量訓練器械，對肌肉施以高強度的負荷訓練 (Pauletto, 1991)。重量訓練除了改善肌力與肌耐例外，並可以增進最大攝氧量 (ACSM, 1998)。

一、力量的訓練目的與訓練方式之關係：

基礎力量訓練有兩個目的：(一)、改善肌肉組織對刺激的接收速度。(二)、擴展提高肌肉組織的能量儲存。依據力量使用的目的顯現方式 (最大力量、快速力量、力量耐力、反應力量) 和力量訓練方法聯合，既產生訓練實施關係 (張嘉澤，2008)。

徑賽短距離 100m 訓練方式，不斷的在改變。而追求高速度與最高速度穩定是過去與現在不變的目的。Harre (1986) 指出亦提昇速度能力，必須具備肌肉力量與快速收縮耐力。Zierz 等人 (1991) 指出速度與力量的輸出受肌肉纖維動員與神經傳導速度影響。若要維持高速度的能力其訓練方式可以應用高強度間歇訓練作為增強肌肉收縮、碳水化合物代謝效率與產生比較少乳酸堆積。

田徑項目短距離 100-200 m 跑主要能量來源由磷酸原 ATP-PC 與無氧醣酵解供能所決定因此專項耐力主要以無氧耐力為特徵 (Grosser et al., 2001)，因此本研究透過力量耐力的訓練特徵顯現在肌肉長時間維持穩定速度的收縮。力量的輸出型態是依據運動負荷與運動強度顯現，依運動型態動作的不同，專項

運動項目具備其特殊的肌肉收縮型態，而肌肉收縮的型態也是一種運動訓練的特徵。力量發展的影響因素：肌肉型態學、肌纖維型態、肌內組織協調、肌間組織協調、肌肉彈性（靈活）、反應能量代謝、關節-肌肉力學結構與動機（張嘉澤，2008）。

增進快速力量之前應該先改善所有的肌肉力量組成。由各種不同的項目專項運動技術指出，力量的行程有高強度的啟動力量投入與漸進式開始而結束是高速度的力量投入（張嘉澤，2008）。

力量耐力訓練的目的是要改善肌肉內的能量流動和維持長時間高力量衝刺的能力。在運動負荷的持續時間內，快速提供能量與醣質新生，及長時間維持衝刺的力量能力。其主要是以循環式力量耐力為訓練方式。在 100 m 的比賽項目中，在高速度下如何延續速度而形成高速度穩定的狀態，肌肉的耐力能力的好壞是很大的影響因素，Pampus 等人（1989）提出以最大力量（1RM）的 40 % 作為負荷強度來訓練肌耐力；張嘉澤（2014）提出以上下肢交替的方式進行循環式的力量耐力訓練，主要目的即是透過此種循環方式，讓全身性的肌耐力獲得提升，由其是平時較少訓練到的拮抗肌的肌耐力也能夠有所提升。

第六節 有氧-無氧閾值耐力

基礎耐力分為有氧耐力與無氧耐力。運動選手除了應具備基礎耐力外，更應該要具備其專項運動項目的高水準專項耐力。Hollmann 等人 (1987) 研究指出競技運動員之有氧閾值速度必須達到 2.8 m/s，無氧閾值則為 3.5 m/s。Hollmann (1959) 以換氣轉折點作為無氧閾值的評價開始，就開啟以無氧閾值作為研究與訓練應用。最後以 Mader 等人 (1976) 之有氧-無氧閾值 2-4 mmol/l 理論最具應用價值。

一、有氧耐力：

有氧耐力，是只有機體在氧的參與下產生能量的能力，它也決定運動員的耐力好壞。有氧運動能力受到運動員體內供氧能力的影響，因此，任何耐力訓練都應該包括提高供氧系統能力的訓練。中強度長時間的耐力訓練，可以透過提高肌紅蛋白含量（一種用以儲存及輸送氧氣的氧合蛋白）、粒線體激酶（大小及數量）、肝醣儲存量及氧化能力，使提昇有氧運動能力。而長時間活動的主要適應，是提高呼吸量、呼吸率、增加氧輸送量、增加心輸出量及增加肌肉粒線體密度。因此，良好的有氧訓練，也能相當程度的提升無氧能力 (Gollnick, Armstrong, Sanbert, Sembrowich, Sepherd & Saltin, 1973)。

有氧耐力能力為各種運動項目之必備基礎，不論任何運動項目之選手，皆應擁有良好的有氧耐力能力，使身體能在短時間內快速恢復無氧非乳酸系統，以應付長時間之比賽 (張嘉澤，2008)。

有氧訓練會使得骨骼肌粒線體數量與微血管密度增加 (Spina et al., 1996)，微血管密度越高，促使肌肉血流量增大，促進乳酸排除與運轉。在低強度負荷中，肌肉活動從有氧的醣酵解和脂肪的代謝提供能量。

二、無氧耐力：

Yoshida, Suda 與 Takeuchi (1982) 指出無氧閾值與耐力運動表現有非常高的相關性。

三、無氧閾值對最大乳酸堆積之影響：

Wassermann 等人 (1973) 指出透過漸增式負荷至個人最大負荷能力，初始強度乳酸高於安靜值，隨著強度增加會出現一個非線性的轉折，稱為無氧閾值。Mader 等人 (1976) 進一步指出無氧閾值被判定於一個強度的輸出所相對應的乳酸濃度為 4 mmol/l。2-4 mmol/l 區間為有氧與無氧混合區域，能量來源為脂肪加碳水化合物（碳水化合物大於脂肪）為人體運動的基礎區域，高於無氧閾值 (4 mmol/l) 以後的能量路徑為碳水化合物為人體運動的發展區域與競技區域。激烈運動中，靠著肌肉中肌酸磷酸維持約 10 秒左右的能量，若是持續高強度運動，則需要動用無氧醣酵解作用持續提供肌肉收縮所需的 ATP 能量，此時乳酸開始大量生成，乳酸的上升間接影響選手運動表現，而無氧閾值能力愈好，在高強度負荷下，乳酸濃度愈低，能夠維持肌肉的力量輸出品質。

Power 與 Howley (2002) 表示無氧閾值不但可以因訓練而提升，以此閾值作為耐力性運動訓練指標也相當有效。無氧能力關係運動員於高強度運動負荷下是否有足夠的能量提供，無氧閾值能力佳的選手可以維持高負荷下動作的穩定及肌肉不易疲勞。

武淑惠、張嘉澤 (2014) 以 4 名成人健康者進行短距離衝刺及個人無氧閾值測試，研究發現無氧閾值速度 (4 mmol/l) 介於 $1.3\text{-}3.6 \text{ m/s}$ ，最大乳酸堆積則介於 $4.0\text{-}6.1 \text{ mmol/l}$ 之間。結果顯示無氧閾值能力與最大乳酸濃度呈現負相關，此症狀顯示無氧閾值愈高，其最大乳酸濃度越低 (武淑惠、張嘉澤，2014)。Mader (1994) 進行徑賽運動員無氧閾值診斷發現，個人無氧閾值速度高者，其專項成績亦呈現較佳成績。

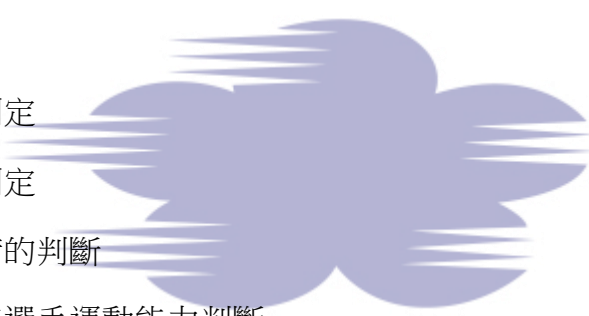
個人無氧閾值耐力能力影響高強度運動型態之肌肉能量提供路徑。無氧閾值耐力越好者，其最大乳酸堆積濃度亦呈現比較低的現象。因此建議亦提高肌肉無氧的能量效率，需先改善個人的無氧閾值能力，才能克服肌肉快速收縮無氧症狀的反應。



第七節 乳酸

Hill, Long 與 Lupton (1924) 曾說明肌肉運動缺氧時，會產生大量的乳酸，Karlsson 等人 (1975) 指出乳酸的出現會對肌肉造成神經傳導能力及肌肉收縮能力下降，並導致肌肉產生出疲勞狀態，無法保持正常的運動表現。

若要維持高速度肌肉收縮與穩定高速度品質，唯有提昇 ATP 與 PCr 在細胞溶質 (Cytosol) 內再組成速度。而此系統路徑提供是碳水化合物在醣酵解路徑是接受血液葡萄糖，在運動負荷中動脈血液葡萄糖濃度，將增強肝糖分解 (Wassermann & Cherrington, 1991) 以製造 ATP 能量。乳酸在運動訓練上的應用可分為：

- 
- 一、運動強度的判定
 - 二、運動強度的判定
 - 三、能量代謝負荷的判斷
 - 四、訓練與比賽時選手運動能力判斷
 - 五、作為有氧能力的判斷
 - 六、作為訓練強度的判斷
 - 七、作為訓練類型的判斷與訓練方式的判斷 (Neumann et al., 1993)

Hollmann 與 Hettinger (1980) 等人把乳酸排除歸為肝的功能，乳酸下降是醣質新生肝醣的轉換。乳酸濃度常被作為運動強度的指標之一。Hultman 與 Sholm (1980) 乳酸因負荷時間與參與肌肉量會影響乳酸的濃度。而乳酸的生成與排除也和有氧代謝能力有關 (Hollmann et al., 1976)。

Gasser 與 Brooks (1984) 當乳酸製造率與清除率失衡時，代表運動強度提升，需以無氧醣酵解的方式提供能量，而乳酸的堆積就會產生。Neumann 等人 (1991) 指出競技運動員乳酸排除速度為 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

Stegmann 等人 (1981) 認為以乳酸濃度在 4 mmol/l 時之相對運動強度來判定 AT，沒有考慮到運動時血乳酸動力學的個體差異，因此，找出血乳酸擴散率及清除率之點，其相對的運動強度即為個人之無氧閾值。Hill, Long 與 Lupton (1924) 曾說明肌肉運動缺氧時，會產生大量的乳酸，乳酸的形成使得氧化過程成為非氧性及氧債堆積，因此測定乳酸的連續數量可作為無氧代謝的指標。Karlsson 與 Jacobs (1982) 指出乳酸的形成是由 ATP 再形成之速度與 ADP 的濃度，及可供使用的分子決定，持續高強度運動，則需要動用無氧醣酵解作用持續提供肌肉收縮所需的 ATP 能量，此時乳酸開始大量生成，乳酸的上昇間接影響選手運動表現。

Neumann (1991) 提出在運動結束後乳酸堆積出現時間曲線分析判斷是依據，運動結束後第一分鐘乳酸濃度是否已達最高值以及最大乳酸濃度出現時間點；也就是說當運動結束後第一分鐘若出現最高乳酸時，表示於運動過程中，因強度負荷增加使個體提早進入無氧醣酵解分解路徑產生大量乳酸導致堆積於運動一結束立即產生。反之，若於運動結束後越晚出現最大乳酸值時，亦可代表在運動過程中，強度負荷增加但個體尚未提早進入無氧醣酵解分解路徑，得以於運動結束後出現高點進而不影響運動能力。

第八節 文獻總結

經由以上文獻所述，綜合歸納為下列幾點：

- 一、 視覺障礙分級的建立給予比賽的完整性，是確保選手與選手間公平的競爭，依國際盲人運動總會 (IBSA) 分級將視覺障礙運動員鑑定由程度重至輕依序為 B1、B2、B3。
- 二、 本研究的速度訓練是以跑步機為主，透過高速跑步機的訓練，因為在跑步機上能夠瞬間提高速度，且使身體肌肉能保持在一定速度上的肌肉收縮，進而讓高速度穩定的時間與距離增加。
- 三、 本研究的力量訓練是以循環式力量耐力為主，主要目的是透過此種循環方式，讓全身性的肌耐力獲得提升，由其是平時較少訓練到的拮抗肌的肌耐力也能夠有所提升。
- 四、 本研究探討有氧與無氧閾值耐力之改善，由過去文獻可知良好的有氧訓練，能相當程度的提升無氧能力，而無氧耐力能力愈佳者，其無氧性運動負荷產生之乳酸值愈低。

第參章 研究方法

第一節 研究對象

本研究對象為成年視覺障礙 (B2) 男子柔道運動員一名。柔道專項訓練 10 年，體重分級第一量級 (-60 kg)，身高與體重分別為 166 cm 與 62 kg，年齡 23 歲 (如表 3-1-1 所示)，本實驗已通過 IRB 審查。

表 3-1-1 受試者基本資料

受試者人數	年齡	身高	體重	運動年數
	Years	Cm	Kg	Year
N = 1	23	166	62	12

第二節 實驗時間與地點

一、前測 (T-1)

日期：2016 年 6 月

時間：6 月 17 日-6 月 18 日

地點：國立體育大學田徑場及運動能力診斷與訓練調整中心

二、訓練

日期：2016 年 6 月

時間：6 月 20 日 ~ 7 月 1 日

地點：運動能力診斷與訓練調整中心

三、後測 (T2)

日期： 2016 年 7 月

時間：7 月 4 日-7 月 5 日

地點：國立體育大學田徑場及運動能力診斷與訓練調整中心

第三節 實驗儀器與設備

- 一、德國 hp 高速度跑步機一台
- 二、跑步機訓練安全背帶一條
- 三、德國製血糖乳酸分析儀 (Diagnostic Biosen C-line ; EKF-diagnostic)
- 四、採血工具 (採血針一盒、七支毛管及紅血球破壞劑)
- 五、i-Heart 心跳錶
- 六、SEIKO 碼錶
- 七、場地 (標準田徑場、運動能力診斷與訓練調整研究中心 (SPDI))
- 八、力量訓練器材 (滑輪下拉、坐姿股四頭肌、坐姿手推舉、俯臥腿彎曲、蝴蝶機、坐姿腿推舉等器材)

第四節 實驗設計與流程

研究試驗分為測試與訓練兩項，實驗流程如圖 3-4-1 所示。測試項目分為 2 x 100 m 分段速度及閾值耐力兩項測試。2 次短距離 100 m 分段速度測試，在標準 400 m 運動場進行，休息間隔為 20 min。第二項閾值耐力以 (Mader et al., 1976) 階梯式負荷方式進行，開始速度為 2.5 m/s，每階持續時間 5 min，每階間歇 30 s (記錄心跳率與採集血液乳酸)，每次速度上昇 0.5 m/s。測試進行至個人的最大速度為止。訓練週期為兩週，每週訓練五天。訓練內容如表 3-4-2 所示。測試內容與訓練數據收集如下：

一、2 x 100 m 分段速度：

測試前進行熱身 (Warm up) 20 min，再休息 5 min 即開始進行測試。數據收集為心跳率與速度兩項。心跳率以 i-Heart 心跳率偵測器全程記錄，速度則在每 10 m 架設紅外線速度感應器一個，作為分段速度時間收集。2 次 100 m 測試休息間隔 20 min。

二、有氧-無氧閾值耐力測試：

測試工具為跑步機與 i-Heart 心跳率偵測器。測試前帶上心跳率偵測儀器，並在耳垂採集 10 μ l 血液，作為乳酸分析。跑步機開始速度為 2.5 m/s (9 km/h)，跑步時間為 5 min，每次間歇 30 s (記錄心跳率與採集 10 μ l 血液)。每次速度增加 0.5 m/s (1.8 km/h)，測試進行至個人最大負荷為止。血液採集只需扎針 1 次，即可做連續採集，耳垂擠壓 5 次，血液總採集量為 50~60 μ l。

三、訓練數據收集：

訓練內容包含跑步機速度訓練與力量訓練兩項，兩項訓練中間休息 20 min，訓練生物參數收集為心跳率與乳酸，收集時間在每週星期一與星期五。跑步機訓練範圍為 2 組 2 次 8.0 m/s，負荷時間為 13 s，組間休息 5 min，每次間歇休息 2 min。血液乳酸採集時間為訓練前 (R) 與跑步機第一組 (Set-1)、第二組

(Set-2) 訓練結束，與恢復期第 3 min (E3)、第 7 min，扎針 1 次，耳垂擠壓 5 次，每次 $10\mu\text{l}$ 。力量訓練範圍為 3 組 20 下 (3 上肢、3 下肢交替)，動作依序為滑輪下拉、坐姿股四頭肌、坐姿手推舉、俯臥腿彎曲、蝴蝶機、坐姿腿推舉等 6 個動作，組間休息 60 s，動作與動作之間不休息。力量訓練數據將透過 i-Heart 心跳率偵測器觀察心跳率，兩項訓練心跳率皆採全程記錄方式收集。總採血量如表 3-4-1 所示。

表 3-4-1 實驗總採血量

Test	La	總血量
個人閾值能力測試 (T1-T2)	R-1x-2x-3x-4x.....至最大速度為止	$60\mu\text{l} \times 2 = 120\mu\text{l}$
訓練測試 (星期一、星期五)	R-1x-2x-E3-E7	$50\mu\text{l} \times 2 = 100\mu\text{l}$
合計 $220\mu\text{l}$		

表 3-4-2 兩週訓練課表

	內容	訓練單元	
		1	2
Mon	目的	速度	力量耐力
	方式	重複	循環
	負荷	100 %	40%
	範圍	2 x 2 x 8 m/s (13s)	3 x 20 x 6 動作(3 上,3 下)
	休息	Set : 5 min, Rep : 2 min	Set : 60s
Tue	目的	無氧耐力	
	方式	持續跑速度變換	
	負荷	V2-V4-V2-V4	
	範圍	5-5-5-5 min	
	休息		
Wed	目的	速度	最大力量
	方式	重複	重複
	負荷	100 %	95 %
	範圍	2 x 2 x 8 m/s (13s)	3 x 5 (2 上肢, 2 下肢)
	休息	Set : 5 min, Rep : 2 min	Set : 60s
Thu	目的	無氧耐力	
	方式	持續跑速度變換	
	負荷	V2-V4-V2-V4	
	範圍	5-5-5-5 min	
	休息		
Fri	目的	速度	力量耐力
	方式	重複	循環
	負荷	100 %	40 %
	範圍	2 x 2 x 8 m/s (13s)	3 x 20 x 6 動作(3 上,3 下)
	休息	Set : 5 min, Rep : 2 min	Set : 60s

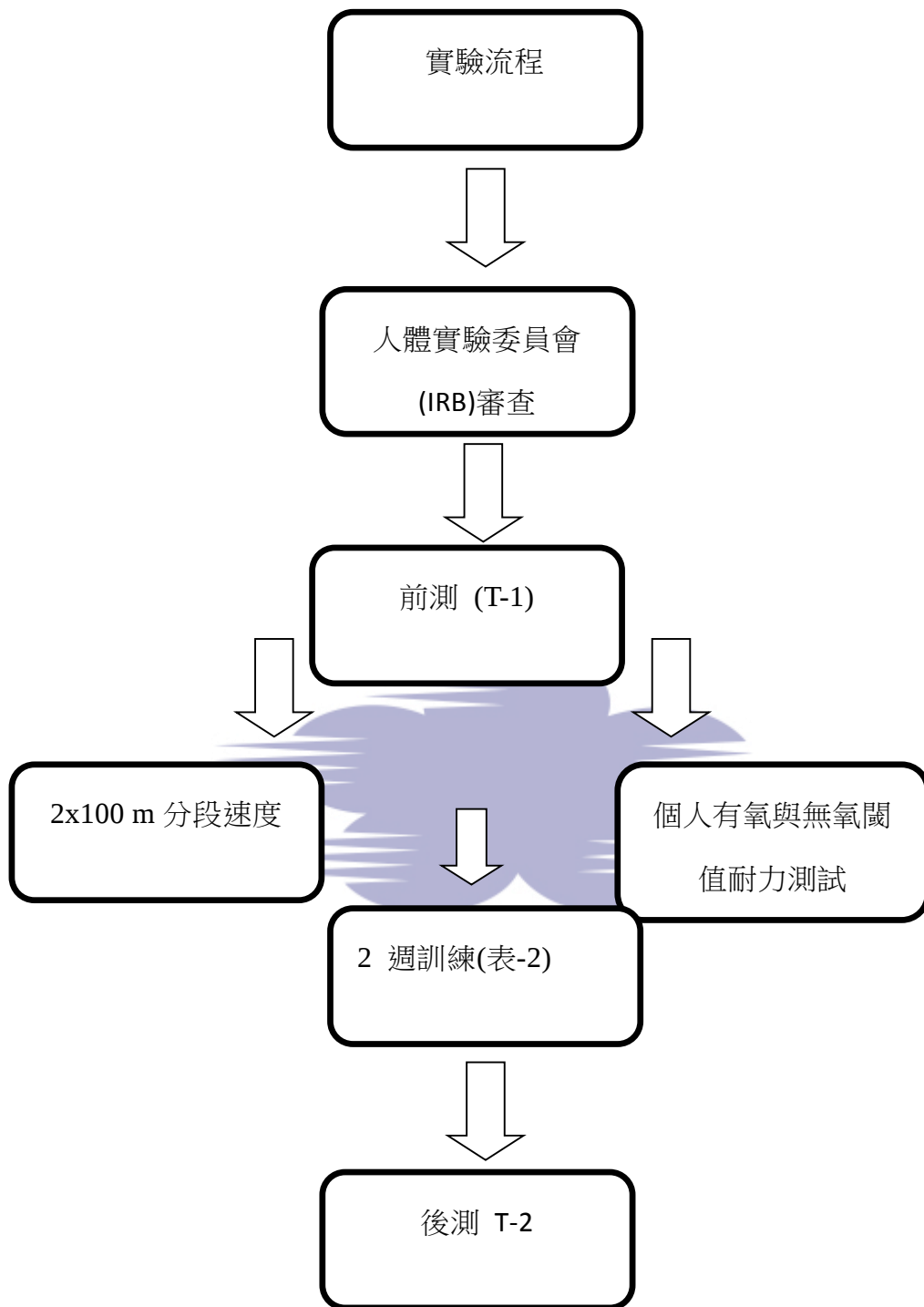


圖 3-4-1 實驗流程

第五節 資料處理與統計

- 一、 以 SPSS for windows 19.0 進行統計分析及 Singma 8.0 繪圖軟體製圖。
- 二、 以獨立樣本 t 考驗個別檢驗。
- 三、 所有數值以平均值 $\pm$ 標準差表示，統計水準訂為 $\alpha = .05$ 。



第肆章 結果分析與討論

第一節 兩週訓練血液乳酸與心跳率分析

一、兩週訓練血液乳酸分析

結果分析顯示訓練，第一週 (Tr-1w) 血液乳酸堆積在第一天 (Tr-1) 與第五天 (Tr-5) 訓練差異 -0.65 mmol/l (Set-1)，在 Set-2 則差異 -0.71 mmol/l 。Tr-2w 訓練乳酸濃度差異在 Tr-1 與 Tr-5 分別為 -0.15 mmol/l (Set-1)、 -0.29 mmol/l (Set-2)。恢復期第三分鐘 (E3) 與第七分鐘 (E7) 在 Tr-2w 乳酸濃度差異分別為 -0.73 mmol/l 、 $+0.24 \text{ mmol/l}$ 。如表 4-1-1 所示。

表 4-1-1：第一與二週訓練血液乳酸濃度分析

Training	訓練第一週 (Tr-1w)			訓練第二週 (Tr-2w)		
	Tr-1	Tr-5	Diff.	Tr-1	Tr-5	Diff.
Set-1	7.1	6.45	-0.65	5.41	5.26	-0.15
Set-2	7.4	6.69	-0.71	6.09	5.8	-0.29
E3	6.77	6.55	-0.22	6.6	5.82	-0.73
E7	5.7	5.25	-0.45	4.2	5.49	+0.24

圖 4-1-1 為兩週訓練血液乳酸濃度分析。兩週訓練 (Tr-1w、Tr-2w) 在 Tr-1 乳酸濃度差異 -1.69 mmol/l (Set-1)，Set-2 則差異 -1.31 mmol/l 。訓練第五天 (Tr-5) 血液乳酸在 Set-1 與 Set-2 差異則為 -1.19 mmol/l 與 -0.89 mmol/l 。

Tr-1w 在恢復期乳酸排除在 Tr-1 最大乳酸濃度 7.4 mmol/l 與最後採集血液恢復期第七分鐘 (E7) 為 5.7 mmol/l)，排除 -1.7 mmol/l。Tr-5 則最大乳酸在 6.69 mmol/l，恢復期第七分鐘 (E7) 乳酸為 5.25 mmol/l，排除 -1.44 mmol/l。Tr-2w 恢復期乳酸排除在 Tr-1 與 Tr-5 則分別為 -2.4 mmol/l、-0.33 mmol/l。

依據 Neumann 等人 (1991) 指出，競技運動員乳酸排除達 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{min}^{-1}$ 。本研究在運動訓練後乳酸恢復期未達排除 $0.5 \text{ mmol/l} \cdot \text{min}^{-1}$ ，但在乳酸堆積明顯延緩，此症狀可能是受試者在 T-2 (後測) 階梯式負荷的有氧閾值進步幅度較小。Weicker 等人 (1994) 研究指出乳酸排除快慢是依據個人有氧閾值能力，若排除能力越好則顯示有氧能力的提升，並可延緩乳酸快速堆積。

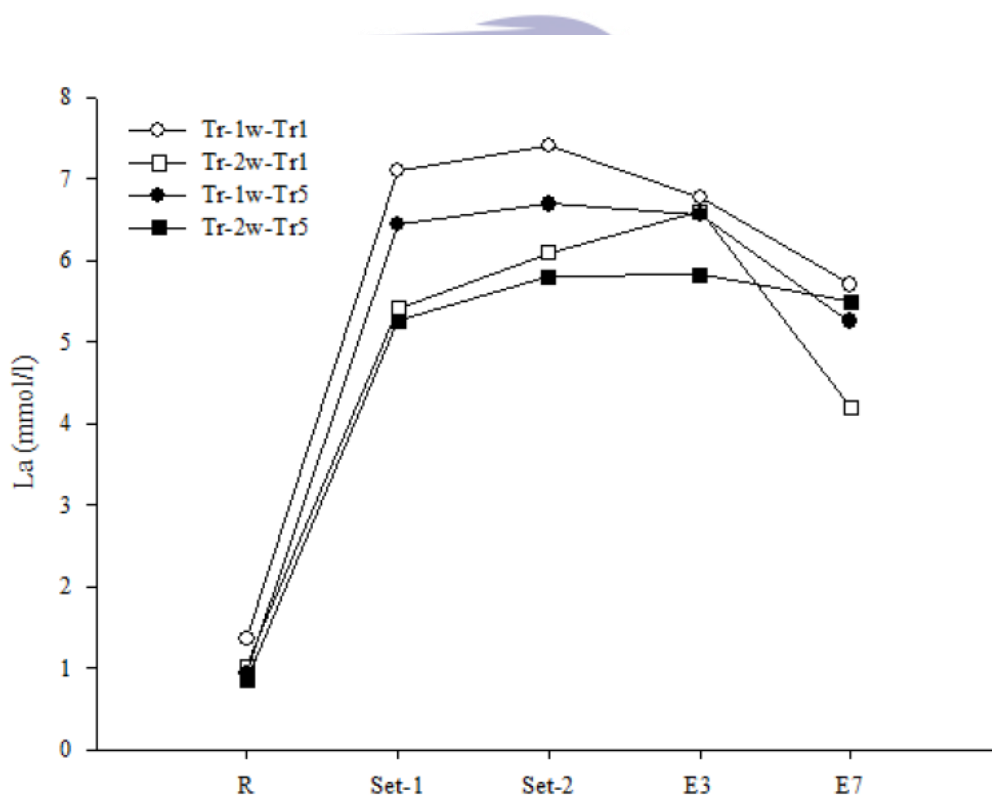


圖 4-1-1：兩週訓練血液乳酸濃度分析

二、兩週訓練心跳率分析：

結果分析顯示兩週訓練心跳率在第一個 Tr-1w 的第一天 (Tr-1) 與第五天 (Tr-5) 差異 -7 min^{-1} 與 -14 min^{-1} (Set-1)，在 Set-2 則差異 -19 min^{-1} 與 -9 min^{-1} 。Tr-2w 的訓練心跳率差異在 Tr-1 與 Tr-5 分別為 -12 min^{-1} 與 -12 min^{-1} (Set-1)、 -13 min^{-1} 與 -5 min^{-1} (Set-2)。恢復期第五分鐘 (E5) 在 Tr-1w 與 Tr-2w 分別差異為 -2 min^{-1} 與 -14 min^{-1} 。如表 4-1-2 所示。

表 4-1-2：第一週與第二週訓練心跳率分析

Training	2x2x8.0	訓練第一週 (Tr-1w)			訓練第二週 (Tr-2w)		
	m/s	Tr-1	Tr-5	Diff.	Tr-1	Tr-5	Diff.
Set-1	1x	189	182	-7	182	170	-12
	2x	191	177	-14	184	172	-12
Set-2	1x	192	173	-19	181	168	-13
	2x	190	181	-9	180	175	-5
Recovery	E5	115	113	-2	126	112	-14

圖 4-1-2 為兩週訓練心跳率分析。結果分析顯示第一週 (Tr-1w) 與第二週 (Tr-2w) 在第一天 (Tr-1) 訓練心跳率分別為 $191 \pm 1 \text{ min}^{-1}$ 與 $182 \pm 1 \text{ min}^{-1}$ ，兩者差異 -9 min^{-1} 。在第五天 (Tr-5) 訓練心跳率平均值分別為 $178 \pm 4 \text{ min}^{-1}$ 與 $171 \pm 2 \text{ min}^{-1}$ ，則兩者差異 -7 min^{-1} 。

心跳率對於運動訓練具有即時之反應 (Neumann & Berbalk, 1990)，由於在運動訓練的過程中，肌肉細胞產生大量的 CO_2 、乳酸及能量上的需求等，使得內分泌系統與神經系統做出相應調節，而透過運動訓練提升副交感神經的能力，進而降低心跳率。

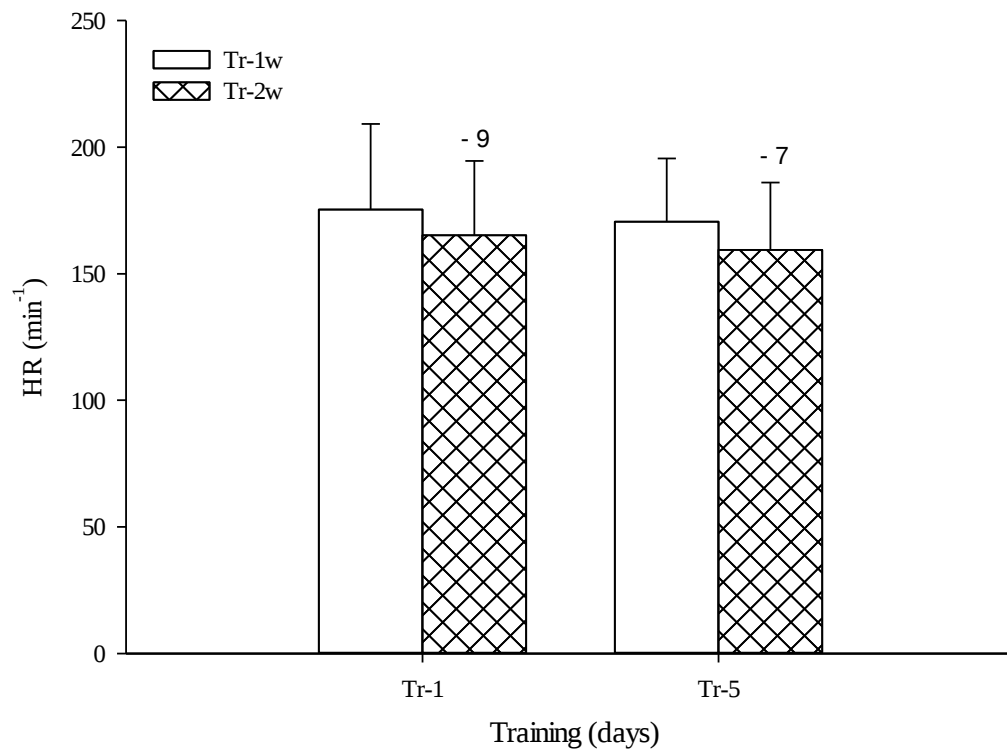


圖 4-1-2：兩週訓練心跳率分析

本研究結果發現第一週跑步機速度訓練與第二週訓練乳酸及心跳率都呈現下降趨勢，此現象為身體對外來相同的運動時間與負荷刺激而產生的適應症狀。

Neumann (1990) 指出在所有器官組織中，因外來負荷刺激最快產生適應的是心跳率的調節，以日為單位，其次是血液乳酸堆積與排除的能力，以週為單位，至於身體其他組織功能的適應，有些則是需要比較長的時間。

Heck 等人 (2002) 指出進行高強度間歇訓練時，因肌肉能量提供路徑的 90 % 為無氧狀態，促使粒線體呈現高度無氧循環，因此訓練後可提升肌肉磷

酸果糖激酶 (PFK) 的活性，將提升 ATP 的分解輸出，促使 ADP 和 AMP 的最佳化，持續無氧化學反應減少乳酸的堆積。

過去研究提到連續三天跑步機高強度間歇訓練快速改善選手的無氧耐力，蘇唯倫、陳佳慧、蕭敬衡、張嘉澤 (2015) 研究結果發現透過跑步機高強度間歇訓練對於跳遠選手無氧閾值及恢復乳酸曲線與心跳率之影響。

透過三天跑步機間歇訓練在第一天 (Tr-1) 恢復期最大乳酸達到 10.1 mmol/l，第三天 (Tr-3) 恢復期最大乳酸則達到 13.58 mmol/l，兩者差異為 +3.4 mmol/l，而無氧閾值 4 mmol/l 速度在前測 (T-1) 為 3.1 m/s，在後測 (T-2) 為 2.8 m/s，兩者差異為 -0.3 m/s。心跳率分析第一天 (Tr-1) 與第三天 (Tr-3) 平均值分別為 $183 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ 與 $178 \pm 6 \text{ min}^{-1}$ ，兩者差異為 -5 min^{-1} 。

綜合上述，本研究除了改善運動員在兩週訓練中適應且達到減少乳酸堆積與心跳率下降之生理症狀，並增進在高強度運動中的運動表現。

另外，Grosse 等人 (2001) 認為競技運動訓練主要在於不斷的進行身體結構的改變，並產生適應之效果，身體組織改變的適應是受到訓練計劃內容的影響，必須適當調整訓練時間與負荷劑量，其中以心跳率是生理反應中適應最快的生物參數。本研究實施高強度間歇訓練後乳酸堆積明顯排除及心跳率顯現下降，因此，在專項期如欲快速改善運動員無氧耐力，可以應用高速度跑步機進行訓練。

第二節 階梯式負荷上昇與有氧-無氧閾值耐力

圖 4-2-1 為 T-1 與 T-2 階梯式負荷上昇血液乳酸與心跳率分析。前測 (T-1) 與後測 (T-2) 在 2.5 m/s 的血液乳酸分別為 2.79 mmol/l 與 2.4 mmol/l，兩者差異 -0.39mmol/l，在 4 m/s 則分別為 6.93 mmol/l 與 6.76 mmol/l，兩者差異 -0.17 mmol/l。在心跳率方面，T-1 與 T-2 在 2.5 m/s 的心跳率分別為 153 min⁻¹ 與 148 min⁻¹，兩者差異為 -5 min⁻¹，在 4 m/s 則分別為 193 min⁻¹ 與 199 min⁻¹，兩者差異為 +6 min⁻¹。

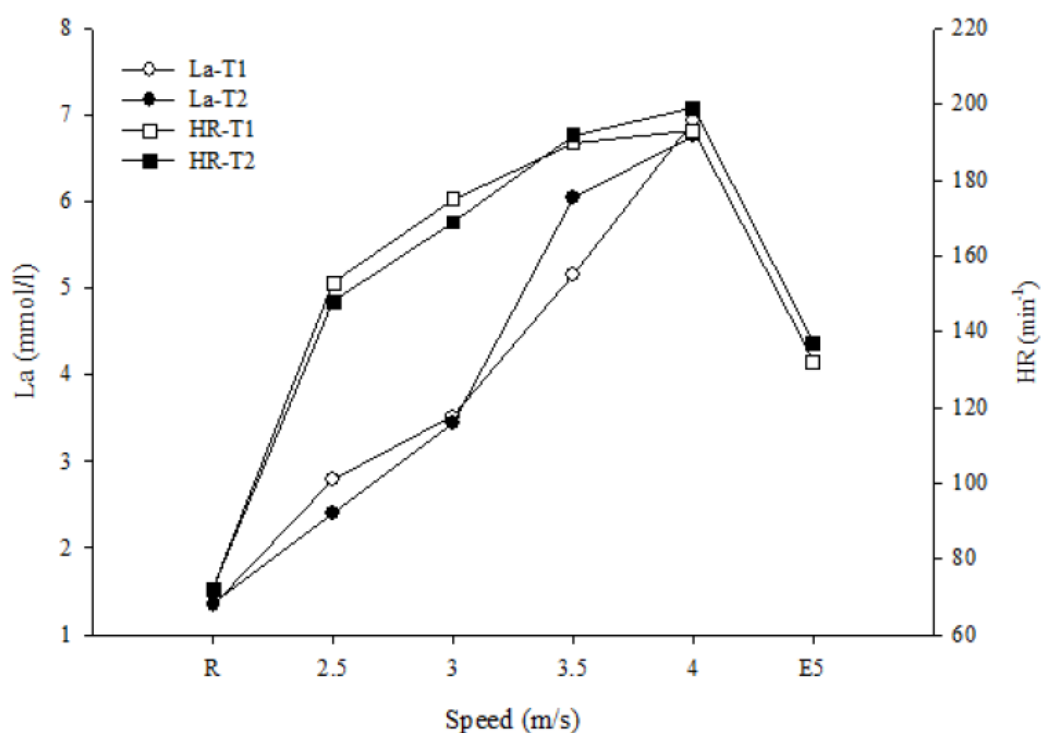


圖 4-2-1：階梯式負荷上昇血液乳酸與心跳率分析

結果分析顯示前測 (T-1) 有氧閾值 (2 mmol/l) 速度為 0.9 m/s，無氧閾值 (4 mmol/l) 速度為 3.1 m/s，心跳率分別為 109 min⁻¹ 與 184 min⁻¹，則後測 (T-2)

2 mmol/l 速度為 1.3 m/s，4 mmol/l 速度為 3.1 m/s，心跳率分別為 119 min^{-1} 與 177 min^{-1} ，其前後測兩者在 2 mmol/l 速度差異 +0.4 m/s，4 mmol/l 速度無差異，心跳率分別差異 $+10 \text{ min}^{-1}$ 與 -7 min^{-1} 。如表 4-2-1 所示

表 4-2-1：有氧-無氧閾值耐力分析

Test	2 mmol/l		4 mmol/l	
	m/s	HR	m/s	HR
Test-1	0.9	109	3.1	184
Test-2	1.3	119	3.1	177
Diff.	+ 0.4	+ 10	0	-7

本研究結果發現透過兩週跑步機訓練對於視覺障礙運動員的有氧-無氧閾值耐力前測與後測在有氧閾值速度分別為 0.9 m/s 與 1.3 m/s，兩者差異 +0.4 m/s，則無氧閾值心跳率分別為 184 min^{-1} 與 177 min^{-1} ，兩者差異 -7 min^{-1} 。

因透過 HIIT 高強度間歇訓練以獲得更高的生理刺激，提升 CP 的分解與再生，無氧醣酵解的積極化和快縮肌的纖維投入能力，增強心臟壓縮與呼吸的工作能力 (張嘉澤，2008)。Güllich 與 Schmidtbleicher (1999) 表示力量耐力除了能提高肌耐力，也能提高肌肉氧化酵素活性與肌纖維周邊微血管數量。

Mohr 等人 (2007) 以 13 名健康且具有運動習慣男性，比較 8 週的 6 秒衝刺訓練 (sprint training；ST) 及 30 秒強度設定為 $\text{VO}_{2\text{max}} 130\%$ 速度耐力訓練 (speed endurance training；SET) 的訓練效果之差異後，發現 SET 組可強化在間歇劇烈運動中肌肉鈉離子自我平衡能力，對於改善持續劇烈運動及高強

度間歇運動的表現有較好的效果。

過去研究提到透過一週高強度訓練對基礎耐力之影響，在余進益與張嘉澤 (2016) 研究結果發現透過一週高強度訓練後對於有氧-無氧閾值耐力之影響，在有氧閾值速度 (2 mmol/l) 前測 (T-1) 與後測 (T-2) 平均差異為 +0.1 m/s，則無氧耐力閾值速度 (4 mmol/l) 平均差異為 -0.1 m/s，則心跳率平均分別差異為 -6 min⁻¹ 與 -7 min⁻¹。此現象可能是一週連續五天的高強度間歇訓練，因此造成運動員沒有適應效果而產生疲勞。

因此，運動員想要維持或延長高速度運動的時間，其肌肉能量提供必須具備高度的 PFK 酵素活性，以提昇無氧醣酵解效率。而無氧閾值能力愈好，在高強度負荷下，乳酸濃度則愈低，且能夠維持肌肉的力量輸出品質。

武淑惠和張嘉澤 (2014) 以 4 名成人健康者進行短距離衝刺及個人無氧閾值測試，研究發現無氧閾值速度 (4 mmol/l) 介於 1.3-3.6 m/s，最大乳酸堆積則介於 4.0-6.1 mmol/l 之間。結果顯示無氧閾值能力與最大乳酸濃度呈現負相關，此症狀顯示無氧閾值愈高，其最大乳酸濃度越低。

綜合上述，無論訓練週期或訓練模式改善運動員的能力，本研究是以兩週跑步機與力量訓練的模式執行訓練，除了改善視覺障礙運動員的有氧-無氧閾值耐力外，也助於增進在高強度訓練中的訓練效果。

第三節 短距離 100 m 高速度穩定分析

圖 4-3-1 為短距離 100 m 分段速度與秒數分析。前測與後測的秒數平均分別為 13.4 s 與 12.6 s，兩者差異 -0.8 s，則分段速度平均分別為 7.7 m/s 與 8.1 m/s，兩者差異為 +0.4 m/s。結果分析顯示前測與後測在 10 m 分段速度分別為 4.97 m/s 與 5.37 m/s，兩者差異 +0.39 m/s，前測與後測在 30 m 分段速度分別為 7.62 m/s 與 8.56 m/s，兩者差異 +0.94 m/s，則最後 90 m 分段速度分別為 7.15 m/s 與 8.51 m/s，兩者差異 +1.36 m/s。如表 4-3-1 所示。

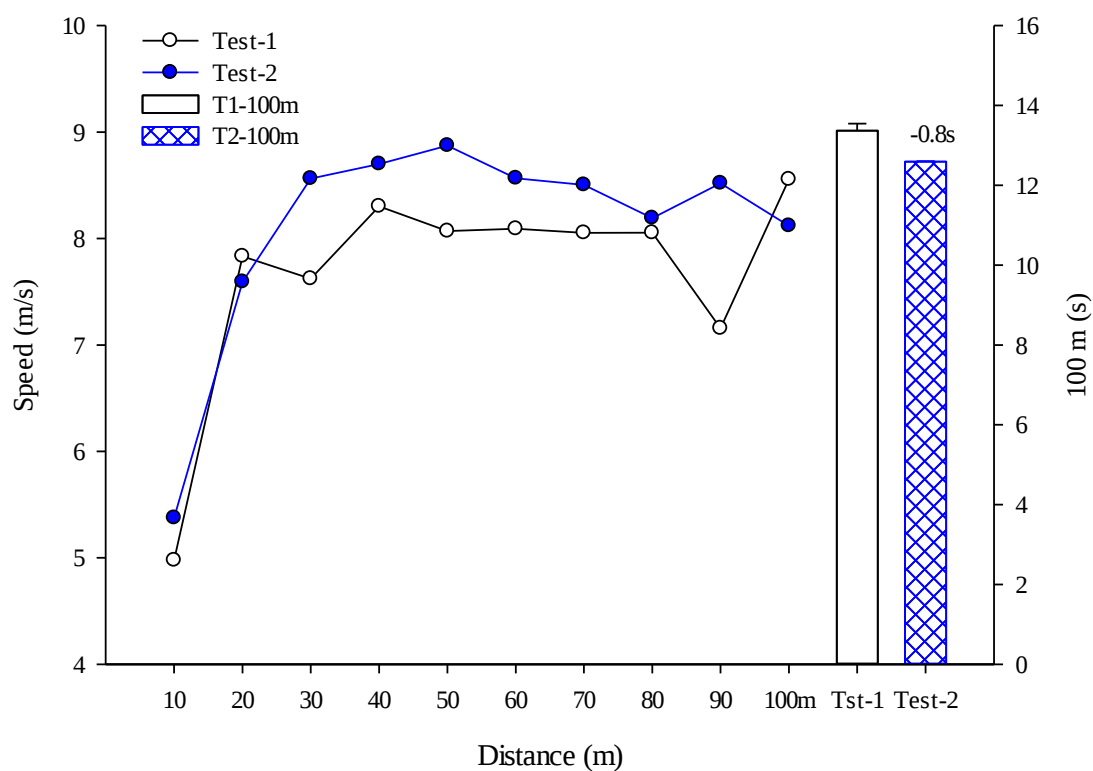


圖 4-3-1：短距離 100 m 分段速度與秒數分析

表 4-3-1：前測與後測兩次 100 m 測試分段速度分析

Rep	Distance (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
T-1	4.97	7.83	7.62	8.30	8.07	8.09	8.05	8.05	7.15	8.55
T-2	5.37	7.59	8.56	8.70	8.87	8.56	8.50	8.19	8.51	8.11
Diff.	+0.39	-0.23	+0.94	+0.39	+0.8	+0.47	+0.45	+0.13	+1.36	-0.43

透過兩週訓練後發現 100 m 高速度穩定效果顯現改善，以分段速度 10-50 m 分析發現在前測最高速度出現在分段速度 40 m，後測則出現在分段速度 50 m，雖然後測分段速度上昇，但是從 50 m 出現最高速度後無法維持穩定的狀態 (steady state)，此現象為速度能力明顯改變，速度耐力能力卻不足。

本研究結果發現透過兩週跑步機訓練對於視覺障礙運動員在前測與後測的 100 m 高速度穩定兩者秒數進步 0.8 s，分段速度平均進步 0.4 m/s。此現象為透過兩週跑步機訓練使得受試者高肌肉收縮循環提升，肌內與肌間組織更加協調。

在過去研究指出速度訓練可以使肌肉與組織間增加神經傳導速度，使更多肌肉能夠精準的參與動作的進行 (Neumann & Hottenrott, 2002)。Harre (1986) 指出欲提昇速度能力必須具備肌肉力量與快速收縮耐力，因此，本研究以跑步機訓練與力量耐力的訓練組合作為肌肉在維持高速度收縮的表現。

Rost 等人 (1982) 在跑步機上進行運動治療發現，股二頭肌 (Biceps femorism.)、半腱肌 (Semimembranousm.) 與內縮大肌 (Adductor magnusm.) 之肌群動員增加，會使大腿肌肉收縮拮抗作用更協調。特別是在跑步機上進行高速度訓練，可以增強大腿後腿肌群之收縮速度 (Dietz, 2000)。

綜合上述，提昇速度能力必須具備肌肉力量及快速收縮耐力，因此，本研究透過兩週高速度跑步機訓練增強大腿肌群收縮速度且拮抗作用更加協調，使得在 100 m 高速度之肌肉收縮循環提昇，且改善延後最高速度出現之距離。近年來由於比賽規則大幅改變，無論是循環式(游泳、田徑等)或非循環式(球類、技擊類等)運動項目，速度能力是最主要影響勝敗的關鍵，而透過高速度跑步機的訓練生理機轉，刺激肌肉在一定速度上的收縮模式，提昇速度表現最佳的訓練效果。

本研究發現個案之視覺障礙運動員速度表現提昇，有氧-無氧閾值耐力進步，如表 4-3-2 為後測數據總整理。

表 4-3-2 後測數據總整理

	T-2	Effect		Diff
100 m 分段速度 分析	Speed	↑		+0.4 m/s
	秒數(s)	↓		-0.8s
有氧-無氧閾值 耐力測試	Speed	2 mmol/l	↑	+0.4 m/s
		4 mmol/l	↓	—
	HR	2 mmol/l	↑	+10 min ⁻¹
		4 mmol/l	↓	-7 min ⁻¹

第伍章 結論與建議

本研究目的為探討短期跑步機訓練對視覺障礙運動員 100 m 高速度穩定與有氧-無氧閾值耐力之效果，將進行測試及兩週的訓練計劃，研究結論如下：

透過兩週跑步機訓練對視覺障礙運動員在有氧-無氧閾值耐力顯現改善，有氧閾值速度上昇，則無氧閾值心跳率為下降。因此，視覺障礙運動員藉由短期跑步機訓練與力量訓練的訓練組合，其基礎耐力（有氧-無氧閾值耐力）之效果改善，提昇身體在訓練與比賽中抵抗疲勞之能力，使得增進運動表現。

透過兩週跑步機訓練對視覺障礙運動員在 100 m 分段速度顯現進步，後測分段速度平均呈現上昇，則秒數平均低於前測，因此，欲改善速度能力，除了需具備肌肉快速收縮能力外，還需肌肉力量能力來維持速度穩定，視覺障礙運動員之速度訓練可藉由高速度跑步機提昇肌肉收縮循環，力量耐力增強身體對高力量衝刺的能力，增加在 100 m 高速度穩定之效果。

參考文獻

一、中文部分：

中華民國殘障體與運動總會。身心障礙運動員體位分級準則，from

<http://www.bocciataiwan.org/dctfiles/ClassificationCriteria.pdf>。

江志忠 (2008)。優秀視障運動教練領導行為之研究-以標槍、柔道、游泳為例。

中國文化大學運動教練研究所碩士論文。

余進益 (2016)。一週高強度訓練對青少年角力選手適應與閾值耐力之影響。桃

園市：國立體育大學競技學院競技與教練科學研究所碩士論文。

杜正怡、陳弘烈、卓俊伶、關月清等譯 (2000)。融合式適應體育教學。台北市：

國立台灣師範大學學校體育研究與發展中心。

武淑惠、張嘉澤 (2014)。無氧閾值對最大乳酸堆積之影響。Paper presented at the

運動教練科學春季學術研討會。國立體育大學。

邱奕棠、李黛安、陳佳慧、張嘉澤 (2012)。無氧閾值速度對最大乳酸堆積之影

響。Paper presented at the 中華民國運動教練協會春季研討會。

張嘉澤 (2014)。訓練學。新北市：臺灣運動能力診斷協會。

陳佳慧、王月琪、黃雅陵、張嘉澤 (2013)。徑賽 200 公尺及 400 公尺分段速

度對成績與最大乳酸之研究。臺灣體育學術研究，54, 23-40.

陳淑華、張嘉澤 (2011)。2 mmol/l 閾值速度對 5000m 速度穩定之影響(個案探討)。Paper presented at the 國際體育運動與健康休閒學術研討會。台北市銘傳大學。

黃景星 (2005)。視覺障礙者保齡球適應性教學之研究。台南女院學報。24, 569-586.

黃雅陵、楊孟龍、張嘉澤 (2007)。女子短距離選手下肢力量與速度穩定性之探討。Paper presented at 銘傳大學國際體育運動與健康休閒發展學術研討會。

萬明美，簡介視覺障礙。from <http://disable.yam.org.tw/book/export/html/483>

賴復寰編著 (1990)。殘障體育概論。台北:正中書局。

蘇唯倫、陳佳慧、蕭敬衡、張嘉澤 (2015)。跑步機高強度間歇訓練對跳高選手無氧閾值耐力、恢復期乳酸曲線之影響，Paper presented at the 國際教練科學研討會。國立體育大學。

黃文傑 (2003)。視覺障礙學生下階梯動作與垂直跳動作之研究。臺北市：中國文化大學出版部。

二、外文部分：

Bompa, T. (1999). *Periodization training for sports*. Canada: Human Kinetics.

Delecluse, C. (1997). Influence of strength on sprint running performance. *Sports Med*, 24, 10.

Federation, I. B. S., from <http://www.ibsasport.org/>

I.Volkov, & Lapin, I. (1979). Analysis of the velocity curve in sprint running.

Medicine and Science in Sports and Exercise, 11(4), 332-337.

- Ross, R., Ratamess, A., Hoffman, R., Faigenbaum, D., Kang, J., & Chilakos, A. (2009). The effects of treadmill sprint training and resistance training on maximal running velocity and power. *Department of Health and Exercise Science*, 23(2), 10.
- Rost, R., & Hollmann, W. (1982). *Belastungsuntersuchungen in Praxis*: Stuttgart:Thieme Verlag.
- Saltin, B., Nilsson, S., & Renstrom, P. (1986). *The physiological and biochemical basis of aerobic and anaerobic capacities in man; effect of training and range of adaption*. Paper presented at the Sports Medicine: Proceedings from the Second Scandinavian Conference in Sports Medicine, Maehlum.
- Schmolinsky, G. (2000). *Track and Field: The East German Textbook of Athletics*. Toronto: Sport Book.
- Sinning, W., & Forsyth, L. (1970). Lower-limb actions while running at different velocities. *Medicine and Science in Sport*, 2(1), 28-34.
- Wassnermann, K., Whipp, J., Koyal, N., & Beaver, L. (1973). Anaerobic threshold and Respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol*, 35, 236-243.
- Zierz, S., & Jerusalem, F. (2003). *Muskelerkrankungen*: Georg Thieme Verlag.