

國立體育學院教練研究所碩士論文

震動訓練與跳繩訓練對棒球選手跑壘速度
及反應時間之影響

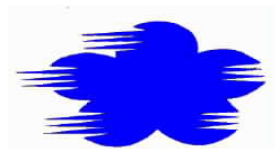
**The Effect of Vibration and Jump Rope Training on Base-running
Velocity and Reaction Time to Baseball Players**



指導教授：張嘉澤 博士

研 究 生：莊廷玉 撰

中 華 民 國 九 十 六 年 六 月



國立體育學院
NATIONAL COLLEGE OF PHYSICAL EDUCATION
AND SPORTS TAIWAN REPUBLIC OF CHINA

震動訓練與跳繩訓練對棒球選手跑壘速度 及反應時間之影響

摘 要

本研究目的是探討 20 天震動訓練與跳繩訓練對棒球選手下肢動力(CMJ)、起跑反應時間、擊球後至一壘跑壘速度、擊球後 5m 跑壘速度之影響。以 26 位成棒（大學甲組、職業棒球隊替代役男）選手為研究對象，平均年齡、身高、體重為 22.3 ± 2.46 yr、 174.6 ± 4.51 cm、 79.23 ± 7 kg。前測(T-1)共有 4 個項目，其中 CMJ、起跑反應時間測試屬於基礎運動能力檢測；擊球後至一壘跑壘速度、擊球後 5m 跑壘速度測試屬於專項運動能力檢測。依前測下肢動力(CMJ) 測試之成績，以序列方式將研究對象分為震動訓練(A)組與跳繩訓練(B)組(每組各 13 人)。A、B 組開始進行 20 天訓練，每 10 天進行 4 次訓練，訓練間隔至少 1 天，熱身完進行本實驗之訓練。A 組接受震動頻率 40Hz、震幅 2mm 之震動刺激，以 2 種動作進行 5 組，每組 60s，組間休息 40s 的震動訓練。B 組以個人最佳表現來進行 2 組×5 次×10s 的跳繩訓練，組間休息 2 分鐘，次與次間休息 30s。第 10 天進行中測(T-2)，第 20 天進行後測(T-3)。結果顯示：A、B 組經過 20 天訓練後 CMJ 皆顯著進步($p < 0.001$ 、 $p < 0.01$)，組間未達顯著差異；A、B 組反應時間皆顯著進步($p < 0.001$)，組間未達顯著差異；A、B 組擊球後至一壘跑壘速度皆顯著進步($p < 0.001$)，A 組優於 B 組 0.32 m/s ($p < 0.05$)；A 組擊球後 5m 跑壘速度顯著進步 ($p < 0.01$)，B 組有進步但未達顯著，A 組優

於 B 組 0.34 m/s ($p<0.05$)。本研究結論為震動訓練與跳繩訓練能增進棒球選手 CMJ、起跑反應時間、擊球後至一壘跑壘速度、擊球後 5m 跑壘速度，但只有擊球後至一壘跑壘速度和擊球後 5m 跑壘速度在組間達顯著差異。

關鍵詞：震動訓練、跳繩訓練、跑壘速度、反應時間、牽張縮短循環理論、張力性震動反射



The Effect of Vibration and Jump Rope Training on Base-running Velocity and Reaction Time to Baseball Players

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of 20 days vibration training and jump rope training on baseball players' lower limbs' power (CMJ), take-off reaction time, base-running velocity from home to first after batting and 5m base-running velocity after batting of baseball players. Twenty-six adult baseball players (excellent university and substitute service of professional baseball teams) were involved in this study with the average age and height weight were 23 ± 2.46 yr, 174.6 ± 4.51 cm, and 79.23 ± 7 kg, respectively. Pretest (T-1) included 4 tests. The CMJ and take-off reaction time was basic test of sport capacity, base-running velocity from home to first after batting and 5m base-running velocity after batting were specific test of sport capacity. Subjects was divided to group A (vibration training) and group B (jump rope training by CMJ performance in matched-pair designed (each group have 13 people). Group A and B started 20 days training, there were 4 times training in 10 day and separated at least 1 day. Group A were stimulated by vibration frequency at 40Hz, and amplitude at 2mm, in 2 movements of vibration training and proceeded 5 sets, each set performed 60s, and set rested 40s. Group B proceed 2 sets $\times$ 5 times $\times$ 10s of jump rope training by personal best performance, set rest interval was 2 min, and each

time rest 30s. Middle-test (T-2) was proceeded in 10 days and posttest (T-3) was proceeded after training. Results showed that CMJ of Group A and B had significant improvement after 20 days training ($p<0.001$ 、 $p<0.01$), but there was no difference between groups. Reaction time of Group A and B were significant improvement ($p<0.001$), but there was no difference between groups. Base-running velocity from home to first after batting of group A and B were significant improvement ($p<0.001$) and group A was significant higher than group B to 0.32 m/s ($p<0.05$); 5m base-running velocity after batting of group A was significant improvement ($p<0.01$), but group B was not significant improvement and group A was significant higher Group B in 0.34 m/s ($p<0.05$). Conclusions of the study were vibration and jump rope training can improve CMJ, take-off reaction time, base-running velocity from home to first after batting, 5m base-running velocity after batting, but base-running velocity from home to first after batting and 5m base-running velocity after batting were significant different between groups.

Key words: vibration training, jump rope training,
base-running velocity, reaction time, SSC, tonic
vibration reflex

致 謝 詞

本論文得以完成，首先感謝指導教授張嘉澤博士的悉心指導，在此致上由衷的感謝。論文蒙口試委員台灣體育學院呂欣善教授、國立體育學院湯文慈副教授及詹元碩助理教授的批閱斧正，提供許多寶貴建議，使我獲益良多，特置卷首，敬申謝意。

承蒙本實驗的教練－中信鯨職業棒球隊李來發教練、國立體育學院龔榮堂教練、林基豐教練、陳炫琦教練等鼎力協助，以及感謝台北市立體育學院運動器材科技研究所相子元教授、婉菁學姊的實驗儀器提供，使研究能如期進行。實驗的檢測更感謝所有台灣運動能力診斷小組 (SPDI) 的成員，因為有妳(你)們的協助使得檢測能順利進行。兩年碩士生涯中，特別感謝所上的師長季力康所長、湯文慈老師、張嘉澤老師的教導與協助，以及助教月娥姐、鱗棋學長、錠堯學長、金龍兄、佳慧、嘉吉、煥清、建達等人的幫忙與鼓勵，這些都是我能夠順利取得碩士學位的助力，在此致上十二萬分的敬意與謝意。

最後要感謝的是家人給我的支持，母親辛苦供我順利完成學業，是我最大的支助。願以此論文獻給我所有的師長與親友！

作者簡介

姓 名：莊廷玉

性 別：女

出生日期：1981 年 5 月 7 日

學 歷：南台科技大學財務金融科
國立體育學院運動技術學系
國立體育學院教練研究所

經 歷：2005 中華職棒代訓藍、紅隊球隊管理
2006 中信鯨職業棒球隊教練團助理

主修領域：運動訓練學、運動能力診斷與負荷

發表著作：

- 1.莊廷玉、李來發(2007)。2005 年莊勝雄棒球教室－投手訓練實務介紹。大專體育，第 88 期，43-50。
- 2.莊廷玉、高英傑、李來發(2007)。單次不同負荷範圍震動訓練對下肢動力反應之影響。中華民國大專院校 96 年度體育學術研討會。
- 3.莊廷玉(2007)。棒球比賽投手生理負荷反應探討。2007 年銘傳大學國際體育運動與健康休閒發展學術研討會。
- 4.莊廷玉、高英傑、陳建達、李來發(2007)。不同守備位置之棒球選手反應時間差異之研究〔摘要〕。2007 體育專業發展與運動休閒趨勢研討會海報發表，台中市。

- 5.莊廷玉、高英傑、陳建達、李來發(2007)。不同層級棒球選手下肢動力表現差異之研究〔摘要〕。2007 體育專業發展與運動休閒趨勢研討會海報發表，台中市。
- 6.Ting-Yu Chuang, & Wan-Chun Chen (2007, July). *The effects of droup jump performance of different test timing after varied vibration stimulus*. Poster session presented at the annual meeting of the XXI Congress of International Society of Biomechanics, Taipei.

術科專長：田徑（中長跑）、棒球、壘球



目 錄

第壹章 緒論

第一節	前言	1
第二節	研究背景與動機	2
第三節	研究目的	7
第四節	研究範圍與限制	8
第五節	名詞解釋	8

第貳章 文獻探討

第一節	棒球跑壘動作型態	10
第二節	震動訓練理論基礎	12
第三節	震動訓練在應用於運動訓練上之效用	14
第四節	牽張縮短循環理論	23
第五節	反應時間之相關研究	25
第六節	文獻探討總結	30

第參章 研究方法與步驟

第一節	研究對象	32
第二節	測試時間	33
第三節	測試儀器與設備	34
第四節	實驗方法與步驟	37
第五節	資料蒐集與處理	45

第肆章 結果與分析

第一節	基礎測試	47
第二節	專項測試	52
第三節	基礎能力與專項測試相關分析	57

第伍章 討論

第一節	下肢動力與跑壘速度之關係	63
第二節	下肢動力與反應時間之關係	66
第三節	反應時間與擊球後 5m 跑壘時間之關係	68

第陸章 結論與建議

第一節	結論	69
第二節	建議	71

參考文獻	72
------	----

附錄

附錄一	參與者同意書	82
附錄二	運動能力診斷疾病調查表	83

表 目 錄

表 3-1	參與者基本資料	32
表 3-2	實驗訓練測試時間表	33
表 4-1	A 組震動訓練下肢動力(CMJ) 三次測試平均值與標準 差	47
表 4-2	B 組跳繩訓練下肢動力(CMJ) 三次測試平均值與標準 差	48
表 4-3	A 組震動訓練反應時間三次測試平均值與標準差	50
表 4-4	B 組跳繩訓練反應時間三次測試平均值與標準差	50
表 4-5	A 組震動訓練擊球後至一壘跑壘速度兩次測試平均值 與標準差	52
表 4-6	B 組跳繩訓練擊球後至一壘跑壘速度兩次測試平均值 與標準差	53
表 4-7	A 組震動訓練擊球後 5m 跑壘速度兩次測試平均值與標 準差	55
表 4-8	B 組跳繩訓練擊球後 5m 跑壘速度兩次測試平均值與標 準差	55

圖 目 錄

圖 2-1	擊球後的起跑動作圖 -----	11
圖 2-2	震動式訓練的生理機轉圖 -----	13
圖 2-3	震幅示意圖 -----	14
圖 2-4	全身震動訓練組的六種姿勢圖 -----	15
圖 2-5	震動訓練組、控制組、固定腳踏車組對手握力、擺臂反 向垂直跳、柔軟度表現的改變百分比(%)-----	16
圖 2-6	肱二頭肌彎舉的震動訓練設備圖 -----	19
圖 2-7	肌肉彈性能儲存模型 -----	24
圖 2-8	反應時間、動作時間和整體反應時間之關係 -----	26
圖 2-9	Schmidt(1988)訊息處理模式三階段 -----	27
圖 3-1	全身性震動訓練器 -----	35
圖 3-2	全身性震動訓練器之控制面 -----	35
圖 3-3	Newtest 主機 -----	36
圖 3-4	Newtes 操作 PDA -----	36
圖 3-5	可摺疊式測力板 -----	37
圖 3-6	紅外線感應器組 -----	37
圖 3-7	下蹲跳測試 -----	38
圖 3-8	起跑反應時間測試場地設置圖 -----	40
圖 3-9	跑壘速度測試示意圖 -----	41
圖 3-10	震動訓練深蹲動作示意圖 -----	42
圖 3-11	震動訓練單腳站立動作示意圖 -----	42
圖 3-12	測試流程圖 -----	44

圖 4-1	三次測試 A 與 B 組 CMJ 平均值與標準差	49
圖 4-2	三次測試 A 與 B 組反應時間平均值與標準差	51
圖 4-3	兩次測試 A、B 組擊球後至一壘跑壘速度平均值與標準差	54
圖 4-4	兩次測試 A 與 B 組擊球後 5m 跑壘速度平均值與標準差	56
圖 4-5	A 組下肢動力與跑壘速度之關係	57
圖 4-6	B 組下肢動力與跑壘時間之關係	58
圖 4-7	A 組下肢動力與反應時間之關係	59
圖 4-8	B 組下肢動力與反應時間之關係	60
圖 4-9	A 組反應時間與擊球後 5m 跑壘速度之關係	61
圖 4-10	B 組反應時間與擊球後 5m 跑壘速度之關係	62



第壹章 緒論

第一節 前言

運動比賽中，能夠獲得比對手更高的分數，就是獲勝的關鍵，棒球比賽也是一樣。想要得分，打擊當然是最直接的關係，但封守對方得分機會的守備，與掌握先馳得點機會的跑壘，也有著不低於打擊的重要地位。上壘與進壘是棒球中得分的必須過程，因此跑壘速度快的選手，相對得分機會也高。

棒球比賽要得分，須完成四個壘包距離(120yd；109.7m)的跑壘，跑壘員需依序由本壘跑向一壘，經過二壘、三壘再回本壘才得分，並於比賽終了時，得分較多之球隊獲勝。跑壘為棒球比賽進攻方式之一，比賽時能否安全上壘、能否多進一個壘，對於勝敗具有決定性的影響。若球隊具有跑壘速度的破壞性，球員在任何情況下都能全速跑，會讓防守球員處理球的動作更加倉促。

棒球比賽中，速度與加速度能力對攻、守兩方都是很重要的。從進攻觀點來看，速度與加速度能造成對方守備員的壓力，且提供迅速敏捷的跑壘。從守備觀點來看，外野手要迅速移位接球的關鍵在於反應、速度與加速度能力，內野手移動距離雖短，也同樣需要反應、速度能力。善於跑壘的選手，在守備也將是優秀的防守者，不但能負起廣大的守備區域，也能在關鍵時刻守住失分的危機。

當打擊者擊出界內球或因四壞球被保送上壘時，立即成為跑壘員，此時需迅速跑向一壘。尤其是擊出內野滾地球時，反

應時間、速度、加速度的快慢會改變安全上壘(safe)或出局(out)的結果。

第二節 研究背景與動機

速度是運動時所需的最重要體能要素之一，在許多運動項目中具有決定性的影響(Bompa, 1999)。速度是代表單位時間的位移，通常測量方式採由單位時間內完成的距離所耗費的時間來計算。1845年現代棒球之父 Alexander Cartwright 訂立壘間距離為 90ft (27.432m)，這是棒球比賽中相當重要的規定，這距離適當的平衡了人類的跑速和投球能力，也由於這項規定在一百六十年後的今天仍未變更，所以又被稱為「黃金距離」。故跑壘速度可用完成壘間距離所耗費的時間來計算。

棒球依擊球後球的落點可分為內野安打、外野安打，其中內野安打由於球擊得不遠，大部分是一壘安打，且通常是跑壘速度快的打者才容易擊出，如目前在美國職棒大聯盟西雅圖水手隊的日籍球員鈴木一郎就是經常憑藉極佳的衝刺速度而擊出內野安打，2004年打破美國職棒大聯盟紀錄的262支安打中，有高達60支內野安打。上壘或出局往往決定於毫秒之間，因此，打者在擊球後需展現反應、速度和加速度能力。

棒球運動期的動作都是非常短暫、快速且具爆發性的(Kindall, 1992)。棒球運動中，除了打者從本壘跑至三壘或繞一圈回本壘(需13~20s)之外，無論是打擊、投球、守備、跑壘、盜壘、封殺等動作都是短暫間完成的。許多研究指出，棒球、壘球是一項需要肌力、速度、爆發力、耐力為基礎的運動

(Cloeman, 2000; Glasser & Brown, 1999; Murphy & Forney, 1997; Robertson, 1998)。且肌力與爆發力在棒球、壘球中，更是成功的關鍵要素。Bompa(1994)指出，棒球是屬於加速度及投擲力量(acceleration power & throwing power)的運動項目，乃是著重於爆發力的表現，強調力量與速度的結合。所謂爆發力(explosive strength)，又稱為快速肌力或速度力量(speed strength)，是力量和速度的乘積，指神經肌肉系統在最短時間產生最大力量的能力(Hakkinen, 1989)。為提升運動表現，可藉由改善肌力、速度來提升爆發力。最大肌力訓練的目的在於提高神經刺激效率(Allerheiligen 等, 1993; Zatsiorsky, 1992)，徵召較多數量的快縮肌運動單位，每一運動神經激發最適頻率以形成強直性收縮(tetanus)，運動單位形成同期化作用和減少神經抑制，達成所謂的肌內協調(intramuscular coordination)。漸增的慢速肌力動作強調的是肌內協調，快速的瞬發動作則是重視肌間協調(intermuscular coordination) (Zatsiorsky, 1995)。肌力的大小受肌間協調性、肌內協調、肌肉反應神經衝動所產生的力量等三因素影響，肌間協調性是運動時不同肌肉的交互作用，肌內協調性是運動員產生力量的關鍵(Zatsiorsky, 1968)。

棒球比賽中，跑壘速度是一項重要的因素，跑壘速度的增加與較高的下肢力量表現有顯著的相關(Jones, 2003)。而垂直跳的高度可做為預測下肢肌肉最大力量的測驗方式(Vandewalle, Peres, & Monod, 1987; Driss, Vandewalle & Monod, 1998)。澳洲運動學會(Australian Institute of Sport, AIS)也以垂直跳的高度來作為評估棒、壘球選手的下肢爆發力(Gore, 2000)。

跑壘速度是棒球專項體能的重要指標之一，2002 年美國快

式壘球教練協會(National Fastpitch Coaches Association, NFCA)指出，單壘間距跑及雙壘間距跑是最適合用來測驗跑壘速度的距離，澳洲國家運動中心也以此兩種壘距作為評估專項速度的測驗。

跑壘由起跑(start)、跑壘速度(speed)、滑壘(sliding)等三要素組成。速度能力顯現的組合有反應速度、加速能力、快速動作頻率(Martin, Carl, & Lehnertz, 1991)。其中起跑的反應能力對於攻擊、守備都很重要，佔棒球比賽中非常大的要素。起跑的目的在於最短時間內使身體產生動量。反應能力是影響起跑的主要因素，選手若能對外界刺激做出立即與正確的反應動作，在運動比賽中獲勝的機會必然較高。這種能力主要表現在速度性項目中，對運動成績具有決定性作用的關鍵動作，如棒球攻、守、跑的起跑反應。

在球速非常快的運動中，場上情況瞬息萬變，從刺激到反應的時間極短，亦即從刺激出現到引發動作反應之間是非常快速的，通常以毫秒計，故擁有快速的反應時間(Reaction Time，簡稱RT)，是優秀選手必須具備的。反應能力實際上是神經傳導速度的外在表現，當外在刺激作用於感覺器官後，隨即產生一系統興奮，即神經衝動，這種興奮衝動沿感覺神經抵達大腦皮質的感覺區，經過結合的聯絡，使運動區產生興奮，此興奮通常再由皮質運動區下行至脊髓的前運動神經元，使肌肉產生收縮，這整個過程的時間就是反應時間。

跑壘過程中，直線階段的跑壘與徑賽運動中的短距離跑相同(除了起跑外)，膝屈肌跑步動作屬於一種伸展與縮短運動(stretch-shortening exercise)，亦即所謂的週期性運動。在整個跑步過程中，下肢肌群始終處於向心與離心收縮狀態，分為

三階段：第一階段為離心收縮，從後跟著地期(heel strike)開始；第二階段為緩衝階段，腳掌著地期(stance phase)肌肉從離心收縮轉移至向心收縮；第三階段為向心收縮，是緊接在緩衝階段之後的足指推蹬期(toe-off)，直到腳掌離開地面。

Komi(1984)指出若要加強肌力表現，則必須針對神經及肌肉加以訓練，才能有效增強肌力。傳統機械式肌力訓練中皆以肌肉收縮模式設計訓練處方，分為等長(isometric)、等張(isotonic)、等速(isokinetic)，其中等長及等張式肌力訓練是最普遍且實用的方法，但傳統機械式肌力訓練對於神經適應方面的訓練成果有限。發展神經肌肉水準以促進動力的關鍵，在於最短時間內給予肌肉最大的衝擊。

Asmussen and Bonde-peterson(1974)針對SSC跳躍動作研究，結果證明離心之後馬上向心收縮可以提高向心力量，小幅度的角位移動作會產生較高的機械效率(mechanical efficiency)，能提高肌力和爆發力。其原因是肌肉利用了彈性能機制。肌肉離心作用時承受了負荷，此一負荷傳達至彈性組織並且儲存為彈性能，向心收縮時，彈性組織傳送所增加的能量以供其所需。並且牽張速度(stretch velocity)愈快時，偶聯時間(coupling time)愈小，則肌肉使用彈性能的能力愈好，所產生的力量和所完成的功就愈大(Asmussen & Bonde-peterson, 1974; Bosco, Viitasalo, Komi, & Luhtanen, 1982a; Bosco, Tarkka, & Komi, 1982b)。

當人體接受不同外來刺激時，中樞神經系統(central nervous system)會產生協調性的興奮，並刺激動作肌群，如此反覆刺激同一肌群，肌力在經過適當的刺激負荷訓練後，會促進協調性的興奮刺激，因此受刺激的動作肌群之肌力也隨之進

步。震動訓練(vibration training)是近年來被廣泛發展及研究的新神經肌肉訓練法，藉由機械震動的刺激激發身體感覺受器，如肌梭，進而增進 α 神經元的激活與肌肉收縮，最後得到肌肉表現的改善，其理論基礎為張力性震動反射(tonic vibration reflex, TVR)與Stretch-shortening Cycle (Bosco, Cardinale, & Tsarpla, 1999)。Hakkinen(1993)研究指出，以重的阻力及慢的收縮速率並不能有效的增進爆發力。以低負荷及高速率的方式訓練是發展爆發力的關鍵(Atha, 1981; Wenzel & Perfetto, 1992; Young & Bilby, 1993; Schmidtbleicher & Haralambie, 1981)。

近年來有諸多研究應用此訓練法，針對肌肉力量議題加以探討，此方法對運動表現的影響，研究結果皆獲得正面的效益(Bosco, Cardinale, & Colli, 1999; Issurin, Liebermann, & Tenenbaum, 1994; Issurin & Tenenbaum, 1999)。研究指出，震動訓練之肌力促進效果，對速度型之爆發力運動表現優於力量型之爆發力運動表現。另外，適當頻率的震動訓練，避免了身體與地面的衝擊，能降低運動傷害發生的風險。

跳繩是一種不受時間、空間、共同參與人數、年齡限制的全身性運動，其用具簡單隨手可得且所需費用亦少，適用於培養其他運動之基礎體能。跳繩的動作型態為連續跳躍，在跳躍的過程中，肌肉先做離心工作，然後立即做向心工作，這種離心收縮和向心收縮的結合，實際上完成了一種肌肉的自然機能，稱為Stretch-shortening Cycle (Komi, 1984)。

經由許多的研究發現，反射性運動能力的增進，是由於肌肉與肌腱彈性及神經肌肉牽張反射共同作用的結果(Komi, 1986)。棒球選手的專項動作型態是短暫且具爆發性，為了能有效增進爆發力水準，訓練的動作條件必須具有符合SSC機制的

肌肉收縮方式及順暢、快速且無減速的動作型態，以刺激神經啟動反射機制，改善肌肉神經組織在短時間內產生最大限度發揮力量的能力。如何設計適合並能有效增進棒球選手所需能力的訓練方法，促進棒球選手達到增進肌力、速度、爆發力及反應能力，為運動科學人員、教練及選手所需重視的課題。因此本研究欲探討以SSC為理論基礎的震動訓練與跳繩訓練對棒球選手跑壘速度及反應時間等反射性運動能力之影響。

第三節 研究目的

本研究以震動訓練與跳繩訓練作為訓練的方式，利用下肢動力 (counter movement jump, CMJ)、起跑反應時間 (take-off reaction time test)、跑壘速度做為訓練效果評估方法，探討 20 天震動式訓練與跳繩訓練方式前、中、後之訓練效果。其具體作法為：

- 一、探討 20 天震動訓練 (A 組)、跳繩訓練 (B 組)，對棒球選手各階段 (前測、中測、後測) 的基礎測試 (下肢動力、反應時間) 之影響，和 A、B 組之組間差異。
- 二、探討 20 天震動訓練 (A 組)、跳繩訓練 (B 組)，對棒球選手各階段 (前測、後測) 的專項測試 (擊球後至一壘跑壘速度、擊球後 5m 跑壘速度) 之影響，和 A、B 組之組間差異。
- 三、探討基礎能力與專項測試相關分析，包括：下肢動力與跑壘速度、反應時間與下肢動力、反應時間與 5m 跑壘速度之相關。

第四節 研究範圍與限制

本研究以 26 位成棒（大學甲組、職業棒球隊替代役男）選手為對象，分為震動訓練組與跳繩訓練組並進行 20 天分組訓練，探討其對下肢動力、反應時間、擊球後至一壘跑壘速度、擊球後 5m 跑壘速度之影響。訓練期間除了接受實驗設計之訓練外，仍照常接受例行訓練（技術、戰術、一般耐力等），為本研究主要限制與範圍。

第五節 名詞解釋

一、反應時間(reaction time, RT)

指有機體受到刺激作用後，到反應動作產生時所需時間，並不包含動作本身。

二、張力性震動反射(tonic vibration reflex, TVR)

在肌腹或肌腱上給予震動刺激造成此肌肉不自主性收縮。

三、牽張-縮短循環(stretch-shortening cycle, SSC)

許多運動中，身體各部位肌群受到外力作用而被拉長時，肌肉會先做離心收縮，然後再迅速先向心收縮，透過彈性能與伸張反射(stretch reflex)的機轉，使肌肉產生較大的瞬發力，這種先離心在向心的結合是一種自然動作型態，稱為牽張縮短循環。

四、伸張反射(stretch reflex)

是牽張縮短循環的重要機制，肌肉拉長時，肌肉中的肌梭受壓迫或主動情形下，藉由向心神經纖維傳導訊號，經過

反射弧，通知運動神經纖維盡快的收縮肌肉，所發生的反射。

五、彈性能(elastic energy)

當肌肉離心收縮時，部分肌肉張力由串聯的肌肉彈性組織所取代，並儲存更多的彈性能。當彈簧被拉長時，便會將彈性能儲存於其中，於向心收縮時釋放出來。彈性能儲存的大小會因肌肉伸展的長度和速度、離心收縮時間而有所差異。

六、爆發力(explosive strength)

所謂爆發力(explosive strength)，又稱為快速肌力或速度力量(speed strength)，是力量和速度的乘積，指神經肌肉系統在最短時間產生最大力量的能力。



第貳章 文獻探討

本章探討說明之前的學者所做的相關研究，共分成四節來說明：第一節，棒球跑壘動作型態；第二節，震動訓練理論基礎；第三節，震動訓練在應用於運動訓練上之效用；第四節，牽張縮短循環理論；第五節，反應時間之相關研究；第六節，文獻探討總結。

第一節 棒球跑壘動作型態

1845 年現代棒球之父 Alexander Cartwright 訂立壘間距離為 90ft (27.432m)，這是棒球比賽中相當重要的規定，這距離適當的平衡了人類的跑速和投球能力，也由於這項規定在一百六十年後的今天仍未變更，所以又被稱為「黃金距離」。故跑壘速度可用完成壘間距離所耗費的時間來計算。速度是運動時所需的重要體能要素之一，代表單位時間的位移，通常測量方式採由完成一段距離所耗費的時間來計算。加速度能力對每個守備位置都是重要的。除跑壘外，大多數運動項目要求運動員能有橫向移動 1-2 步或能向前 3-4 步延展的能力 (Coleman & Lasky, 1992)。

跑壘依行進路線可分為直線運動和直線、圓周混合運動。直線運動意旨一個壘間距離的跑壘，包含：一、打者擊出內野滾地球時，以一壘為目標進行衝刺跑；二、盜壘；三、由三壘衝回本壘。選手於直線上進行衝刺運動，此時期的動作原理由

兩個要素組成：起跑(圖 2-1)、加速。直線、圓周混合運動意旨二個以上壘間距離的跑壘，因涵蓋圓周運動，故不列入本研究中。

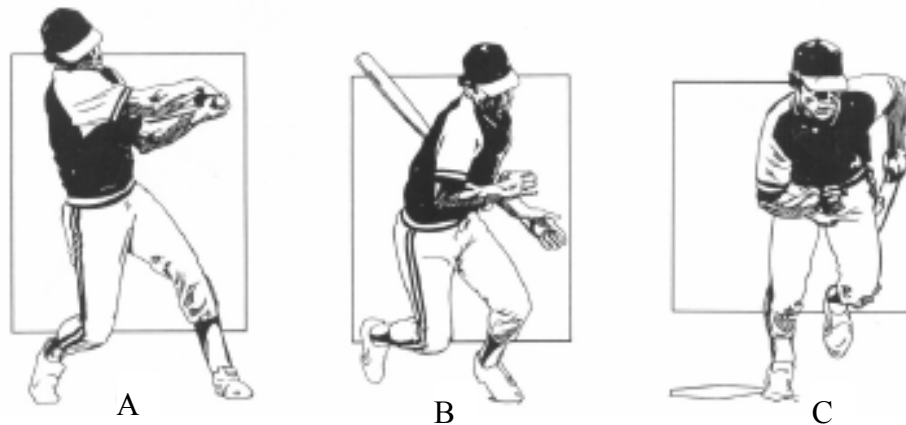


圖 2-1 擊球後的起跑動作圖

跑壘過程中，直線階段的跑壘與徑賽運動中的短距離跑相同(除了起跑外)，膝屈肌跑步動作屬於一種伸展與縮短運動(stretch-shortening exercise)，亦即所謂的週期性運動。在整個跑步過程中，下肢肌肉始終處於向心與離心收縮狀態，分為三階段：第一階段為離心收縮，從腳接觸地面開始；第二階段為緩衝階段，肌肉從離心收縮轉移至向心收縮；第三階段為向心收縮，是緊接在緩衝階段之後的推蹬動作，直到腳掌離開地面。

Jones(2003)指出，跑壘速度的增加與較高的下肢力量表現有顯著的相關。跑壘由起跑(start)、跑壘速度(speed)、滑壘(sliding)等三要素組成。過去研究中顯示，短距離跑由三個主要部分組成：反應時間(起動能力)、加速度、最快速度(Coleman & Lasky, 1992)。而速度能力顯現的組合有反應速度、加速能

力、快速動作頻率(Martin 等, 1991)。上述能力可應用於跑壘運動中。

第二節 震動訓練理論基礎

利用機械震動來誘發肌腹或肌腱產生非自發性收縮，稱之為張力性震動反射(tonic vibration reflex, TVR)。最初被運用在刺激癱瘓者的肌肉，發現震動刺激能激活肌肉的本體感受器，並反射引起肌肉的非自發性收縮，增加更多運動單位(motor units)的徵召(Eklund & Hagbarth, 1966)，與震動訓練的原理相同，以被動的方法讓肌肉反覆且快速地伸展與收縮，目前研究指出可能的機制如圖 2-2。

許多運動中，身體各部位肌群受到外力作用而被拉長時，肌肉會先做離心收縮，然後再迅速向心收縮，透過彈性與伸張反射(stretch reflex)的機轉，使肌肉產生較大的瞬發力，這種先離心再向心的結合是一種自然動作型態，Komi(1984) 牽張縮短循環(Stretch-shortening Cycle, SSC)。張力性震動反射及增強式訓練的牽張縮短循環的機制類似，當本體感受器受到刺激，肌梭會因刺激立即產生強烈的興奮訊號，透過 Ia 感覺神經纖維，以最快的時間傳送到脊髓的 α 運動神經纖維，再傳送至骨骼肌纖維，引起肌肉非自主反射性收縮，反射路徑僅包含肌梭內 Ia 感覺神經及同側被活化的運動神經單突觸或多突觸路徑(monosynaptic pathway)(Romaiguere, Vedel, Azulay & Pagni, 1991)。牽張的長度或速度越快，則牽張反射的肌電反應越激烈。

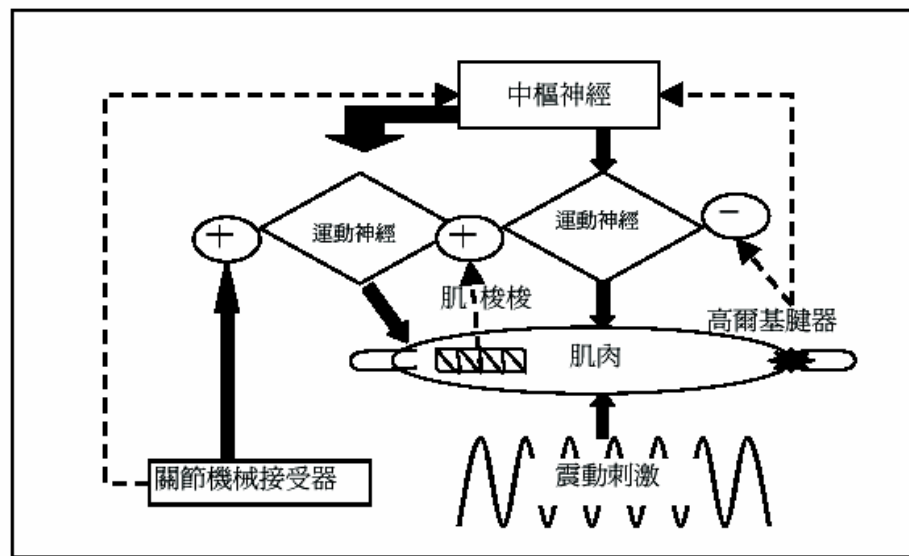


圖 2-2 震動式訓練的生理機轉圖(Cardinale& Bosco, 2003)

許多運動科學研究中指出，以重的阻力及慢的收縮速率並不能有效的增進爆發力(Hakkine, 1993)。因此以低負荷及高速率的方式訓練是發展爆發力的關鍵，如震動訓練。

震動訓練的負荷強度決定於機械震動的頻率與震幅(Luo 等, 2005)，震動頻率(frequency)是指單位時間內所產生的週期，單位為 Hz ($\text{cycles} \cdot \text{sec}^{-1}$)，震幅(amplitude)是指週期性運動中，最大值與最小值差的一半(圖 2-3)。

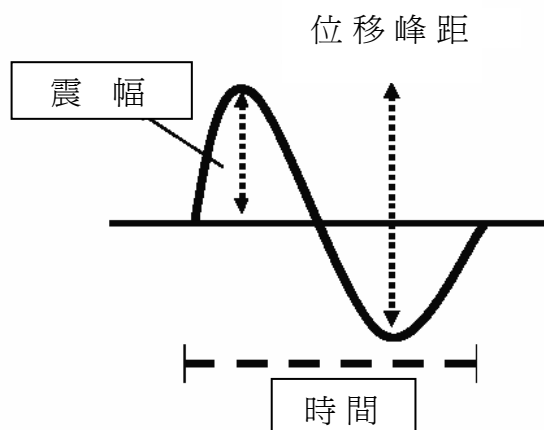


圖 2-3 震幅示意圖

第三節 震動訓練在應用於運動訓練上之效用

人體對於震動刺激的反應取決於三種因素：1.震動幅度，2.震動頻率，3.肌肉或關節勁度 (Matin & Park, 1997)。

一、震動訓練的急性殘留(actue residual)與單次效果

Cochrane and Stannard(2005) 探討全身性震動訓練(whole body vibration, WBV)對手握力(grip strength)、擺臂反向垂直跳(arm swing countermovement vertical jump, ACMVJ)、柔軟度之急性效果(acute effect)表現。實驗參與者為18位女性曲棍球選手，分為全身震動訓練組、固定腳踏車訓練組、控制組三組。全身震動訓練組之參與者雙腳站立於全身式震動訓練平台上，以6種姿勢接受震動刺激：1.軀幹挺直，膝關節不完全鎖直(knee semi-locked)；2.膝關節彎曲至120°之等長收縮半蹲姿；3.膝關節著地且雙臂打直，雙手置於垂直震動平台上，震幅為 $\pm 6\text{mm}$ ；

4.半蹲姿且膝關節彎曲至 120° ，重心隨著節奏2s上升、2s下降；
5.弓箭步姿勢，左腳在前並置於震動平台上，右腳踩在地面；
6.弓箭步姿勢，右腳在前並置於震動平台上，左腳踩在地面(圖2-4)，震動頻率為26Hz、震幅為 $\pm 3\text{mm}$ ，姿勢1至4的震動持續時間為60s，姿勢5和6的震動持續時間為30s，6種姿勢震動總時間為5min，共實施3次。固定腳踏車訓練組之強度設定為以50W之功率持續5min、轉速50rpm的節奏踩固定式腳踏車。控制組之參與者雙腳站立於全身式震動訓練平台上，實施與全身震動訓練組相同的6種姿勢，但不接受震動刺激。研究結果：全身震動訓練組的擺臂反向垂直跳($p<0.001$)、柔軟度($p<0.05$)均顯著進步，手握力有進步但未達顯著(如圖2-5)。但固定腳踏車訓練組與控制組均無進步。全身震動訓練會引起中樞神經的伸張反射(stretch reflex)並活化，增進擺臂反向垂直跳與柔軟度表現。

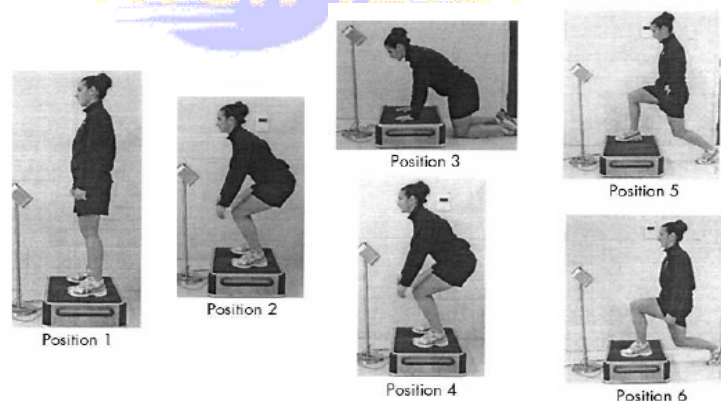


圖 2-4 全身震動訓練組的六種姿勢圖

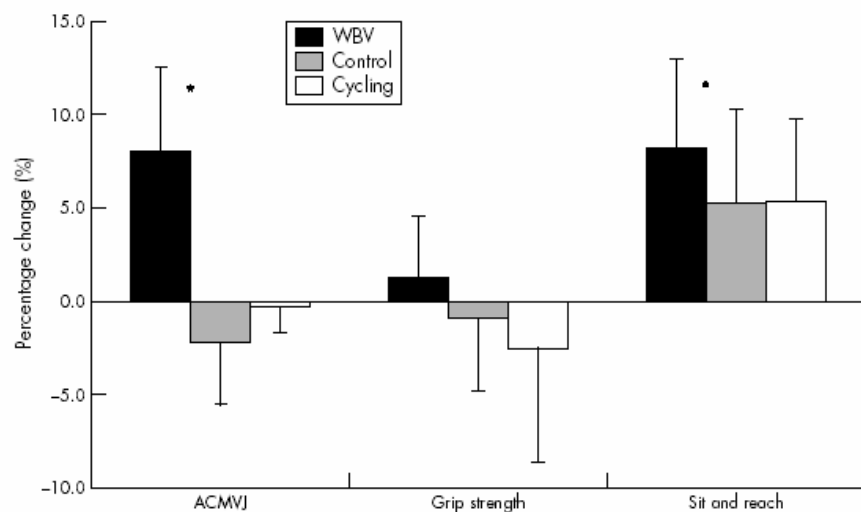


圖 2-5 震動訓練組、控制組、固定腳踏車組對手握力、擺臂反向垂直跳、柔軟度表現的改變百分比(%)

黃茂穎、相子元(2005)探討不同震動頻率對淺蹲跳法(SDJ)之短期效應。實驗參與者為台北體育學院田徑隊短跑選手共9名，實驗方法：參與者在震動訓練期間以膝關節彎曲150°之靜態平衡動作實施震動訓練，震動頻率為：第一天30Hz、第二天40Hz，震動持續時間為90s，於震動後1stmin、2ndmin、3thmin、4thmin期間，各測量淺蹲跳(SDJ)三次取平均數，結果如下：30Hz與40Hz震動訓練，4thmin時較前測有明顯進步，分別為30Hz增進3.11cm，40Hz增進2.48cm。再者，1stmin的淺蹲跳高度表現，30Hz表現為最低，但與40Hz比較並沒有顯著差異，與前測未達顯著差異。研究結果顯示，在不同震動頻率下皆在4stmin與前測有明顯差異，說明震動訓練後的4stmin出現即時效應。

陳婉菁(2004)是探討有無震動刺激介入時，於不同負荷量與震動頻率對於肌肉活化程度之影響。利用自行組裝上肢震動

刺激肌力訓練組為輔助器材，採13位健康男性為受試者，利用槓片給予肱二頭肌三種不同負荷量（50%、75%及100%之最大自主收縮力）情況下，使右手手臂屈曲90°等長收縮，重複接受四種不同震動頻率（2.5Hz、5Hz、7.5Hz、及10Hz）之震動刺激。利用關節角度計監測肘關節角度，表面肌電儀偵測肱二頭肌之肌肉活化程度，並將所收集的肌電訊號，以時間域之標準化肌電均方根震幅，及頻率域之中位數頻率為呈現。其結果顯示：以時間域分析而言，震動組之標準化肌電均方根震幅顯著大於控制組，且震動組不同負荷量之間亦達顯著性差異，但不同震動頻率之間並無顯著性差異；以頻率域分析而言，有無震動刺激介入之中位數頻率並無顯著性差異，在震動組中不同負荷量之中位數有達顯著性差異，但不同震動頻率之間卻未達顯著性差異。本研究結論為等長收縮時給予震動刺激可以增加肌肉活化程度，並隨著負荷量增加時，肌肉徵召量也顯著性增加。

Torvinen 等(2002) 探討4min垂直全身震動訓練對肌肉表現及平衡的效果。16位未經訓練實驗參與者（男性8名、女性8名），以6種動作接受持續4min的震動訓練，每種動作震動持續10s，漸增震動頻率為15-30Hz(1stmin 15Hz、2ndmin 20Hz、3thmin 25Hz、4thmin 30Hz)、震幅為±4mm，並於訓練結束後2ndmin及60thmin測量反向垂直跳(CMJ)的高度。研究結果為震動訓練結束後2ndmin震動訓練組之反向垂直跳進步高度百分比顯著高於控制組(2% vs 0%; $p<0.05$)，但訓練結束後60thmin震動訓練組之CMJ進步高度百分比與控制組無顯著差異。

Torvinen 等(2002) 在另一個實驗中，探討4min垂直全身

震動訓練對肌肉表現及平衡的效果。16位未經訓練實驗參與者(男性8名、女性8名)，接受4min的震動訓練，漸增震動頻率為25-40Hz、震幅較小為 $\pm 1\text{mm}$ ，並於訓練結束後2ndmin及60thmin測量CMJ高度。研究結果為震動訓練結束後2ndmin之CMJ高度進步百分比為2.2%，優於控制組(0%)，但未達顯著差異。60thmin之震動訓練組與控制組之CMJ高度無顯著差異。上述兩研究可發現，震動訓練的震幅和持續時間必須達到足夠的強度，才能產生訓練效果。單次震動訓練後所殘留的效果，在較大震幅(4mm)的研究中較為明顯。

Issurin & Tenenbaum(1999) 利用14名的業餘選手與14名的優秀選手，比較業餘與優秀選手在接受震動刺激肌力訓練的前、中、後之爆發力進步程度。此研究利用手握震動橫桿的方式，進行肱二頭肌彎舉的震動訓練(圖2-6)，震動頻率為44 Hz、震幅為 $\pm 3-4\text{mm}$ 、震動持續時間10s，經研究結果發現：業餘與優秀選手在震動刺激後的最大肌力表現均進步，其中優秀選手在震動刺激後，明顯地增加了肘關節彎曲時的最大肌力表現10.4%，顯著優於業餘選手的最大肌力表現7.9%。

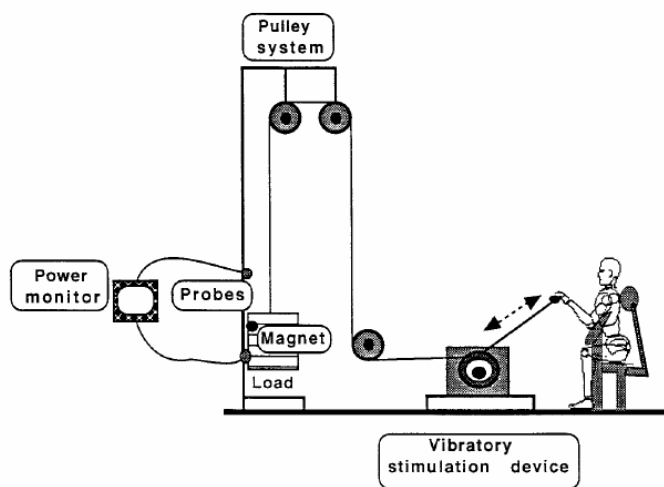


圖 2-6 肱二頭肌彎舉的震動訓練設備圖

Bosco and Iacovelli(2000)利用14名男性以墊腳尖方式站立在全身性震動訓練器上，膝關節需彎曲並維持在 100° ，進行震動頻率為26 Hz、震幅為 $\pm 4\text{mm}$ 、震動持續時間10s，連續震動5次，共2組，次與次之間隔休息60s，組間休息6分鐘的震動訓練，經研究結果發現：受試者在震動訓練後下蹲跳(CMJ)表現明顯增加約1.4公分。

上述研究是在不疲勞的動態活動前提下，探討震動訓練的短期訓練效果與急性殘留效果。研究結果顯示，震動訓練後的殘留效果(residual effect)能夠短暫的促進動態收縮(dynamic contraction)的運動表現。在保持不疲勞的等長及動態收縮期間，震動訓練會刺激招募更多的運動單位，提升肌力和爆發力的促進效果。另外，震動訓練的震幅和震動的持續時間，必須達到足夠的強度，才能促進運動表現。單次的震動運動會降低運動單位被徵召的頻率閾值，同時也會增加肌梭對自主性等長收縮時的反射敏感性

(Romaiguere, Vedel, & Pagni, 1993)。

長時間的震動刺激引起肌肉更加疲勞有兩個因素，一為震動刺激會促進運動初期肌肉收縮的力量與活性，二為震動運動會抑制運動單位的徵召，而降低神經肌肉的運動表現(Luo, McNamara, & Moran, 2005)。

二、長期震動訓練的效果

Issurin, Liebermann, and Tenenbaum(1994)隨機將28名男性分為三組，接受每週三次的訓練並持續三週，比較震動刺激後之爆發力與柔軟度進步程度。其中A組從事傳統的上肢肌力訓練及下肢柔軟度震動刺激訓練；B組從事傳統的下肢柔軟度訓練及上肢震動刺激訓練；C組為控制組。震動頻率為44 Hz、震幅為 $\pm 3\text{mm}$ 、震動持續時間10s，以分腿柔軟度(leg splits)、最大等張肌力(isotonic maximal force)、坐姿體前彎(flex-and-reach test)作為事後考驗，經研究結果發現：加入震動刺激訓練後，上肢肌力表現平均增加49.8%，接受傳統肌力訓練則只進步16%，控制組之肌力則沒有進步；在柔軟度方面，傳統訓練分腿柔軟度增加4.1cm，加入震動刺激訓練後則進步14.5cm，控制組之柔軟度只進步2cm。由此結果得知震動刺激對於肌力訓練有加成作用，且能幫助肌肉放鬆並增加柔軟度，訓練效果優於傳統肌力及柔軟度訓練方式。

Torvinen 等(2002)將56位健康受試者平均隨機分兩組，比較垂直式全身性震動訓練對於運動表現及平衡的效果。實驗組站在震動頻率25-40Hz、震幅 $\pm 2\text{mm}$ 的震動平面上進行簡易的全身性6項訓練；控制組則在訓練過程中無震動刺激，經過4個

月每星期3-5次，每次4min的全身訓練，結果證明實驗組在垂直跳的運動表現在第8週與第16週均顯著進步($p<0.001$)，其中第8週進步7.2%、第16週進步9%。膝伸肌最大等長肌力在第8週顯著提升($p<0.05$)，第16週有進步但未達顯著($p>0.05$)。折返跑(4m折返3次，最後1次衝刺6m，總距離共30m)有進步，但未達顯著($p>0.05$)。結果得知，肌肉在自主運動收縮情況下配合震動刺激將有助於下肢爆發力表現。

Delecluse, Roelant, and Verschueren (2003) 比較震動訓練與阻力訓練後肌力進步情形。實驗參與者為67名位從受過訓練的女性($21.4\pm1.8\text{yd}$) 隨機分成4組，震動訓練組(垂直式全身性震動訓練，震動頻率為35-40Hz、震幅為1.25-2.5mm、每週3次、每次3組)、阻力訓練組(訓練負荷為每週3次、每次2組、每組10-20RM)、安慰劑組(同震動訓練組，但無震動刺激)、控制組(無任何訓練)，經過為期12週的訓練。震動訓練組之參與者需站立於震動平台上，進行膝伸肌肌力的等長收縮及動態收縮，包括深蹲(deep squat)、寬步蹲(wide-stance squat)、弓箭步(one-legged squat)。研究結果：震動訓練組與阻力訓練組之等長膝伸肌肌力與動態膝伸肌肌力(dynamic knee-extensor strength)($9.0\pm3.2\%$)表現皆顯著提升($p<0.001$)，其中震動訓練組之等長膝伸肌肌力表現提升 $16.6\pm10.8\%$ ，動態膝伸肌肌力表現提升 $9.0\pm3.2\%$ ；阻力訓練組之等長膝伸肌肌力表現提升 $14.4\pm5.3\%$ ，動態膝伸肌肌力表現提升 $7.0\pm6.2\%$ 。控制組與安慰劑組之表現並無顯著提升。在CMJ表現提升高度部分，只有震動訓練組顯著提升($7.6\pm4.3\%$)，顯示震動訓練會引起肌肉反射收縮。

Torvinen 等(2002)探討4個月的垂直式全身對身體表現及

平衡的影響。實驗參與者為56名19-38歲之未經訓練者（男性21名，女性35名），隨機分成震動訓練組與控制組，震動訓練組進行4個月的震動訓練，震動頻率為25至40Hz，震幅為2mm，每週3-5次，每次震動持續4min（6種動作，每種維持10s）。研究結果顯示：震動訓練組的CMJ經過4個月的震動訓練後顯著提升8.5%，在第2個月膝伸肌最大等長肌力顯著提升3.7%，但是在第2個月與第4個月，震動訓練組的握力、折返跑、平衡能力並未提升。

Bosco 等(1998)探討震動訓練對跳躍表現的影響，實驗參與者為14位男性手球選手或規律運動者（每週實施3次運動），隨機任意分成實驗組(EG)及對照組(CG)。實驗組需接受連續5次垂直震動訓練，每次2min，每天總計10min，持續訓練10天。對照組則維持正常活動，不作肌力或跳躍訓練。以測力板做為跳躍測試的前測與後測。研究結果顯示：實驗組跳躍高度提升1.6%，達顯著差異($p<0.05$)，跳躍功率提升3.3%($p<0.05$)，5s連續跳躍之平均跳躍高度提升1.2% ($p<0.01$)，但對照組則未達顯著差異。

第四節 牽張縮短循環理論

許多運動中，身體各部位肌群受到外力作用而被拉長時，肌肉會先做離心收縮，然後再迅速向心收縮，透過彈性與伸張反射(stretch reflex)的機轉，使肌肉產生較大的瞬發力，這種先離心再向心的結合是一種自然動作型態，稱為 Stretch-shortening Cycle，簡稱 SSC (Norman & Komi, 1979 ; Komi, 1984)。

Komi(1984)和 Wilk等(1993)認為 SSC可以刺激神經肌肉系統，進而增加神經反射和減低肌肉機能的控制。先伸展肌肉來增加骨骼肌的表現，可定義為彈性能量的儲存和肌肉伸張反射綜合成果，更重要的關鍵是介在肌肉離心收縮和之後的向心收縮之間的轉換期階段，其所花費的時間稱為偶聯時間(coupling time)；最後階段稱為向心期，其運動表現受到：一、彈性能(elastic energy)的利用；二、牽張反射所影響；肌肉中所儲存和釋放彈性能的能力是由牽張速度(stretch velocity)和偶聯時間(coupling time)所決定；牽張速度越快、偶聯時間越短，則肌肉越能有效利用彈性能。肌肉從離心到向心抑制的時間越短，肌肉的彈性能量會更有效率的恢復，肌肉使用彈性能的能力受時間、伸展程度、伸展速度影響。

牽張反射是 SSC的一個重要機制，此一機制能夠快速連接離心和向心神經，利用身體本體感受器的刺激以最短時間內增加運動單位的徵召(Komi, 1992)。身體的本體感受器包括肌梭(muscle spindle)、高爾基腱器(golgi tendon organ)和關節囊／韌帶感受器(Buchwald, 1967)。刺激這些感受器可以激發、抑制或調整作用肌和阻抗肌。

爆發力是SSC作用時，神經肌肉系統透過離心動作，在有限的時間內盡可能產生向心收縮衝量的能力。此運動過程被稱為反射性運動(reactive movement)(Cavagna, 1974)。經由許多的研究發現，反射性運動能力的增進，是由於肌肉與肌腱彈性及神經肌肉牽張反射共同作用的結果(Komi, 1986)。

Albert(1991) 提出肌肉彈性能儲存的三種機械要素，包括：一、收縮成分(CC, contractile component)；二、串聯的彈性要素(SEC, series elastics component)；三、並聯的彈性要素(PEC, parallel plastic component)。離心收縮時，肌肉與肌腱會被伸長，像彈簧一樣，隨著伸長串聯的彈性要素(SEC) 也被拉長，並且提供力量的產生。因此，總產生力為收縮成分(CC) 與串聯的彈性要素(SEC) 的總和(如圖2-7)。

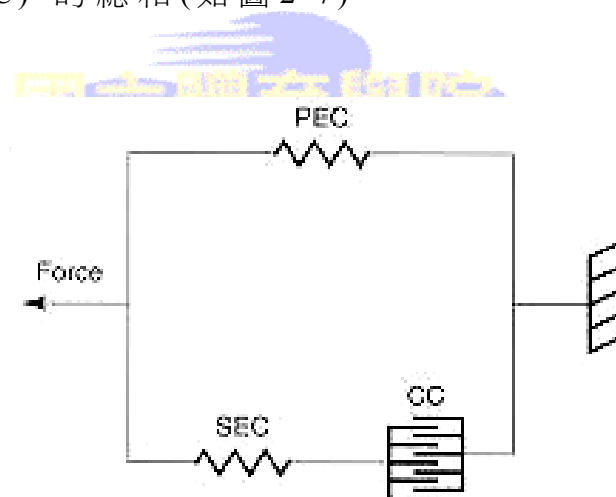


圖 2-7 肌肉彈性能儲存模型

引自 Eccentric Muscle Training (Albert, 1990)

在動作速度對 SSC 作用的相關研究中，Prilutsky(1997)探討跑走速度對 SSC 產生的效能研究中指出，跑走的速度越快，SSC 產生的功率越佳。Prilutsky(2000)也探討滑雪速度對 SSC

的影響，研究發現：速度越快，對於神經系統的刺激越佳，對 SSC 作用表現越佳，顯示動作速度越快，則牽張反射與彈性能的利用也越大。

爲了能有效增進爆發力水準，訓練的動作條件必須具有符合 SSC 機制的肌肉收縮方式及順暢、快速且無減速的動作型態。

第五節 反應時間之相關研究

一、反應時間(Reaction Time)理論

在球速非常快的運動中，場上情況瞬息萬變，從刺激到反應的時間極短，亦即從刺激出現到引發動作反應之間是非常快速的，通常以毫秒計，故擁有快速的反應時間(Reaction Time，簡稱 RT)，是優秀選手必須具備的。

根據訊息處理模式(Information Processing Model)的觀點，人體的動作反應決定於刺激訊息的出現，亦即人體藉由感官系統接受外界訊息，經過認知處理做出反應所需的時間，稱之爲反應時間(圖 2-8)，但反應時間和動作時間是截然不同的。反應時間是開始信號（刺激出現）到發動反應之間的時間，並不包含動作本身的時間，並強調是在發動動作反應前的時間。而動作時間是發動動作到完成動作所需的時間。反應時間與動作時間之和稱之爲整體反應時間。一般而言，反應時間決定於個體的認知歷程；而動作時間決定於個體的神經生理因素（陳俊汕，1995）。

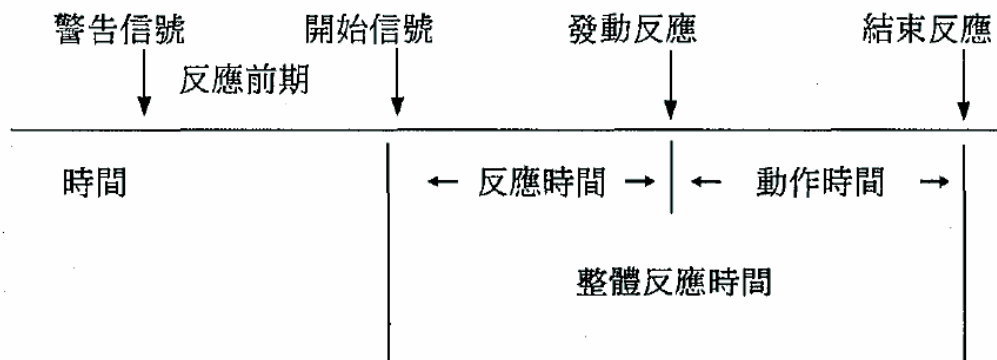


圖 2-8 反應時間、動作時間和整體反應時間之關係(Noth, 1994)

Tripp(1965)指出反應時間應包括：1.接受刺激的感覺神經；2.決定時間，亦即思考時間；3.動作時間，亦即動作的開始。反應能力實際上是神經傳導速度的外在表現，當外在刺激作用於感覺器官後，隨即產生一系統興奮，即神經衝動，這種興奮衝動沿感覺神經抵達大腦皮質的感覺區，經過結合的聯絡，使運動區產生興奮，此興奮通常再由皮質運動區下行至脊髓的前運動神經元，使肌肉產生收縮，這整個過程的時間就是反應時間，所以，反應時間與神經傳導速度存有相關。

Zatsiorsky(1980)指出反應時間包括五階段：1.感覺接受器接受刺激；2.刺激傳至中樞神經系統(CNS)；3.刺激透過神經通路傳導並產生訊號；4.訊號從中樞神經傳到肌肉；5.刺激肌肉完成機械作功。

陳俊忠(1992)指出全反應時間由下列因素構成：1.受納器興奮發生的時間；2.向心傳導興奮；3.向心信號過程、及經過神經網路；4.中樞神經發信號到肌肉的過程；5.肌肉興奮，以及隨之而來的物理變化。其中1至3屬於中樞訊息處理過程，4

為中樞到肌肉之運動神經傳導時間，5則為肌肉收縮時間。

Schmidt(1988；1991)提出，刺激輸入和輸出之間，經過三個階段(圖 2-9)：刺激確認、反應選擇和反應程式，若訊息處理過程是正確而有效，配合動作反應時間，可讓動作反應適合環境的需求，並將反應時間分為前動作反應時間(Premotor RT)及動作反應時間(Motor RT)。

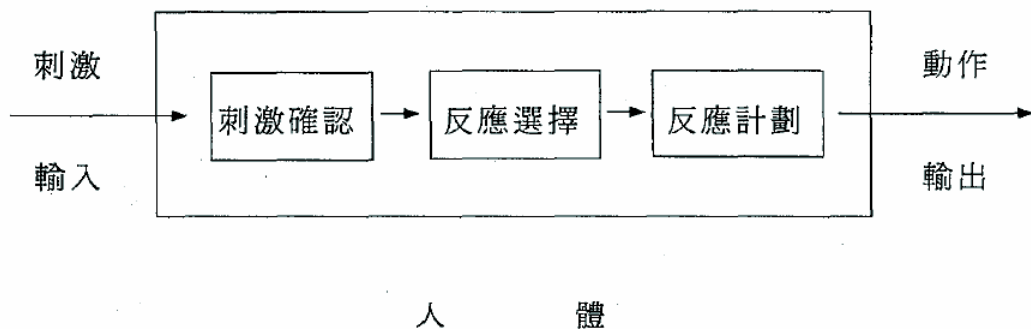


圖 2-9 Schmidt(1988)訊息處理模式三階段

二、影響反應時間之相關研究

影響反應時間因素有下列幾點：1.刺激-反應選擇數目(number of stimulus-response alternatives)；2.刺激-反應的相容性(stimulus-response compatibility)；3.反應前期(foreperiod)；4.反應複雜性(response complexity)；5.動作準確性(movement accuracy)；6.練習總量(amount of practice)(Magill, 1998；1993)。

Wickens (1984)提到反應時間受許多不同因素影響，包括：刺激種類、刺激強度、個別差異(如：年齡、性別、身高、體重等)、心理預期、事前練習、注意力、疲勞、運動、慣用側、作用肌群大小、先天遺傳等因素影響。

林耀豐、林清和(1996) 探討不同網球發球方向(相容性)及發球前期對接發球反應時間(RT)與動作時間(MT)的影響。實驗對象為大學體育系之慣用右手的男性50名，來探討不同網球發球方向對反應時間的影響，實驗參與者分別觀看由一位甲組球員發網球的畫面，此畫面有五種不同的發球前期畫面及兩種不同的發球方向，每種發球方向及前期各出現5次的發球動作，共觀看50個發球畫面。受試者在觀看每個發球畫面後，需先判斷發球方向後再往發球方向移動(雙腳離開踏墊)並按鍵，以測試RT與MT。結果顯示右邊來球的RT(720ms)比發向左邊的RT(734ms)稍快，但未達到顯著差異。

劉鎮國(2001)利用虛擬畫面產生不同方向的12yd來球，大專男子足球員30名實驗參與者頭戴顯示器，站在Kistler測力板上接受反應時間的測試，結果顯示右邊來球的RT(698ms)比發向左邊的RT(792ms)稍快，表示慣用邊的反應時間較短，但未達顯著差異。

三、運動訓練對反應時間之影響

Nougier, Azemar, Stein, and Ripoll(1992) 探討運動訓練對選擇反應時間的影響，實驗參與者為41名從事規律訓練之網球選手和26名無規律運動者，採用視覺刺激。結果顯示有規律運動者反應時間較快並達顯著差異。

王文正(1994)探討不同休息時間與不同反覆次數折返跑間歇訓練下，各組之間全身反應時間、瞬發力與敏捷性訓練效果之差異情形。實驗參與者為籃球、羽球、排球、網球之女子運動選手共36名。結果顯示，在全身反應時間訓練效果上，作反覆10次與15次的兩組選手其效果最佳($p<0.05$)。若要採用折返

間歇訓練，則反覆次數至少需10次以上，才能得到較佳的效果，至於休息時間採用30s至90s均可。

王文正(1995)探討增強式和等張訓練對全身反應時間和瞬發力效果之影響。以18位有從事規律訓練的五專女性運動員為研究對象，平均分配於增強式訓練組、等張訓練組與控制組等3個組別，接受為期8週，每週3次的訓練。以日本TKK全身反應測量器來評估全身反應時間，結果發現在全身反應時間的訓練效果上，增強式訓練效果最佳且顯著優於控制組。

陳志文(2004)比較優秀跆拳道選手與一般跆拳道選手實施間歇性連續踢擊前後之反應時間、攻擊力量、乳酸堆積量及心跳率之差異。實驗參與者為10名台北市立體育學院男子跆拳道選手(優秀組5名、一般組5名)。利用聲光反應器、三軸加速規、血乳酸檢測儀等儀器收集受試者間歇踢擊前後三種攻擊動作之反應時間與攻擊力量之訊號。研究結果顯示：在一般組間歇性連續踢擊後之反應時間，顯著低於間歇性連續踢擊前之反應時間($p < 0.05$)。因此，從事跆拳道專項訓練時，以間歇訓練方式模擬比賽連續踢擊，可改善反應時間。

吳忠政、陳克舟(2005)探討阻斷式接發球訓練對排球選手全身反應時間能力之影響。研究對象為國立台灣體育學院男子排球代表隊運動員12名，分為阻斷式接發球訓練組、一般接發球訓練組2組。以全身反應測定器(TAKEI)為主要實驗儀器，經6週實驗控制。研究結果為：(一)兩組實驗分組之間的全身反應時間各階段均無顯著差異($p > 0.05$)。(二)兩組實驗分組之間的全身反應時間在6週後有顯著差異($p < 0.05$)，其中阻斷式接發球訓練組的全身反應時間(280ms)優於一般接發球訓練組(320ms)。本研究結果發現「阻斷式接發球訓練」能顯著縮短排球選手的

全身反應時間能力。

第六節 文獻探討總結

棒球跑壘動作過程由起跑、跑壘速度、滑壘三要素構成。在棒球比賽中，跑壘速度是一項重要的因素，而跑壘速度的增加與較高的下肢力量表現有顯著的相關。因此，要提升跑壘速度可透過促進下肢力量表現來達成。

震動訓練所產生的效應會隨個別差異而有所不同，不同運動項目的參與者，接受同一方式的震動訓練所獲得效果均不相同。震動訓練的急性殘留(actue residual)與短期效果之研究，主要目的為探討運用震動訓練來使肌肉力量和爆發力得到短暫的促進效果。要達到較佳的效果，必須控制震動持續時間、間歇時間的關係。此外，肌肉在等長收縮時，給予震動刺激可增加肌肉活化程度，並隨著負荷量增加時，運動單位的徵召量也會顯著的提升。

短期和長期的震動訓練對神經表現之影響取決於震動訓練方法，包括震動特徵（震動頻率、震動幅度、震動應用方法）、運動內容設計（運動的方式、強度、量）。因此，人體對於震動刺激的反應取決於下列因素：震動幅度、震動頻率、肌肉或關節勁度(stiffness)、接受震動的方式(間接刺激或直接刺激)等。此外，震動訓練之肌力促進效果，對速度型之爆發力運動表現優於力量型之爆發力運動表現。

在球類運動中，場上情況瞬息萬變，故擁有快速的反應時間，是優秀選手必須具備的。而反應時間與神經傳導速度相關，

但反應時間受實驗設計、參與者的個別差異、運動負荷及方式所影響。

棒球選手的專項動作型態是短暫且具爆發性，因此，爲了能有效增進爆發力水準，訓練的動作條件必須具有符合 SSC 機制的肌肉收縮方式及順暢、快速且無減速的動作型態，以刺激神經啓動反射機制，改善肌肉神經組織在短時間內產生最大限度發揮力量的能力。



第參章 研究方法與步驟

本章將利用五個小節介紹研究進行時所使用之方法，其內容包括：研究對象、測試時間及地點、測試器材與設備、測試步驟、蒐集與分析。其詳細敘述如下：

第一節 研究對象

一、本研究以26位成棒（大學甲組、職業棒球隊替代役男）選手為研究對象。所有參與者在最近半年內並無特殊疾病，且下肢肌群及神經無特別傷害或病變，參與者基本資料如表3-1。參與測試前，每一位參與者會被清楚的告知本研究目的、實驗方法、實驗程序及注意事項，並填寫參與者同意書（附錄一）及運動專項能力診斷疾病調查表（附錄二）。

表3-1 參與者基本資料(Mean±SD)

Subjects	Age (yr)	Height (cm)	Body mass (kg)
26	22.3±2.46	174.6±4.51	79.23±7

二、依前測下肢動力（CMJ）測試之成績，以序列方式（matched-pairs）將研究對象分為震動訓練組與跳繩訓練組（每組各13人）。

第二節 測試時間

一、預備實驗

時間：中華民國 96 年 3 月 1 日。

二、前測(T-1)

時間：中華民國 96 年 3 月 5 日。

三、訓練

時間：中華民國 96 年 3 月 6 日至 3 月 25 日止，共計二十天（表 3-2）。

四、中測(T-2)

時間：中華民國 96 年 3 月 15 日(表 3-2)。

五、後測(T-3)

六、時間：中華民國 96 年 3 月 26 日(表 3-2)。

表 3-2 實驗訓練測試時間表

3 月	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
內 容	T-1	訓練		訓練		訓練		訓練		T-2
3 月	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
內 容		訓練		訓練		訓練		訓練		T-3

第三節 測試儀器與設備

本研究主要以全身性震動訓練器為實驗儀器，並利用 Newtest 多功能攜帶型運動能力檢測系統來收集測試之各項參數。其中各項儀器之規格、應用功能敘述如下：

一、全身性震動訓練器

為本研究預備實驗及正式訓練之儀器(圖 3-1)。本儀器為用台灣製 MAGTonic PVT-01 型垂直上下震動之全身性震動刺激訓練器，儀器規格：長 74.9cm、寬 76cm、高 127.5cm，最大負重量 140kg。是一種放置於地面上，可供雙腳或單腳站立於震動平台上的震動器，震動型態為垂直上下震動，實施震動訓練時，必須以屈膝姿勢來進行，避免產生之正弦波傳送至頭部產生共震，是用於下肢的全身性震動訓練的訓練器材。利用機械所產生之正弦波以高頻率及低震幅來刺激肌肉和神經系統而促進大量運動單位的徵召。此震動訓練器屬於間接刺激法，間接刺激法則是將震動器放置於欲訓練肌群的遠端，震動通過身體傳達到欲訓練的肌群上。

震動刺激訓練器之前板，高度為 150cm，上方控制面板有 LED 視窗便於操作使用，所有操作介面皆由本機台上方之控制面板來控制，包含震動頻率、震動幅度及時間的設定。

震動刺激訓練器之底座長 90cm、寬 60cm，震動源的馬達放置於內。訓練時雙腳或單腳站立於震動平台。扶手設置於機台前方，便於訓練時兩手扶住以保持平衡。

本儀器之震幅為 2mm，震動頻率可調整範圍 20-50Hz。



國立體育學院
N.C.P.E.S.

圖 3-1 全身性震動訓練器



圖 3-2 全身性震動訓練器之控制面板

二、芬蘭製 Newtest 多功能攜帶型運動能力檢測系統

為本研究前、中、後側之測驗儀器。本儀器是一種可方便攜帶且不受場地限制，可測量速度與爆發力、無氧動力、速度與加速度能力、身體組成、反應能力、敏捷能力、有氧動力等運動能力，以有線傳輸的方式由 PDA 操作並擷取數據，再由 PDA 與電腦同步將數據傳輸。

配備包含 Newtest 主機(圖 3-3)、操作 PDA(圖 3-4)、測力板(圖 3-5)、紅外線測速感應器(圖 3-6)、Newtest Powertimer Analyzer 分析軟體等。

Newtest 檢測系統所有功能及操作介面以 PDA 控制，操作前先將受試者年齡、身高、體重及性別等基本資料輸入，設定群組、測驗模式等即可開始使用。

紅外線測速感應器組包含紅外線感應器、傳輸線及腳架，用以測量速度，以紅外線感應物體通過後做出反應啟動或停止，可做分段計時功能。

透過 Newtest Power timer Analyzer 軟體將 PDA 擷取的訊號，進行訊號分析。



圖 3-3 Newtest 主機



圖 3-4 Newtes 操作 PDA



圖 3-5 可摺疊式測力板



圖 3-6 紅外線感應器組

第四節 實驗方法與步驟

一、實驗步驟

(一)實驗前的準備

1.填寫同意書及運動專項能力診斷疾病調查表

讓參與者填寫年齡、身高、體重、性別、訓練年數等個人基本資料，並填寫運動專項能力診斷疾病調查表。

2.說明訓練、測試目的與注意事項

集合所有參與者後，將本訓練及測試目的逐一與參與者說明，讓參與者清楚明白將進行的訓練與測試，為求測試嚴謹，必須提醒在訓練、測試中所需注意的事項，讓參與者以認真且盡最大能力來完成訓練、測試項目。

3.儀器架設與校正

設定個人基本生理參數身高、體重、年齡；檢查 Newtest 主機系統與操作 PDA 之運作，檢查紅外線測速感應器與

主機及操作 PDA 之連線是否正常；於操作 PDA 設定測驗模組；試測以觀察系統是否能正常接收表現成績。

4.請參與者先進行熱身活動

於正式訓練、測試前，請參與者至田徑場進行慢跑熱身、伸展運動至少 15min，以避免運動傷害。

(二)進行前測

上述各項步驟完成後，進行前測，蒐集實驗所需參數。前測共有 4 個項目，其中 CMJ、起跑反應時間測試屬於基礎運動能力檢測；擊球後至一壘跑壘速度、擊球後 5m 跑壘速度測試屬於專項運動能力檢測。

1.下蹲跳測試(counter movement jump, CMJ)

以 Newtest 檢測系統進行下蹲跳測試。聞 Newtest 主機發出聲響後，參與者踏入並站立於測力板中央且雙手需叉腰，迅速下蹲至膝關節彎曲呈 90° ，立即垂直用力往上跳，不可有停頓的動作。落地時身體需保持平衡且垂直，避免產生晃動而造成誤差。共進行兩次最大努力跳躍，2 次跳躍之間，不需退出測力板(圖 3-7)。本測試是評估參與者下肢爆發力、肌肉組織協調、神經快速傳導和牽張縮短循環(stretch-shortening cycle)的能力，檢測結果可藉由分析軟體得到下列參數：輸出動力(W)、相對動力(W/kg)、跳躍高度(cm)等數據。



圖 3-7 下蹲跳測試

(引自：[http://www.u-bourgogne.fr/EXPERTISE-PERFORMANCE](http://www.u-bourgogne.fr/EXPERTISE-PERFORMANCE/tests%20detente.htm)
/tests%20detente.htm)

2. 起跑反應時間測試 (Take-off reaction time test)

參與者準備動作需膝蓋微彎站立於測力板上，雙手直立置於臀部後方，面向前方 2m 處的訊號來源處 (Newtest 主機)。訊號發出前，施測者須確認參與者之重心未傾向任何方向。本測試會隨機發出左、右邊訊號光 2 次，參與者一看到訊號光方向後，立即做出反應起跑，並全力衝刺到指定方向 (圖 3-8)。檢測結果可藉由分析軟體得到下列參數：移動反應時間 (s)、加速度時間 (s)、總時間 (s) 等數據來評估分析運動員的反應能力。

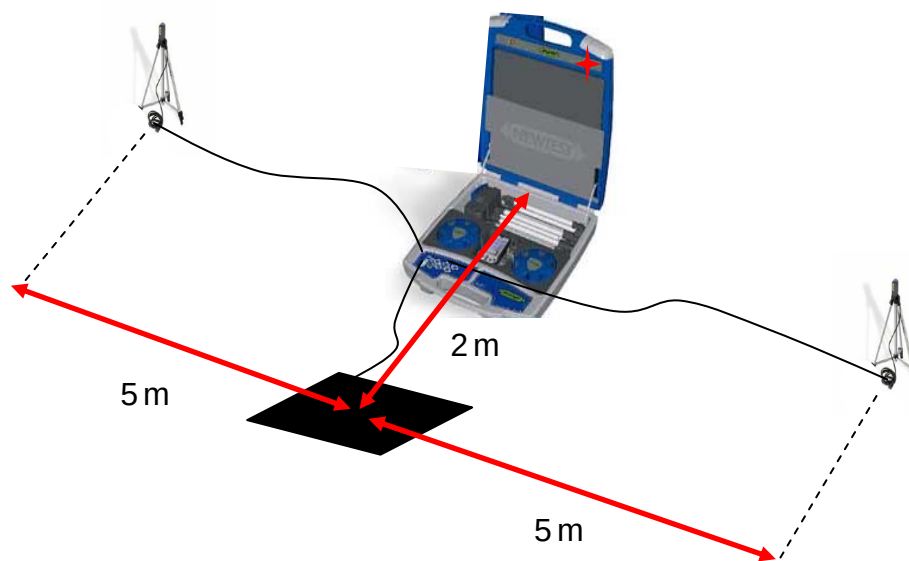


圖 3-8 起跑反應時間測試場地設置圖

3. 跑壘速度測試 (baserunning velocity test)

以高速攝影機拍攝本壘到一壘的跑壘速度測試。右打者站立於擊球區內，教練從右前方拋球給參與者；左打者站立於擊球區內，教練從左前方拋球給參與者，參與者必須如同比賽般全力揮擊，揮擊後立即往一壘方向衝刺(圖 3-9)，共進行兩次最大努力衝刺，每次衝刺間休息 3min。蒐集參數為本壘到一壘秒數與本壘到 5m 處之秒數(s)。

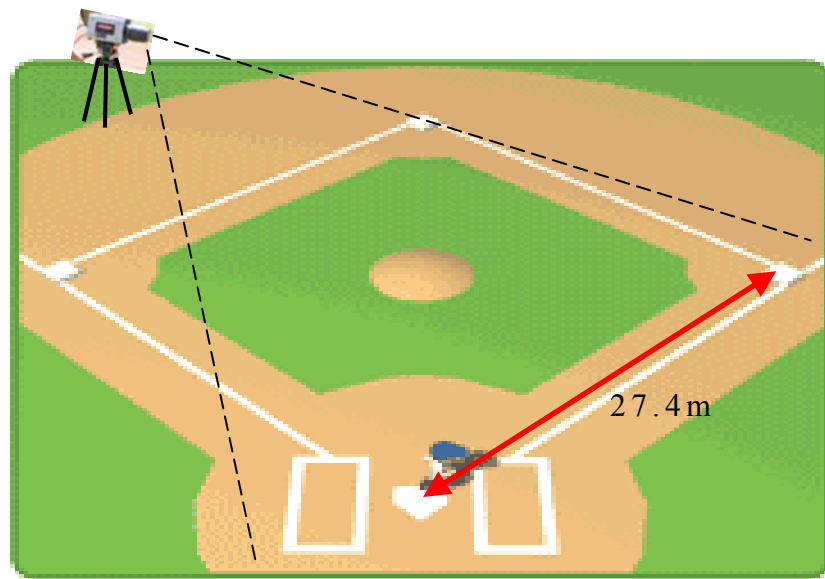


圖 3-9 跑壘速度測試示意圖

(三)震動訓練組與跳繩訓練組開始進行 20 天訓練，不同訓練方式如表 3-3：

1.A 組進行震動訓練：

參與者於熱身後進行震動訓練，以 2 種動作接受震動刺激，動作(1)深蹲動作(deep squat)，雙腳平行向前，並站立於震動平台預定的位置上，膝關節彎曲為 100° 、雙手抓住震動訓練器之扶手(圖 3-10)，震動持續時間 60s；(2)單腳站立動作(圖 3-11)，左腳先接受震動持續 30s，然後換右腳接受震動刺激 30s。每接受震動刺激 60s 後，休息 40s。



圖 3-10 震動訓練深蹲動作示意圖



圖 3-11 震動訓練單腳站立動作示意圖

2. B 組進行跳繩訓練：

參與者於熱身後進行跳繩訓練，以個人最佳表現來進行跳繩訓練 2 組×5 次×10s，每次休息 30s，組間休息 2min。訓練時若因故停止(跳繩纏到腳)，則必須立即繼續進行，直到時間終止。跳繩的長度以雙腳踏在繩的中央，兩手執著繩的手柄，拉直到腋下，即是適當的長度。如發覺繩子太長，可將繩打結至適合的長度。

表 3-3 震動訓練與跳繩訓練之訓練內容

組別 訓練內容	A	B
訓練方法	震動訓練	跳繩訓練
負荷強度	震動頻率：40Hz 震動幅度：2mm	最快速度
訓練型態	4 次／10 天，共 20 天	
負荷組數	5	2
負荷時間	深蹲動作：60s 單腳站立動作：30s	5 次×10s 每次休息 30s
組間休息時間	40s	2min

(四)第 10 天進行中測(T-2)，測驗內容為基礎運動能力檢測(CMJ、起跑反應時間測試)，第 20 天進行後測(T-3)，測驗內容與前測相同，包含基礎運動能力檢測與專項運動能力檢測。

(五)進行資料分析

二、實驗流程

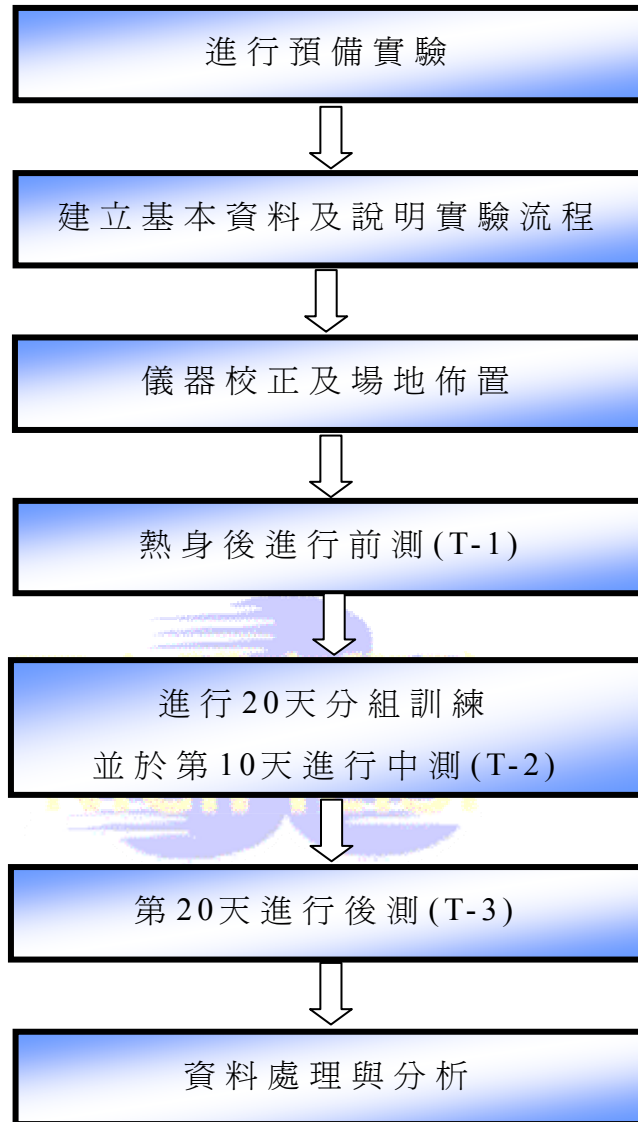


圖 3-12 測試流程圖

第五節 資料蒐集與處理

本研究以 Newtest Powertimer Analyzer 分析軟體進行訊號處理及分析，所有測試所得之原始資料，經整理完成後，依前、中、後測將各週考驗資料分別輸入電腦，以 SPSS for Windows 12.0 中文視窗版套裝軟體及 Sigma8.0 統計軟體進行統計分析及製作圖形。

- 一、將 A 組震動訓練與 B 組跳繩訓練在各階段(T-1、T-2、T-3)所測得之 CMJ、起跑反應時間、跑壘速度、擊球後 5m 跑壘速度等資料，以描述性統計(平均值、標準差)表示各組在各階段所測得數據。
- 二、以皮爾森積差相關(Person product-moment correlation coefficient)分析：
 - (一)「CMJ」與「跑壘速度」之相關係數。
 - (二)「CMJ」與「反應時間」之相關係數。
 - (三)「反應時間」與「擊球後 5m 跑壘速度」之相關係數。
- 三、以重複量數單因子變異數分析(one-way ANOVA, repeated measures)，考驗 A、B 組各階段(T-1、T-2、T-3)的「CMJ」、「反應時間」、「跑壘速度」、「擊球後 5m 跑壘速度」表現之組內差異。
- 四、以相依樣本 t 考驗，比較 A 組與 B 組前、後測之間的差異。
- 五、本研究所有統計分析之顯著水準定為 $p \leq 0.05^*$ 、 $p \leq 0.01^{**}$ 、 $p \leq 0.001^{***}$ 。

第肆章 結果與分析

本研究結果分析分爲三部份：一、基礎能力包含下肢動力 (CMJ) 與反應時間測試。二、專項測試爲擊球後跑壘至一壘速度與擊球後 5m 跑壘速度。三、基礎能力與專項測試相關分析。主要內容分析以 20 天訓練週期中之三次檢測 (T1、T2、T3) 數據呈現：

第一節、基礎測試

- 一、 下肢動力 (A 組、B 組、組間)
- 二、 反應時間 (A 組、B 組、組間)

第二節、專項測試

- 一、 擊球後至一壘跑壘速度 (A 組、B 組、組間)
- 二、 擊球後 5m 跑壘速度 (A 組、B 組、組間)

第三節、基礎能力與專項測試相關分析

- 一、 下肢動力與跑壘速度
- 二、 下肢動力與反應時間
- 三、 反應時間與擊球後 5m 跑壘速度

第一節 基礎測試

一、下肢動力(CMJ)：

(一) A 組：震動訓練 CMJ 測試

表 4-1 為 A 組震動訓練下肢動力 CMJ 三次 (T-1、T-2、T-3) 測試。T-1 平均值為 $41.28 \pm 2.81 \text{ cm}$ ，個人最大值達 46.23 cm ，最小則為 36.56 cm ；T-2 與 T-3 平均值分別為 44.03 ± 2.58 、 $47.11 \pm 4.16 \text{ cm}$ 。其中 T-1 與 T-2 差異 $+2.75 \text{ cm}$ ($p < 0.001$)，T-2 與 T-3 差異 $+3.08 \text{ cm}$ ($p < 0.001$)，T-1 與 T-3 差異 $+5.83 \text{ cm}$ ($p < 0.001$)，如表 4-2 所示。

表 4-1 A 組震動訓練下肢動力(CMJ) 三次測試平均值與標準差 (n=13)

Test	CMJ (cm)		
	Mean $\pm$ SD	Max	Min
T-1	41.28 ± 2.81	46.23	36.56
T-2	44.03 ± 2.58	47.29	37.50
T-3	47.11 ± 4.16	56.54	41.25

(二) B 組：跳繩訓練 CMJ 測試

B 組跳繩訓練下肢動力 CMJ 三次測試 T-1、T-2 與 T-3 平均值與標準差分別為 41.12 ± 2.81 、 43.39 ± 2.58 與 $45.10 \pm 5.23 \text{ cm}$ 。T-3 個人最大值達 52.3 cm ，最小則為 37.4 cm 。其中 T-1 與 T-2 差異 $+2.3 \text{ cm}$ ($p < 0.001$)，T-2 與 T-3 差異

+2.0cm($p<0.01$)，T-1 與 T-3 差異+3.98cm($p<0.01$)，如表 4-2 所示。

表 4-2 B 組跳繩訓練下肢動力 (CMJ) 三次測試平均值與標準差 (n=13)

Test	CMJ (cm)		
	Mean $\pm$ SD	Max	Min
T-1	41.12 $\pm$ 2.81	47.3	35.1
T-2	43.39 $\pm$ 2.58	48.8	36.3
T-3	45.10 $\pm$ 5.23	52.3	37.4

(三) A 與 B 組三次下肢動力 CMJ 測試分析

第一次 (T-1) 測試兩組下肢動力 (CMJ) 未達顯著差異 ($p>0.05$)，第二次 (T-2) 測試平均值分別為 44.03 $\pm$ 2.58 cm (A) 與 43.39 $\pm$ 2.58cm(B)，A 組震動訓練高於 B 組跳繩訓練，兩組差異 0.6cm($p>0.05$)。後測 (T-3) 測試平均值分別為 47.11 $\pm$ 4.16 cm(A) 與 45.39 $\pm$ 4.16cm(B)，A 組震動訓練高於 B 跳繩訓練組 1.72 cm ($p>0.05$)，如圖 4-1 所示。

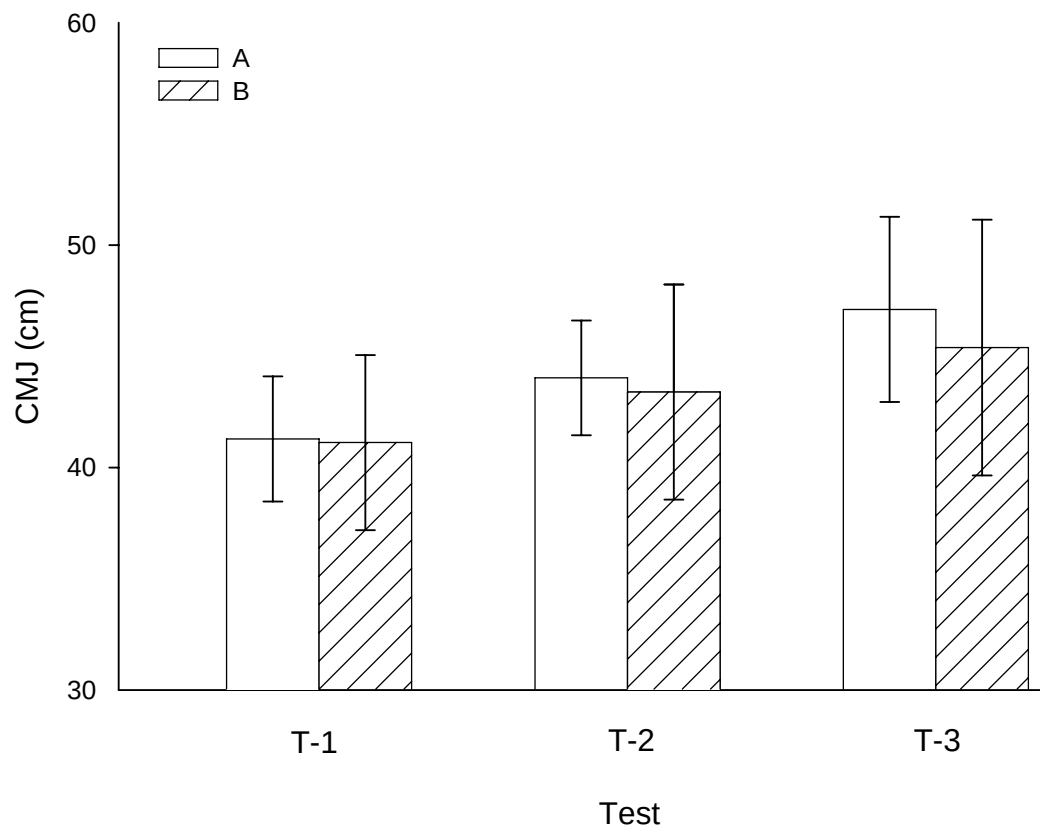


圖 4-1 三次測試 A 與 B 組 CMJ 平均值與標準差

二、反應時間

(一) A 組：震動訓練反應時間測試

表 4-3 為 A 組震動訓練反應時間三次 (T-1、T-2、T-3) 測試。T-1 平均值為 729 ± 83 ms，個人最大值達 911 ms，最小則為 619 ms；T-2 與 T-3 平均值分別為 616 ± 122 ms、 458 ± 151 ms。其中 T-1 與 T-2 差異 -113ms ($p < 0.001$)，T-2 與 T-3 差異 -158ms ($p < 0.001$)，前測(T-1)與後測(T-3)差異 -271ms ($p < 0.001$)，如表 4-3 所示。

表 4-3 A 組震動訓練反應時間三次測試平均值與標準差
(n=13)

RT (ms)			
Test	Mean±SD	Max	Min
T-1	729±83	911	619
T-2	616±122	847	402
T-3	458±151	806	254

(二) B 組：跳繩訓練反應時間測試

B 組跳繩訓練反應時間三次測試 T-1、T-2 與 T-3 平均值與標準差分別為 735±108ms、648±71 ms 與 531±111ms。T-3 個人最大值達 723ms，最小則為 350ms。其中 T-1 與 T-2 差異 -87ms($p<0.01$)，T-2 與 T-3 差異 -117ms($p<0.001$)，前測 (T-1) 與後測 (T-3) 差異 -204ms($p<0.001$)，如表 4-4 所示。

表 4-4 B 組跳繩訓練反應時間三次測試平均值與標準差
(n=13)

RT (ms)			
Test	Mean±SD	Max	Min
T-1	735±108	888	588
T-2	648± 71	793	579
T-3	531±111	723	350

(三) A 與 B 組三次反應時間測試分析

第一次(T-1)測試兩組反應時間未達顯著差異，第二次(T-2)測試平均值分別為 $616 \pm 122\text{ms}$ (A)與 $648 \pm 71\text{ms}$ (B)，A 組震動訓練優於 B 組跳繩訓練，兩組差異 32ms ($p > 0.05$)。後測 (T-3)測試平均值分別為 $458 \pm 151\text{ms}$ (A)與 $531 \pm 111\text{ms}$ (B)，A 組震動訓練優於 B 跳繩訓練組 73ms ($p > 0.05$)，如圖 4-2 所示。

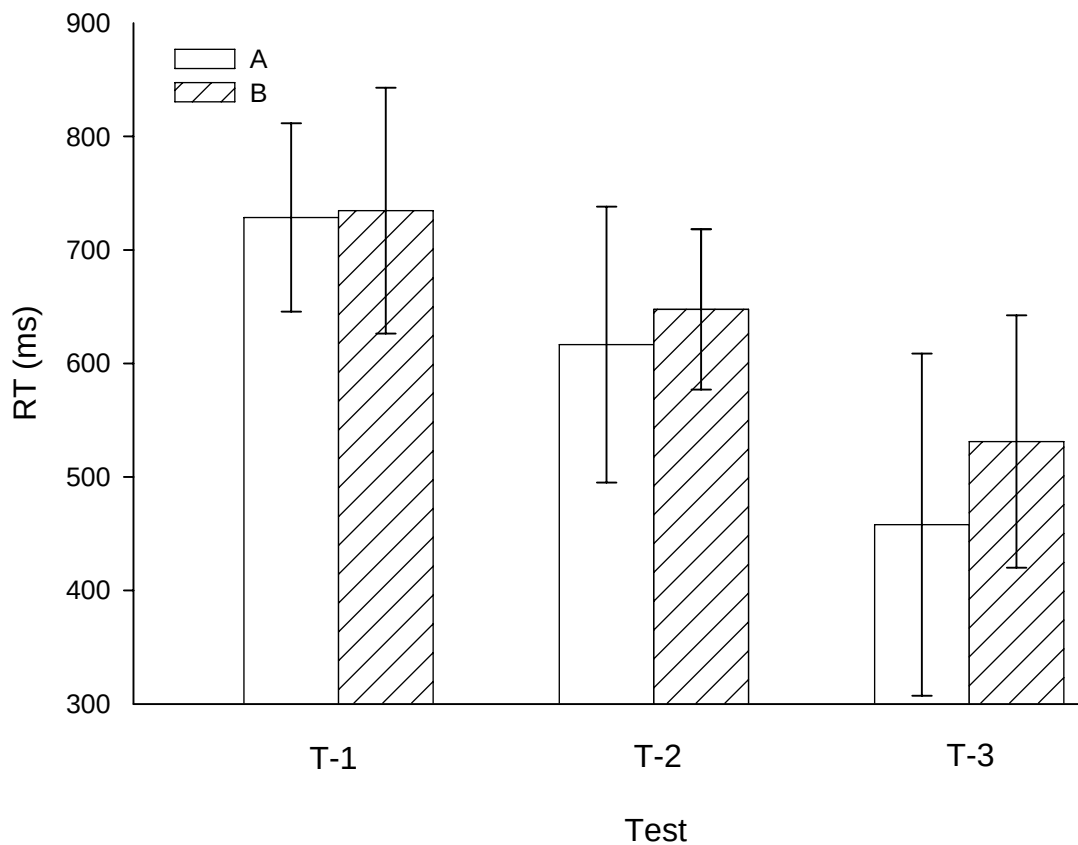


圖 4-2 三次測試 A 與 B 組反應時間平均值與標準差。

第二節 專項測試

一、擊球後至一壘跑壘速度(A、B組)

(一) A組：震動訓練擊球後至一壘跑壘速度

表 4-5 為 A 組震動訓練擊球後至一壘跑壘速度兩次(T-1、T-3)測試。T-1 平均值為 $6.04 \pm 0.35 \text{ m/s}$ ，個人最大值達 6.47 m/s ，最小則為 5.28 m/s ；T-3 平均值為 $6.58 \pm 0.39 \text{ m/s}$ 。前測(T-1)與後測(T-3)兩者差異 $0.54 \text{ m/s} (p < 0.001)$ 。

表 4-5 A 組震動訓練擊球後至一壘跑壘速度兩次測試平均值與標準差 (n=13)

Baserunning from home to first (m/s)			
Test	Mean $\pm$ SD	Max	Min
T-1	6.04 ± 0.35	6.47	5.28
T-3	6.58 ± 0.39	7.08	5.78

(二) B組：跳繩訓練擊球後至一壘跑壘速度

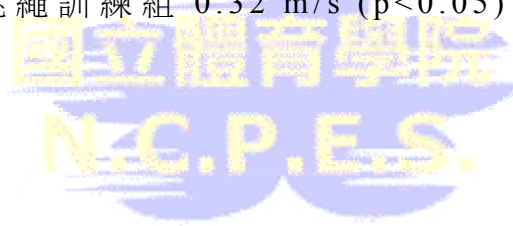
B組跳繩訓練擊球後至一壘跑壘速度兩次測試 T-1 與 T-3 平均值與標準差分別為 $6.03 \pm 0.27 \text{ m/s}$ 與 $6.26 \pm 0.30 \text{ m/s}$ 。前測(T-1)與後測(T-3)兩者差異 $0.23 \text{ m/s} (p < 0.001)$ ，如表 4-6 所示。

表 4-6 B 組跳繩訓練擊球後至一壘跑壘速度兩次測試平均值與標準差 (n=13)

Baserunning from home to first (m/s)			
Test	Mean±SD	Max	Min
T-1	6.03±0.27	6.39	5.59
T-3	6.26±0.30	6.74	5.78

(三) A 與 B 組兩次擊球後至一壘跑壘速度分析

第一次 (T-1) 測試兩組擊球後至一壘跑壘速度未達顯著差異，後測 (T-3) 擊球後至一壘跑壘速度平均值分別為 6.58 ± 0.39 m/s (A) 與 6.26 ± 0.30 m/s (B)，A 組震動訓練優於 B 跳繩訓練組 0.32 m/s ($p < 0.05$)，如圖 4-3 所示。



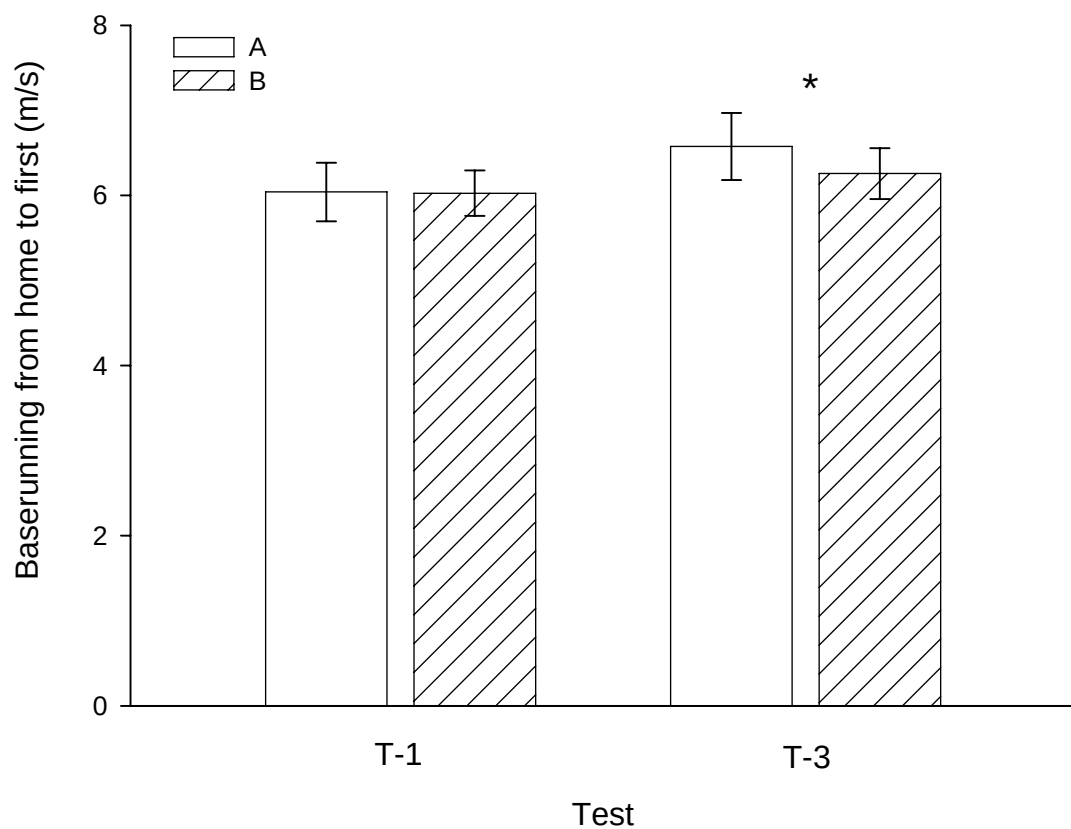


圖 4-3 兩次測試 A、B 組擊球後至一壘跑壘速度平均值與標準差。

二、擊球後 5m 跑壘速度(A、B 組)

(一) A 組：震動訓練擊球後 5m 跑壘速度

表 4-7 為 A 組震動訓練擊球後 5m 跑壘速度兩次(T-1、T-3)測試。T-1 平均值為 2.63 ± 0.26 m/s，個人最大值達 3.13m/s，最小則為 2.28m/s；T-3 平均值為 3.03 ± 0.37 m/s。前測(T-1)與後測 (T-3)兩者差異 0.4 m/s($p < 0.01$)。

表 4-7 A 組震動訓練擊球後 5m 跑壘速度兩次測試平均值與標準差 (n=13)

5m baserunning after batting (m/s)			
Test	Mean $\pm$ SD	Max	Min
T-1	2.63 $\pm$ 0.26	3.13	2.28
T-3	3.03 $\pm$ 0.37	3.65	2.34

(二) B 組：跳繩訓練擊球後 5m 跑壘速度

B 組跳繩訓練擊球後 5m 跑壘速度兩次測試 T-1 與 T-3 平均值與標準差分別為 2.60 $\pm$ 0.28 m/s 與 2.69 $\pm$ 0.35m/s。前測(T-1) 與後測 (T-3) 兩者差異 0.09 m/s ($p>0.05$)，如表 4-8 所示。

表 4-8 B 組跳繩訓練擊球後 5m 跑壘速度兩次測試平均值與標準差 (n=13)

5m baserunning after batting (m/s)			
Test	Mean $\pm$ SD	Max	Min
T-1	2.60 $\pm$ 0.28	3.09	2.22
T-3	2.69 $\pm$ 0.35	3.31	2.26

(三) A 與 B 組兩次擊球後 5m 跑壘速度

第一次(T-1)測試兩組擊球後 5m 跑壘速度未達顯著差異，後測(T-3)擊球後 5m 跑壘速度平均值分別為 3.03 $\pm$ 0.37m/s(A)與 2.69 $\pm$ 0.35m/s(B)，A 組震動訓練優於 B 跳繩訓練組 0.34 m/s ($p<0.05$)，如圖 4-4 所示。

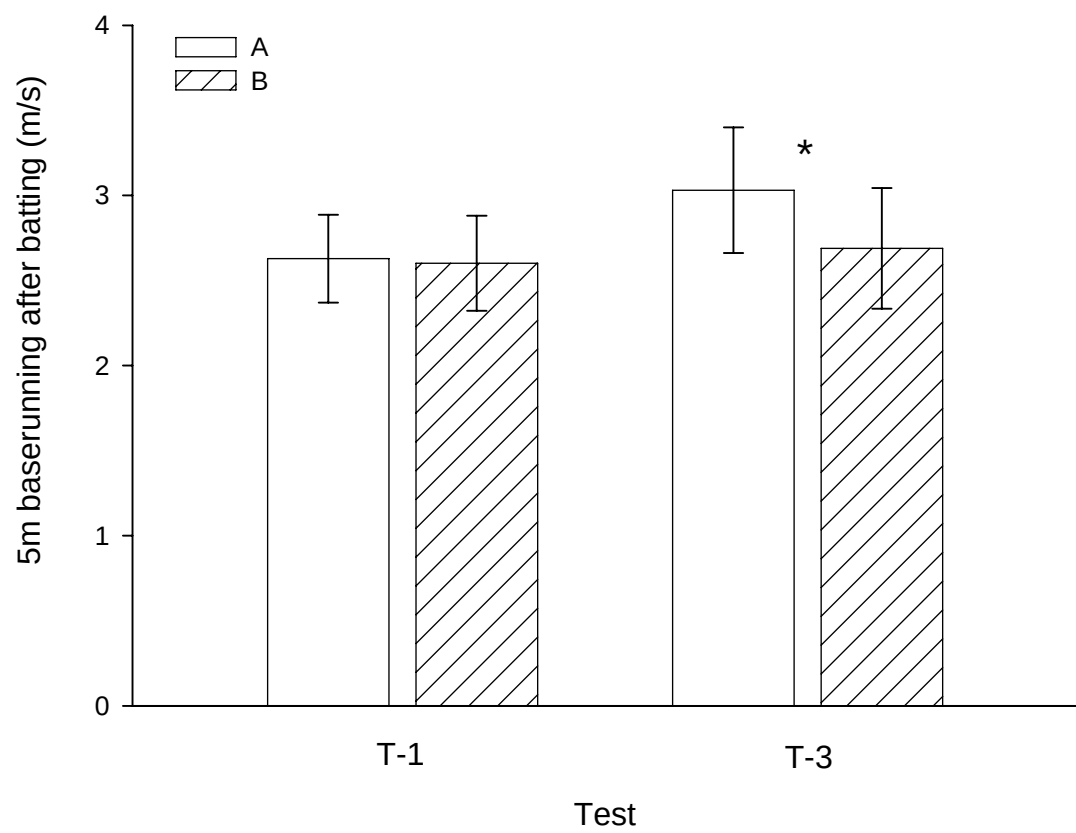


圖 4-4 兩次測試 A 與 B 組擊球後 5m 跑壘速度平均值與標準差。

第三節 基礎能力與專項測試相關分析

一、下肢動力與跑壘速度

(一) A 組震動訓練下肢動力 CMJ 介於 41 至 57cm 之間，跑壘速度則為 5.8 與 7.1m/s 之間，兩者呈現顯著正相關 ($r=0.5$)。個人跑壘速度慢者 (5.8m/s)，其下肢動力 CMJ 愈低 (41cm)。反之下肢動力 CMJ 高者 (57cm)，其跑壘速度 (7.1m/s) 愈快，如圖 4-5 所示。

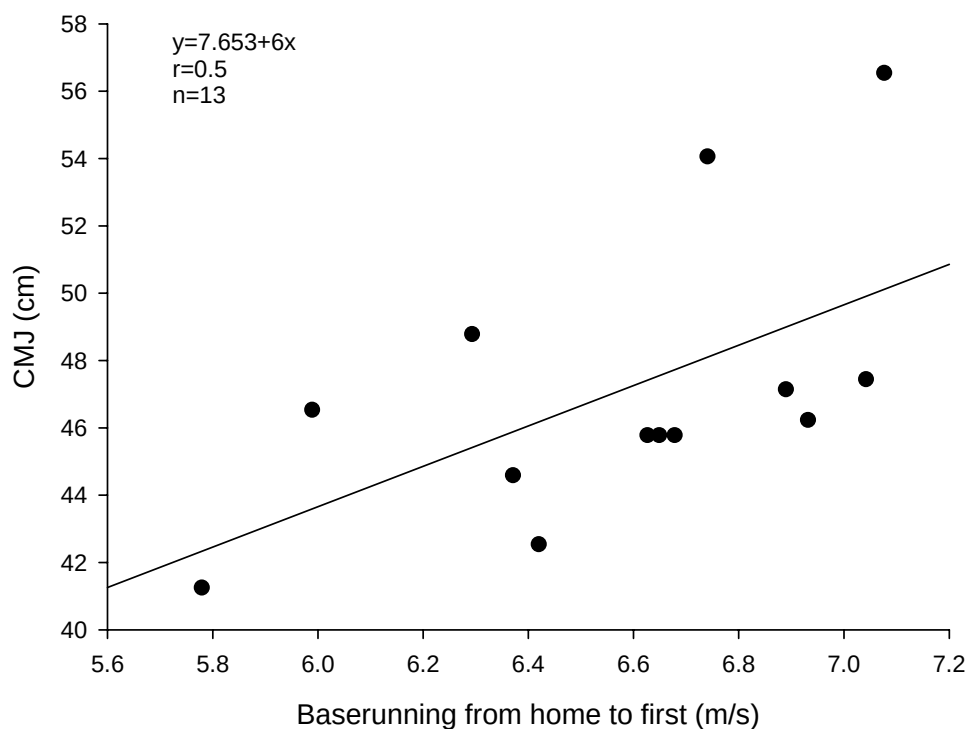


圖 4-5 A 組下肢動力與跑壘速度之關係

(二) B 組跳繩訓練下肢動力 CMJ 介於 37 至 52cm 之間，跑壘速度則為 5.8 與 6.7m/s 之間，兩者呈現顯著正相關 ($r=0.5$)。個人跑壘速度慢者(5.8m/s)，其下肢動力 CMJ 愈低(37cm)。反之下肢動力 CMJ 高者(52cm)，其跑壘速度(6.7m/s)愈快，如圖 4-6 所示。

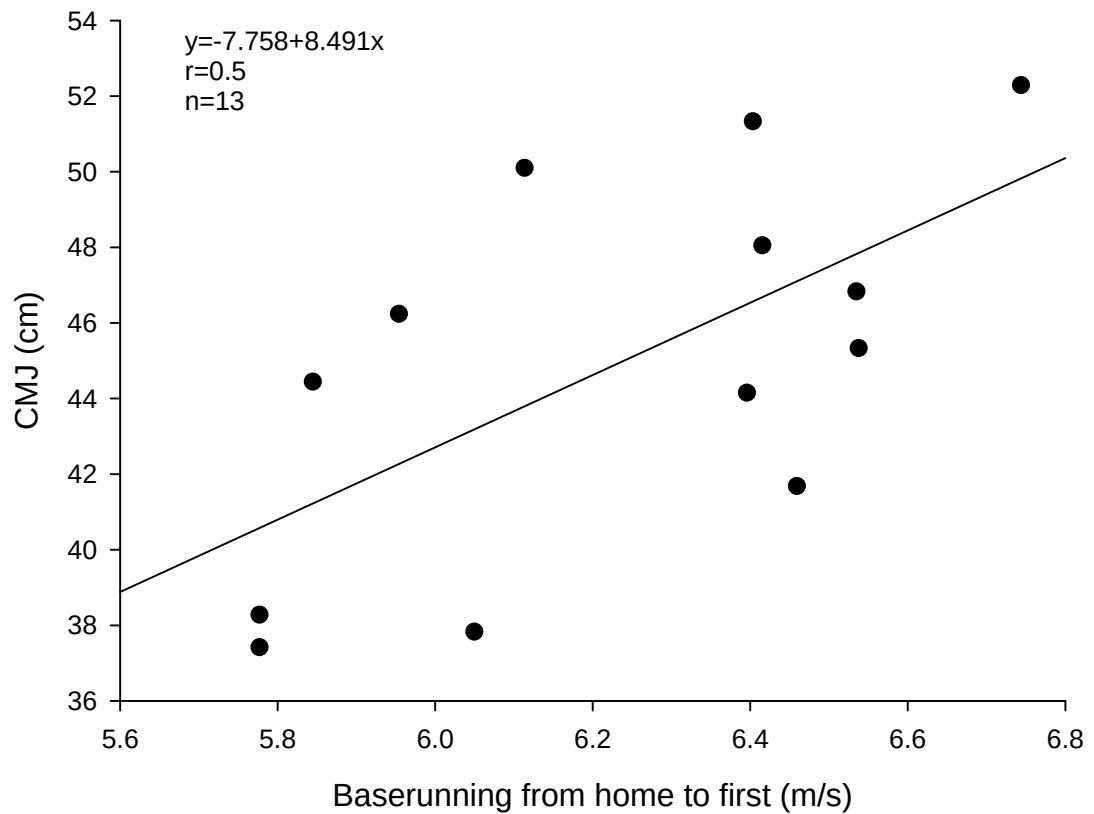


圖 4-6 B 組下肢動力與跑壘時間之關係

二、下肢動力與反應時間

(一) A 組震動訓練下肢動力 CMJ 介於 41 至 57cm 之間，反應時間則為 254 與 806ms 之間，兩者相關未達顯著 ($r=-0.4$)。個人反應時間慢者(806ms)，其下肢動力 CMJ 愈低(41cm)。反之下肢動力 CMJ 高者(57cm)，其反應時間(275ms)愈快，如圖 4-7 所示。

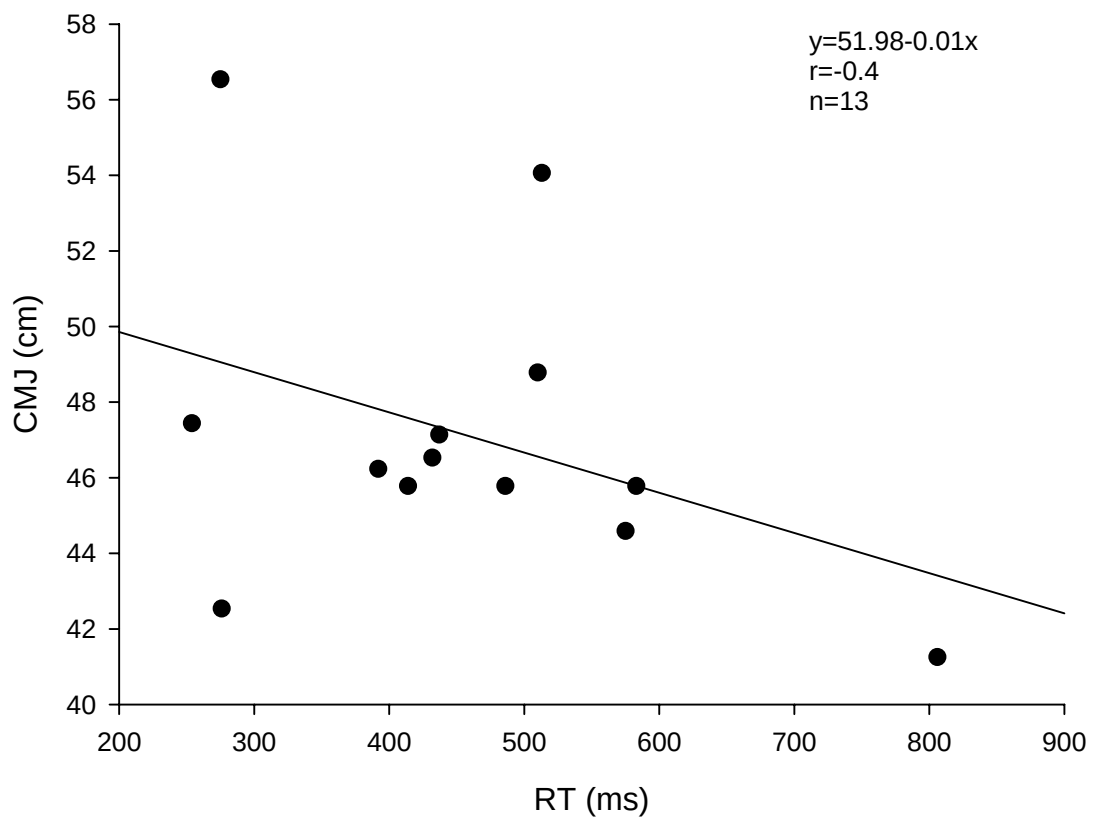


圖 4-7 A 組下肢動力與反應時間之關係

(二) B 組跳繩訓練下肢動力 CMJ 介於 38 至 52cm 之間，反應時間則為 350 與 723ms 之間，兩者相關未達顯著 ($r=-0.4$)。個人反應時間慢者(723ms)，其下肢動力 CMJ 愈低(38cm)。反之下肢動力 CMJ 高者(52cm)，其反應時間(374ms)愈快，如圖 4-8 所示。

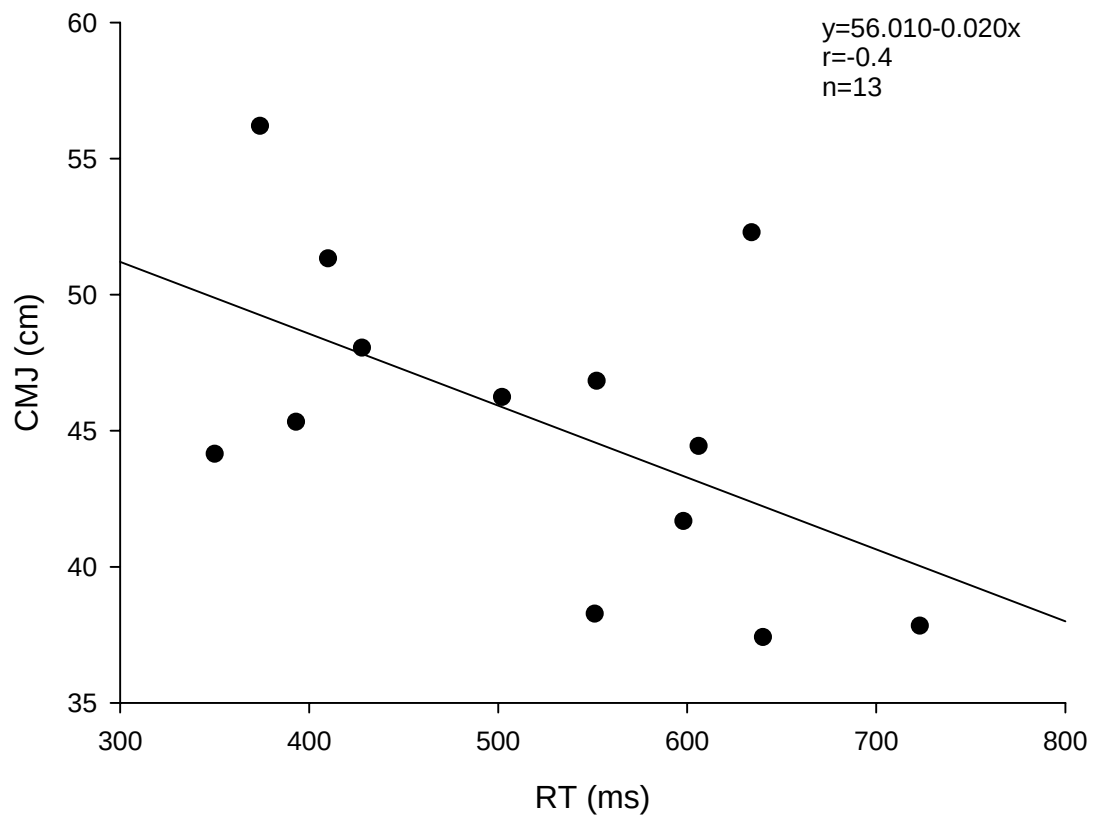


圖 4-8 B 組下肢動力與反應時間之關係

三、反應時間與擊球後 5m 跑壘速度

(一) A 組震動訓練反應時間介於 254 與 806ms 之間，擊球後 5m 跑壘速度則為 2.34 與 3.65m/s 之間，兩者呈現高顯著負相關($r=-0.9$)。個人反應時間慢者(806ms)，其擊球後 5m 跑壘速度愈慢(2.34m/s)。反之反應時間快者(350ms)，其擊球後 5m 跑壘速度(3.65m/s)愈快，如圖 4-9 所示。

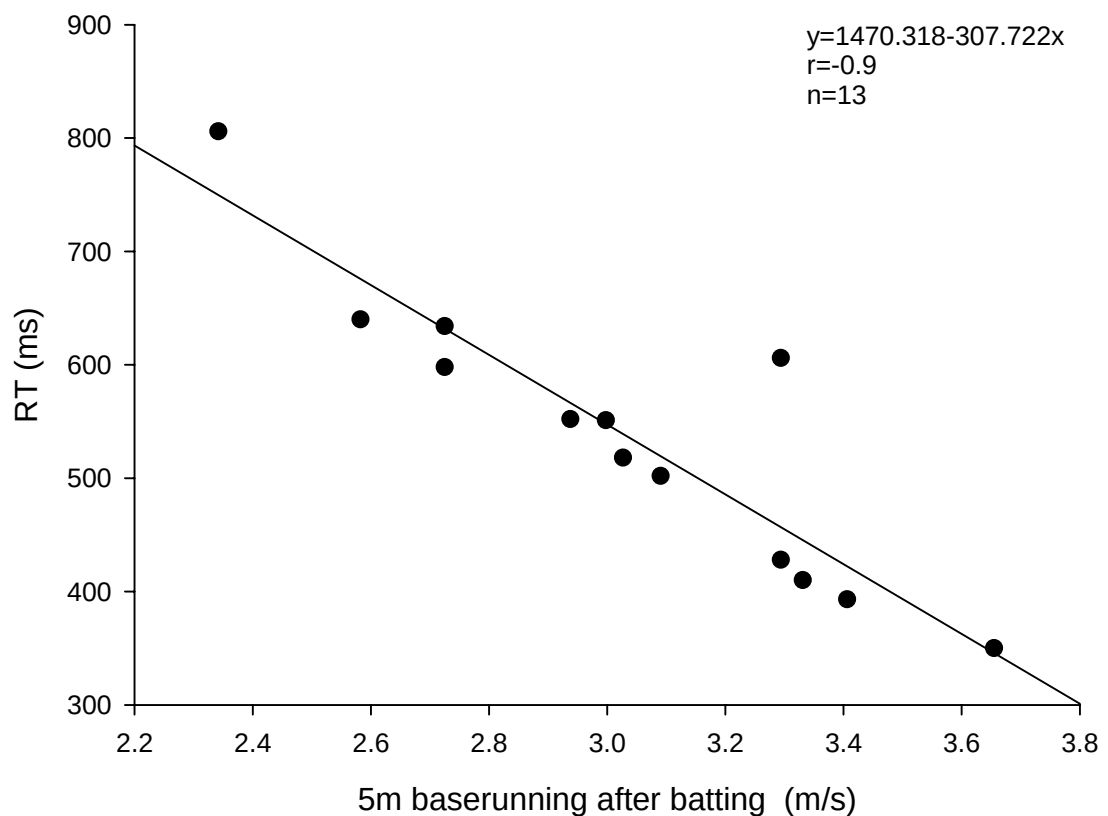


圖 4-9 A 組反應時間與擊球後 5m 跑壘速度之關係

(二) B 組跳繩訓練反應時間介於 350 與 723ms 之間，擊球後 5m 跑壘速度則為 2.26 與 3.31m/s 之間，兩者呈現高顯著負相關($r=-0.8$)。個人反應時間慢者(723ms)，其擊球後 5m 跑壘速度愈慢(2.26m/s)。反之反應時間快者(350ms)，其擊球後 5m 跑壘速度(3.31m/s)愈快，如圖 4-10 所示。

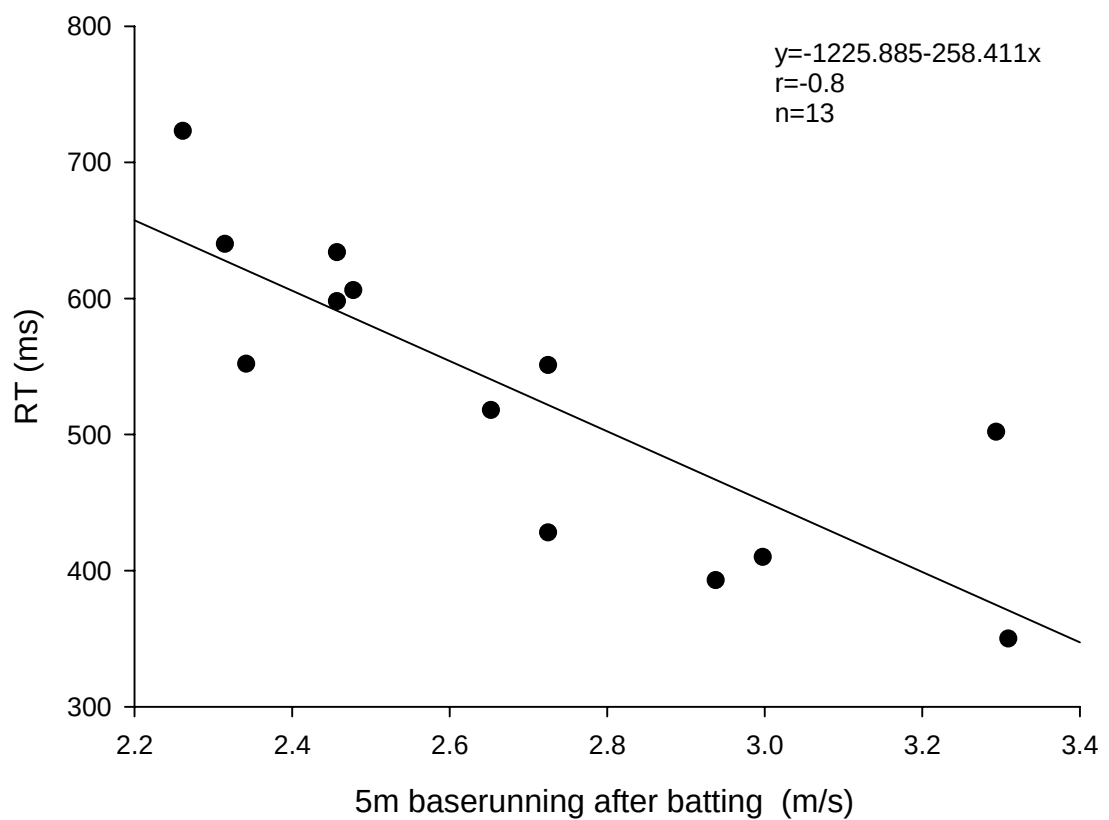


圖 4-10 B 組反應時間與擊球後 5m 跑壘速度之關係

第伍章 討論

本章主要目的在於將資料分析結果加以討論，共分為：一、下肢動力與跑壘速度之關係。二、下肢動力與反應時間之關係。三、反應時間與擊球後 5m 跑壘速度之關係等三節。

第一節 下肢動力與跑壘速度之關係

本研究所測得之 A 組震動訓練與 B 組跳繩訓練其下肢動力與跑壘速度後測值均呈現顯著正相關($r=0.5$)。由圖 4-5、4-6 所示，跑壘速度慢者其下肢動力 CMJ 愈低，反之下肢動力 CMJ 高者其跑壘速度愈快。過去研究亦指出，跑壘速度的增加與較高的下肢力量表現有顯著的相關。亦即跑壘速度愈快，則下肢力量表現愈佳(Jones, 2003)。Bret, Rahmani, Dufour, Messonnier, & Lacour(2002)研究發現 CMJ 運動表現，可用以預測短距離衝刺速度表現。其他研究亦指出，跳躍能力對短距離衝刺速度有顯著的相關。跳躍能力越佳衝刺速度越快，亦即下肢無氧動力越好衝刺速度越快(Hennessy & Kilty, 2001; Sleivert & Taingahue, 2004)。這些研究顯示結果與本研究相符。

本研究發現 20 天震動與跳繩訓練後，A 組 CMJ 之 T-1 與 T-3 差異 +5.83cm ($p<0.001$)，後測比前測進步 14%。B 組 CMJ 之 T-1 與 T-3 差異 +4.27cm ($p<0.01$)，後測比前測進步 10%。A、B 組 T-3 組間平均值差異 A 組高於 B 組 2cm($p>0.05$)。這種結果顯示震動訓練的生理機制與增強式訓練法的牽張縮短循環(SSC)理論類似。許多運動中，下肢肌群受到外力作用而被拉長時，肌肉會

先做離心收縮，然後再迅速向心收縮，這種先離心再向心的結合是一種自然動作型態，稱為stretch-shortening cycle，簡稱SSC (Norman & Komi, 1979; Komi, 1984)，本研究中的跑壘與CMJ之動作型符合此機制。Komi(1984)和Wilk等人(1993)亦認為SSC可以刺激神經肌肉系統，進而增加神經反射和減低肌肉機能的控制。震動與跳繩訓練（增強式訓練）的生理機制皆包含彈性的儲存與釋放、牽張反射，兩者交互作用而產生力量的結果。本研究結果符合下列研究：Cochrane and Stannard(2005)以震動頻率為26Hz、震幅為 $\pm 3\text{mm}$ ，震動持續時間5min，共實施3次訓練，其結果顯示擺臂反向垂直跳增進8.1%($p < 0.001$)。Bosco and Iacovelli(2000)則以震動頻率26 Hz、震幅 $\pm 4\text{mm}$ 、震動持續時間10s，連續震動5次，共2組，次與次之間隔休息60s，組間休息6min進行訓練。其訓練效果CMJ增加1.4cm($p < 0.001$)。Torvinen 等(2002)研究結果發現，震動訓練組CMJ表現在第8週與第16週均顯著進步($p < 0.001$)，其中第8週進步7.2%、第16週進步9%。Delecluse, Roelant and Verschueren (2003)研究結果亦發現，在CMJ表現部分，只有震動訓練組顯著提升7.6%($p < 0.05$)，顯示震動訓練會引起肌肉反射收縮。

跑壘速度部分，A組T-1與T-3差異 $+0.54\text{ m/s}$ ($p < 0.001$)，後測比前測進步9%。B組T-1與T-3差異 $+0.23\text{ m/s}$ ($p < 0.001$)，後測比前測進步4%。A、B組T-3組間平均值差異A組高於B組 0.32 m/s ($p < 0.05$)。顯然震動訓練對於跑壘速度的訓練效果優於跳繩訓練，這種結果顯示跑壘速度的發展在於步頻的提升，而步頻的發展在於增進神經系統的傳導，同時增進神經肌肉間的協調，神經系統的共同作用有助於速度及爆發性運動項目的表

現，因此顯著提升跑壘速度。此結果代表訓練有其特殊性，Komi(1986)的研究指出特殊性在於訓練的主要效果，是建立在訓練時的動作速度或接近訓練時的動作速度，所以像跑壘這種要求極速的運動型態，其訓練效果是在加速度表現下所能發揮的最大速度。震動訓練組對跑壘速度有顯著的效果，正符合訓練的特殊性。跳繩的動作型態為連續跳躍，屬於增強式訓練方式之一，是肌肉在自主情況下收縮，唯肌肉收縮頻率較震動訓練小，此機轉可能是震動訓練組的跑壘速度較跳繩訓練組顯著提升的原因。本研究結果與胡金榮(2006)研究結論相似，實驗組接受震動訓練後，100m成績與10-30m速度皆顯著優於對照組($p < 0.05$)，本研究跑壘距離為27.4m與上述研究之30m接近，結論也類似。但與Delecluse等(2005)結果不同，實驗組接受5週震動訓練後，30m衝刺分段速度表現未達顯著進步($p > 0.05$)，可能與暴露於震動刺激總時間不同有關。該研究中當震頻40Hz時，每次訓練暴露於震動刺激總時間達18min，而本研究則只有5min，此結果與Luo(2005)提出的論點符合，長時間的震動刺激引起肌肉更加疲勞有兩個因素，一為震動刺激會促進運動初期肌肉收縮的力量與活性，二為震動運動會抑制運動單位的徵召，而降低神經肌肉的運動表現。

第二節 下肢動力與反應時間之關係

本研究反應時間測試所得數據範圍為接受外在刺激開始到參與者重心發生轉移前瞬間的時間間距，紀錄為反應時間。

研究結果顯示A組震動訓練與B組跳繩訓練，兩組下肢動力與反應時間之後測(T-3)相關分析均未達顯著($r=-0.4$)，由圖4-7、4-8所示。這種結果可能原因為反應能力是神經傳導速度的外在表現，與下肢動力的優劣無直接關係，所以相關未達顯著。Tripp(1965)指出，反應時間機轉包括：1.接受刺激的感覺神經；2.決定時間，亦即思考時間；3.動作時間，亦即動作的開始。本研究測試方式，亦符合此反應機轉。反應能力實際上是神經傳導速度的外在表現，主要由反射弧各環節器官系統的機能、神經反射通路的傳導時間所決定。當外在刺激作用於感覺器官後，隨即產生一系統興奮，即神經衝動，這種興奮衝動沿感覺神經抵達大腦皮質的感覺區，經過結合的聯絡，使運動區產生興奮，此興奮通常再由皮質運動區下行至脊髓的前運動神經元，使肌肉產生收縮，這整個過程的時間就是反應時間，所以，反應時間與神經傳導速度存有相關。

Magill(1998)指出影響反應時間因素有下列幾點：1.刺激-反應選擇數目；2.刺激-反應的相容性；3.反應前期；4.反應複雜性；5.動作準確性；6.練習總量。Wickens (1984)亦提到反應時間受許多不同因素影響，包括：刺激種類、刺激強度、個別差異(如：年齡、性別、身高、體重等)、心理預期、事前練習、注意力、疲勞、運動、慣用側、作用肌群大小、先天遺傳等因素影響。所以若要加強反應能力，必須從神經傳導速度以及後天訓練兩方面著手。

本研究發現20天震動訓練與跳繩訓練後，A組反應時間T-1與T-3差異-271ms($p<0.001$)，後測比前測進步37%。B組反應時間T-1與T-3差異-204ms($p<0.001$)，後測比前測進步28%。A、B組T-3組間平均值差異A組優於B組73 ms ($p>0.05$)。此症狀顯示20天震動訓練與跳繩訓練均能顯著縮短反應時間，增進反應能力。此結果與王文正(1995)比較增強式和等張訓練對反應時間的影響之結論相似，經過8週訓練後增強式訓練組其反應時間的訓練效果最佳，且顯著優於控制組($p<0.05$)。增強式訓練的主要目的在爭取伸展反射所引起的額外刺激，以強化肌肉收縮。更強調收縮時的頻率，當每次肌肉收縮時，刺激傳導至脊髓，使神經接合處的傳導更順暢，也使大腦運動中樞的收縮命令傳導隨之順暢。而震動訓練的原理為張力性震動反射(TVR)與增強式訓練的牽張縮短循環(SSC)的機制類似，當本體感受器受到刺激，肌梭會因刺激立即產生強烈的興奮訊號，透過Ia感覺神經纖維，以最快的時間傳送到脊髓的 α 運動神經纖維在傳送至骨骼肌纖維，引起肌肉非自主反射性收縮，反射路徑僅包含肌梭內Ia感覺神經及同側被活化的運動神經單突觸或多突觸路徑(monosynaptic pathway)(Romaiguere等, 1991)。因此兩種訓練均能符合反應時間測試的特殊性，故能有效的縮短反應時間。

第三節 反應時間與擊球後 5m 跑壘時間之關係

跑壘由起跑(Start)、跑壘速度(Speed)、滑壘(Sliding)等三要素組成。其中起跑的反應能力對於攻擊、守備都很重要，佔棒球比賽中非常大的要素。而起跑的目的在於最短時間內使身體產生動量，因此本研究以擊球後 5m 作為評估起跑能力的方式。而反應能力是影響起跑的主要因素，選手若能對外界刺激做出立即與正確的反應動作，在運動比賽中獲勝的機會必然較高。這種能力主要表現在速度性項目中，對運動成績具有決定性作用的關鍵動作，如棒球攻、守、跑的起跑反應，因此，本研究以 Newtest 檢測系統中的起跑反應時間測試(Take-off reaction time test)作為評估反應時間的方法。而反應時間與擊球後 5m 跑壘測試之距離皆為 5m，測驗方法同質性高。

本研究所測得之 A 組震動訓練與 B 組跳繩訓練其反應時間與擊球後 5m 跑壘時間後測值均呈現高顯著負相關($r=-0.9$)。由圖 4-9、4-10 所示，這種結果顯示反應時間快者其擊球後 5m 跑壘速度愈快，反之反應時間慢者其擊球後 5m 跑壘速度愈慢。本研究結果與陳君豪等(2005)研究結果相似，反應時間與折返跑時間之相關性達顯著($r=0.783$, $p<0.01$)，且在所探討之影響因子中（大腿肌力、本體感覺、反應時間、重心轉移時平衡能力及向前跨步時肌肉群收縮協調能力）與折返跑時間之相關性最高。由上述結果可推論，在短距離衝刺中，影響初速度最大的關鍵在於起跑出發時的動作效率，故反應時間與短距離衝刺表現有相關性存在。因此欲提升擊球後短距離衝刺的前段表現，可從提升擊球後的反應時間著手。

第陸章 結論與建議

第一節 結論

本研究是以 26 位成棒選手為進行訓練與測試之對象，依前測下蹲跳 (CMJ) 測試之成績，以平均分配的方法將研究對象分為震動訓練組與跳繩訓練組，探討震動訓練與跳繩訓練對參與者下肢動力 CMJ、反應時間、跑壘速度之影響，以及探討下肢動力與跑壘速度、下肢動力與反應時間、反應時間與擊球後 5m 跑壘速度之相關，獲得以下結論：

一、基礎測試

(一) 下肢動力

A、B 組經過 20 天訓練後，CMJ 皆達顯著進步。震動訓練組後測平均值高於跳繩訓練組，但未達顯著差異。

(二) 反應時間

A、B 組經過 20 天訓練後，反應時間皆達顯著進步。震動訓練組後測平均值高於跳繩訓練組，但未達顯著差異。

二、專項測試

(一) 擊球後至一壘跑壘速度

A、B 組經過 20 天訓練後，擊球後至一壘跑壘速度皆達顯著進步。震動訓練組後測平均值高於跳繩訓練組且達顯著差異。

(二) 擊球後 5m 跑壘速度

A、B 組經過 20 天訓練後，擊球後 5m 跑壘速度皆達顯

著進步。震動訓練組後測平均值高於跳繩訓練組且達顯著差異。

三、基礎能力與專項測試相關分析

（一）下肢動力與跑壘時間

A 組震動訓練下肢動力與跑壘時間呈現顯著正相關。B 組跳繩訓練下肢動力與跑壘時間亦呈現顯著正相關。

（二）反應時間與下肢動力

A 組震動訓練下肢動力與反應時間相關未達顯著。B 組跳繩訓練下肢動力與反應時間相關亦未達顯著。

（三）反應時間與 5m 跑壘時間

A 組震動訓練反應時間與擊球後 5m 跑壘速度呈現高顯著負相關。B 組跳繩訓練反應時間與擊球後 5m 跑壘速度呈現高顯著負相關。

第二節 建議

近年來震動刺激被廣泛的應用於運動訓練上，許多研究也指出震動刺激的立即與長期效果，對運動及神經表現有正面的助益。然而，震動訓練對運動表現及生理反應的促進效果取決於震動負荷（震頻、震幅、震動持續時間）及震動訓練計畫（訓練型態、訓練單元、訓練頻率、訓練劑量等）。依據本研究所呈現的結果與討論，提出以下注意事項以及未來研究方向建議，供相關研究者及教練、運動員參考：

- 一、震動訓練應安排於熱身運動後、主要單元訓練前實施，不可在疲勞狀態下進行震動訓練。且震動負荷（震頻、震幅、震動持續時間）安排必須適當，震動刺激持續時間過長會引起肌肉更加疲勞，並降低神經肌肉的運動表現。
- 二、建議未來研究對象若為運動員，其震動訓練計畫負荷安排除震頻、震幅、震動持續時間、間歇時間外，應附加槓鈴等額外重量之負荷。肌肉神經系統在等長收縮情況下進行震動刺激，隨著負重增加，中樞神經必須徵召更多運動單位，來維持運動表現。
- 三、震動訓練為輔助訓練方式之一，若要提升速度與力量，仍需依訓練目的來安排主要訓練單元。

參考文獻

一、中文部份

- 王文正(1994)。不同間歇折返跑運動對全身反應時間、動力與敏捷性之影響研究。**體育與運動**，**89**，49-57。
- 王文正(1995)。增強式和等張訓練對全身反應時間和動力效果之探討。**體育與運動**，**93**，38-42。
- 吳忠政、陳克舟(2005)。排球阻斷式接發球訓練對排球選手反應時間影響之研究。**大專體育學刊**，**7(4)**，105-112。
- 林耀豐、林清和(1996)。不同網球接發球反應前期與方向對其反應及動作時間的影響。**中華民國體育學會體育學報**，**21**，195-206。
- 胡金榮(2006)。**震動訓練對青少年短跑選手步頻及速度之影響**。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 陳志文(2004)。**間歇性連續踢擊對跆拳道優秀與一般選手反應時間與攻擊力量之比較**。未出版碩士論文，台北市立體育學院國，台北市。
- 陳君豪、楊雅如、王瑞瑤(2005)。網球運動能力之分析－以下肢為探討方向。**物理治療**，**30 (4)**，177-183。
- 陳俊汕(1995)。“反應時間”與“預期”在快速運動項目的重要性。**中華體育**，**8 (4)**，39-47。
- 陳俊忠(1992)。大學體育學生運動神經傳導時間與全反應時間之研究。**大專體育**，**2 (2)**，45-54。
- 陳婉菁(2004)。**不同震動刺激型態對等長收縮時肌肉活化程度之影響**。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。

- 黃茂穎、相子元(2005)。使用不同震動頻率對淺蹲跳法之短期效應。亞太生物力學學術研討會。
- 劉鎮國(2001)。應用虛擬實境探討我國大專足球運動員反應時間。大專體育學刊，3(2)，35-46。

二、英文部分

- Atha, J. (1981). Strengthening muscle. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 9: 1-73.
- Albert, M. S. (1991). *Eccentric muscle training in sports and orthopaedics*. NY : Churchill Livingstone.
- Allerheiligen, B., Edgerton, V. R., Hayman, B., Kuc, J., Lambert, M., MacDougall, J. D., Pedemonte, J., O'Bryant, H., Sale, D., Tesch, P., Vermeil, A., and Westcott, W. W., (1993). Determining factors of strength. *Journal of National Strength Condition Association*, 15(1): 9~31.
- Asmussen, E., & Bonde-peterson, F. , (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscle in man. *Acta Physiologica Scand.*, 91: 385-392.
- Bompa, T.O. (1994). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Humman Kinetic Publishers INC.
- Bompa, T.O. (1999). *Periodization: Theory and Methodology of Training/4th*. Humman Kinetic Publishers INC.
- Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P. V., & Luhtanen, P.

- (1982a). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiology Scandinavica*, 114, 557-65.
- Bosco, C., Tarkka, J. and Komi, P. V., (1982b). Effects of elastic energy and myoelectric potentiation of triceps surca during stret-shortening cycle exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 3(3): 137-140.
- Bosco, C., Cadinale M., & Tsarpela O., Collir, Tihany J, Von DuvILLARD 5P, VIRU A (1998) Biol5port 15:157-164.
- Bosco C., Cadinale M., & Tsarpla O. (1999). Influence of vibrati on on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal Applied Physiology*, 79, 306-311.
- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., DeLorenzo, A., & Viru, A. (2000) : Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 449-454.
- Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A. B., Messonnier, L., & Lacour, J.R. (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100m sprint running. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 274-281.
- Buchwald, J. S., (1967). Exteroceptive reflexes and movement. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 46:121-128.

- Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 31(1), 3-7.
- Cavagna, G. A., and Citterio, G., (1974). Effect of stretching on the elastic characteristics and the contractile component of frog striated muscle. *Journal of Physiology (London)*. 239, 1-14.
- Cochrane, D. J. & Stannard, S. R. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite Female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*; Nov 2005, Vol. 39, 860-865.
- Coleman, A. E. and L. M. Lasky (1992). Assessing running speed and body composition in professional baseball players. *Journal of applied sport science research*, 6(4): 207-213.
- Coleman, A. E. (2000). *52-Week Baseball Training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 157-196.
- Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 1033-1041.
- Delecluse C, Roelants M, Diels R, Koninckx E, Verschueren S. (2005) Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. *Int J Sports Med*, 26(8), 662-8.
- Driss, T., Vandewalle, H., & Monod, H. (1998). Maximal power

- and force-velocity relationships during cycling and cranking exercise volleyball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 38, 286-293.
- Eklund G, Hagbarth K-E (1966) Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Exp Neurol* 16, 80-92.
- Glasser, J., & Brown, W. (1999). Off-season training for women' s softball. *Strength and Conditioning Journal*, 21(4), 54-59.
- Gore, C. J. (2000). *Physiological test for elite athletes/ Australian Sports Commission*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hagbarth, K. E., & Eklund, G. (1966). Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity. *Brain Research*, 2, 201-203.
- Hakkinen, K. (1989): Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. *Journal of sport medicine*. 29, 9-26.
- Hakkinen, K. (1993). Changes in physical fitness profile in female basketball players during the competitive season including explosive type strength training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33(1), 19-26.
- Hennessy, L., & Kilty, J. (2001). Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 326-331.
- Issurin V. B., Liebermann D. G. & Tenenbaum G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal

- force and flexibility. *Journal of Sports Sciences*, 12, 561-566.
- Issurin V. B., & Tenenbaum G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports sciences*, 17, 177-182.
- Jones, R. D. II. (2003). *In-season athletic fitness parameters related to sport-specific performance among college female softball players*. Unpublished doctoral dissertation, University of Houston, Houston.
- Kindall, J. (1992). *Science of coaching baseball*. Champaign, IL:Leisure Press
- Komi, P. V. (1984). Biomechanics and neuromuscular performance. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 16(1), 26-28.
- Komi, P. V. (1986). Training of strength and power. *International Journal of Sport Medicine*, 7, 10-15.
- Komi, P. V. (1992). *Strength and Power in Sport*. Blackwell, p169-179.
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197-1206.
- Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine*, 35 (1), 23-41.
- Magill, R. A. (1998). *Motor learning : Concepts and*

- applications (5th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Martin BJ, Park HS. (1997) Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *European Journal Applied Physiology*, 75, 6, 504-511.
- Martin, D.; Carl, K.; Lehnertz, K. (1991) : *Handbuch Training slehre*, 1 Auflage.
- Murphy, P., & Forney, J. (1997). *Complete conditioning for baseball*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Norman, R.W., & Komi, P.V. (1979). Electromechanical delay in skeletal muscle under normal movement conditions. *Acta Physiologica Scan dinavica*, 106, 241-248.
- Noth, J. (1994). *Die zentrale und periphere neuromotorische Steuerung*. In: Komi, P. V.: Kraft und Schnellkraft im Sport. 21-25.
- Nougier, V., Azemar, G., Stein, J., & Ripoll, H. (1992). Covert orienting to central vision cues and sport practice relation in the development of visual attention. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54(3), 315-333.
- Prilutsky, B. I., Herzog, W., & Allinger, T. L. (1997) Forces of individual cat ankle extensor muscles during locomotion predicted using static optimization. *Journal of Biomechanics* 30: 1025-1033.
- Prilutsky, B. I. (2000). Coordination of two-and one-joint muscles: functional consequences and implications for

- motor control. *Mot Control* 4: 1-44.
- Robertson, T. (1998). Preparing a professional baseball player for spring training camp. *Strength and Conditioning Journal*, 20(4), 24-27.
- Romaiguère, P., Vedel, J. P., & Pagni, S. (1993). Effects of tonic vibration reflex on motor unit recruitment in human wrist extensor muscles. *Brain Research*, 602, 32-40.
- Romaiguère P., Vedel J.-P. Azulay J.-P. & Pagni S. (1991). Differential activation of motor units in the wrist extensor muscles during the tonic vibration reflex in man. *Journal of Physiology*, 444, 645-667.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor control and learning : A behavioral emphasis (2nd ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R. A. (1991). *Motor learning and Performance : From principles to practice*. Champaign, IL : Human Kinetics.
- Schmidtbleicher, D., & Haralambie, G. (1981). Changes in contractile Properties of muscle after strength training in man. *European Journal of Applied Physiology*, 46: 221-229.
- Torvinen, S., P. Kannu, H. Sievanen, et al. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clin. Physiol. Funct. Imaging*, 22, 145-152.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievänen, H., Järvinen, T, A.,

- Pasanen, M., & Kontulainen, S. (2002). Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: A randomized cross-over study. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 374-379.
- Torvinen, S., P. Kannu, H. Sievanen, et al.(2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* , 34, 9, 1523-1528.
- Tripp, R. S. (1965). How fast can you react? *Science Digest*, 55, 50.
- Vandewalle, H., Peres, G., & Monod, H. (1987). Standard aerobic exercise tests. *Sports Medicine*, 4, 268-289.
- Wenzel, R., & Perfetto, E. (1992). The effect of speed versus non-speed training in power development. *Journal Applied of Sports Science Research*. 6: (2) 82-87.
- Wickens, C. D. (1984). *Engineering psychology and human performance*. Glenview, ill. Scott, Foresman.
- Wilk, K. E., Voight, M. L., Keirns, M. A., Gambetta, V., Andrews, J. R., & Dillman, C. J. (1993). Stretch-shortening drill for the upper extremities : Theory and clinical application . *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 17(5), 225-239.
- Young, W. B. & Bilby, G. E. (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular, power and hypertrophy development. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 7: 172-178.

- Zatsiorsky, V. M. (1968). *Athlete's physical abilities*. Moscow: Fizkultura i Sport.
- Zatsiorsky, V. M. (1980). *The development of endurance*. In L. Matveyev and A. Novikov (Eds.). *Teoria I metodica physicheskoi vospitania (The theory and methodology of physical education)*. Moscow: Fizkultura I Sport. 271-290.
- Zatsiorsky, V. M. (1992). Intensity of strength training facts and theory: Russian and Eastern European Approach. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 14(5): 46~57.
- Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and practice of strength training*. Human kinetics Books, Champaign, Il. U.S.A.



【附錄一】

參與者同意書

本人經研究者詳細解說，確實了解研究內容及步驟，同意參予研究，並接受實驗設計中各項檢測。

研究名稱：震動訓練與跳繩訓練對棒球選手跑壘速度及反應時間之影響

研究者：國立體育學院教練研究所 莊廷玉

參與者簽名： 日期： 年 月 日

本研究目的在探討 20 天震動訓練與跳繩訓練對棒球選手下肢動力(CMJ)、起跑反應時間、擊球後至一壘跑壘速度、擊球後 5m 跑壘速度之影響。參與者於研究期間應遵守相關規定，接受各項檢測時，應著運動服並全力以赴。實驗期間，參與者可提出研究與測試相關問題，研究者除將盡力回答外，也將盡力保障參與者安全，參與者如因身體不適或其他理由，得隨時退出本研究。

由於您的參與，使本研究得以順利完成，期望能對運動訓練科學領域有所貢獻，再一次誠摯的感謝您的支持和參與。

【附錄二】



國立體育學院 教練研究所

訓練生理與健康實驗室 運動能力診斷疾病調查表

姓 名：	出生年月：	身高：	體重：	性別：
項 目：		最佳成績：		訓練年數：
請據實回答以下問題：				
國立體育學院 N.C.P.E.S.				
1. 是否有心臟疾病		☐ 是	☐ 否	
2. 是否有血液疾病		☐ 是	☐ 否	
3. 是否有糖尿病		☐ 是	☐ 否	
4. 是否有高血壓		☐ 是	☐ 否	
5. 是否有氣喘疾病		☐ 是	☐ 否	
5. 最近六個月是否有開刀手術		☐ 是	☐ 否	
6. 其他：				
1) _____				
2) _____				
3) _____				
4) _____				
運動員簽名： _____ 日期： _____				
教練簽名： _____				