國立臺灣師範大學體育系

碩士論文

甲乙組桌球選手競賽狀況能量消耗之比較研究

研究生：陳嘉偉

指導教授：方進隆

中華民國 101 年 1 月

中華民國臺北市

甲乙組桌球選手競賽狀況能量消耗之比較研究

2012 年 1 月 研究生：陳嘉偉

指導教授：方進隆

摘 要

目的：比較甲乙組桌球選手在模擬比賽中能量消耗、運動強度的差異及不同位置能量消耗之差異。**方法：**以甲乙組大學男性桌球校隊各 10 名為研究受試者，運用三軸加速規 RT3 配戴於腕、肘及腰部，監測 20 分鐘模擬比賽中的能量消耗及運動強度。所得資料以獨立樣本 t 考驗和混合設計二因子變異數分析，比較兩組間各變項之差異。**結果：**甲乙組能量消耗分別為 134.74 ± 36.94 kcal 與 108.35 ± 33.61 kcal；運動強度則分別為 5.85 ± 2.61METs 與 4.99 ± 2.4 METs。甲乙組選手能量消耗及運動強度皆未達顯著差異 ($p > .05$)。甲乙組選手中度及重度運動總時間沒有顯著差異，但輕度運動總時間，乙組 9.6 分鐘顯著高於甲組 3.0 分鐘($p < .05$)。組別與不同部位之間無交互作用，兩組間能量消耗亦無顯著差果，但是組內不同部位達顯著，手腕部位的能量消耗顯著高於手肘與腰部 ($p < 0.5$)。**結論：**20 分鐘模擬比賽中，不同技術水準之兩組桌球選手能量消耗及運動強度並無差異，但甲組選手輕度運動時間顯著少於乙組，手腕之能量消耗高於手肘及腰部。

關鍵詞：甲乙組桌球運動選手、能量消耗 、三軸加速規、運動強度

The comparison of energy expenditure during simulated matches between A and B level table tennis athletes.

Student: Jia-Wei Chen

January, 2012 **Advisor: Chin-Lung Fang**

Abstract

Purpose: To compare the difference of energy expenditure, exercise intensity (METs), and the energy expenditure of different locations between A-level and B-level table tennis players in simulated matches. **Methods:** Ten A-level and ten B- level male university team table tennis players were recruited as the subjects. All subjects were asked to wear RT3 on the wrist, elbow and waist to measure energy expenditure and intensity during 20 minutes simulated matches. All collected data were analyzed with independent *t-test* and two-way ANOVA mixed design. **Results:** The energy expenditure of A-level and B-level players were 134.74 ± 36.94 kcal vs. 108.35 ± 33.61 kcal , respectively; and there was no significant difference between 2 groups ($p>.05$). The intensity of A-level (5.85 ± 2.61 METs) was not significantly higher than that of B-level group players (4.99 ± 2.4 METs) ($p>.05$). There was no significant interaction difference of energy expenditure between two independent variables, and no significant difference between 2 groups. However, there was a significant difference between the positions and found that the energy expenditure of wrist was significantly higher than that of elbow and waist ($p<.05$). The total time of high intensity and moderate intensity exercise between 2 groups were not significantly different. The time of light intensity of A-level players was significantly shorter than that of B-level players ($p<.05$). **Conclusion**: The energy expenditure and intensity were not different between two groups, the time of light intensity of A-level was shorter than that of B-level players during stimulated matches. The results showed the energy expenditure and intensity were not affected by different skill level. The energy expenditure of the wrist was higher than that of the elbow and the waist.

Keywords: A-level and B-level table tennis players, energy expenditure, RT3 triaxial accelerometer, exercise intensity.

謝誌

研究所七年的歲月，經歷許多難題與挫折，曾經一度休學放棄碩士學位，選擇服兵役及就業，但是在心裡深處有一定要完成這個學位心願，重新回到學校，克服了許多的挫折終於完成學業。這一路我非常感謝指導教授方老師的鼓勵及指導，在百忙之中，指導學生的論文，並在英文學習及正面思考上，給學生我莫大的幫助及激勵。

擔任口試委員的黃榮松老師及洪聰敏老師，在實驗及論文寫作給予我許多建議和指導，讓我的論文臻完備。更感謝泰諭學長在我每次遇到困難，耐心的給予指導，雅菁學姐提供 RT3 並不厭其煩的指導其操作方法及研究所的學長及學弟妹們幫忙與協助，我心裡由衷的感謝你們。

感謝昭宏、沈震等師大乙組桌球校隊隊員們，有你們的協助讓我順利的尋找到受試者，甲組選手受試者不足時，非常璟良大力協助尋找許多甲組選手當受試者，這一路上有許多貴人及同伴的相助下，我才可以完成這篇碩士論文，真的非常感謝你們。

最後感謝我的父母讓我無後顧之憂的完成學位及所有幫助過我的人，希望未來可以儘自己微薄的力量回饋給所有需要幫助的人。

陳嘉偉 謹誌

中華民國 101 年 1 月

目次

表目次

圖目次

第壹章緒論

本研究旨在藉由三軸加速規 RT3 來比較甲乙組桌球選手，在 20 分鐘模擬比賽能量消耗與運動強度預測值。本章主要分為下列五節加以敘述：第一節、研究背景；第二節、研究目的；第三節、研究假設；第四節、研究範圍與限制；第五節、名詞操作性定義。

第一節 研究背景

眾多的運動項目中，桌球運動是一項值得推廣的休閒運動。桌球運動是有組織的大肌肉活動之一，可依環境、設備及個人需求來滿足運動目的（廖學勇，1986）。由於不受身材限制、場地設備簡便、不受天候限制、 運動量可大可小、在運動項目中運動傷害最少、規則易懂、不需太多經費、運動生命最長（黃美珍，2003）。

桌球起源於 19 世紀英國，由於擊球起來的聲音「乒、乓、乒、乓」因此桌球亦有乒乓球 (ping pong) 之稱，由於這種運動源自於網球運動在桌上對打，是故英文稱為「table tennis」，至今國際乒乓球協會也是使用「桌球」名稱。桌球運動於 1988 年漢城奧運開始被列為正式項目。桌球是很適合我國發展的運動項目，據統計指出台灣地區各地每年舉辦之大大小小運動比賽，以桌球比賽次數最多，國內最具規模的全國性運動競賽，也屬於桌球的參賽隊伍最多（阮文淵，1990），

顯示桌球項目適合我國發展。

我國桌球運動的男子選手中，蔣澎龍與張雁書的雙打搭配曾獲得亞洲盃冠軍及世界盃亞軍。在 2001 年，莊智淵在國際職業桌球年終大獎賽中一舉擊敗世界前 16 強高手獲得世界冠軍。近年來，女子球員黃怡樺與鄭怡靜的女子雙打組合，曾於 2010 年日本公開賽獲得亞軍，更在 2010 年印度公開賽獲得女子雙打冠軍。由上述成績表現可知。在 2012 年倫敦奧運，桌球是一項有奪牌希望的運動。

桌球是屬於持拍類運動項目之一，此運動模式特點為間歇性、短時間持續擊球及休息時間（撿球、中場休息等）(Morel & Zagatto, 2008; Zagatto, Papoti & Gobatto, 2008)。持拍類運動的特性：包括移動的力量、速度及敏捷性，而這些因素會明顯影響到選手比賽的表現 (Kovacs, 2007; Roetert, Brown, Piorkowski, & Woods, 1996)。持拍類運動比賽時間長短不依，會依照比賽的分數而影響到總比賽時間，一般網球比賽約為1-5個小時、羽球約為25-40分鐘、桌球約為10-25分鐘。

運動訓練需要考慮到不同的運動生理參數 (Ribeiro, Castro, Rosa , Baptista, & Oliveira, 2006)，已有許多研究使用呼吸參數及血乳酸濃度 (blood lactate concentration, LAC) 測量持拍類運動的生理特性 (Christmass, Richmond, Cable, Arthur,& Hartmann,1998; Ferrauti, Bergeron, Pluim, & Weber, 2001; Marinque & Gonzaˊles-Badillo, 2003)。在比賽中的運動生理特性，例如；對打持續的時間、休息與

打球時間比 (Montpetit, 1990; Christmass & Richmond等, 1998; Smekal等, 2001; Marinque等, 2003)。

桌球運動是高度特別的專項運動，在訓練中教練往往只專注在訓練專項技術及比賽心理訓練，而忽略了體能訓練及健身效果的重要性，影響其訓練的成效。近年來有許多客觀的身體活動量測量儀器，例如: 計步器、單軸加速規及三軸加速規等，其中三度空間監測的三軸加速規 (RT3) 常被使用，且其測量身體活動誤差較小 (Welk, Blair, Wood, Jones & Thompson, 2000)。RT3 使用方式為配戴於腰部，可以較客觀的測量到一天或是數天的身體活動量。

從過去的文獻中得知，將 RT3 配戴於腰部以行走、跑步、登階等，以下肢為主的運動，測量全身的身體活動量，但是很少有運用 RT3 測量以上肢為主的持拍類專項運動。因此，運用 RT3 測量以上肢為主持拍運動的能量消耗值得更進一步探討。

過去研究以 30 位優秀桌球選手及 30 位業餘桌球選手為研究對象，分析桌球練習及比賽中的能量消耗差異比較表現，在同樣的練習內容中，優秀選手在 10 分鐘的練習內，心跳及耗氧量沒有明顯的上升，但是業餘選手在練習開始 5 分鐘後，心跳及耗氧量有明顯的上升 (Shieh, Chou, &, Kao, 2010)。顯示有關技術水準不同之桌球選手在練習及模擬比賽中，能量消耗及運動強度需進一步探討，但是運用配戴

攜帶式氣體分析儀測量模擬比賽時，因儀器配戴複雜且笨重，容易影響實際比賽時選手之移動及活動度，而使得測驗與真實比賽情境有較大的落差。

另一項以 20 位甲組桌球選手為對象，將 RT3 分別配戴於受試者的肩、肘、腕及下背部，以發球機送球，並利用氣體分析儀，當作效標，進行桌球正手擊球能量分析，發現 RT3 配戴在肘與腕所測得之參數與氣體分析儀所得之耗氧量有高相關（王佩凡，2009）。但此研究未測量 RT3 在模擬比賽中的能量消耗及不同技術水準桌球選手能量消耗之差異。

因此，本研究欲探討甲乙組桌球選手在 20 分鐘模擬比賽中，利用三軸加速規 (RT3) 配戴在身體不同部位測得的身體能量消耗預估值，並進一步了解 RT3 配戴於上肢來測量全身身體活動量的可行性及其是否可應用測量桌球專項運動的身體活動量。

第二節 研究目的

1、 比較甲乙組桌球選手在模擬比賽中能量消耗與運動強度之差異。

2、 比較甲乙組桌球選手在模擬比賽中不同強度運動總時間之差異

3、 比較模擬比賽中在甲乙兩組桌球選手不同部位所測得之能量消耗。

第三節 研究假設

1、 甲乙組桌球選手在模擬比賽中能量消耗與運動強度會沒有顯著差異。

2、 甲乙組桌球選手在模擬比賽中不同強度運動總時間沒有顯著差異。

3、 比較模擬比賽中甲乙兩組桌球選手不同部位所測得之能量消耗沒有顯著差異。

第四節 研究範圍與限制

1、 本研究以大專院校甲組及乙組桌球校隊男性選手為受試者，研究結果無法推論其他年齡及不同性別之族群。

2、 本研究之比賽為模擬比賽，無法完全代表實際比賽。

3、 在實驗之模擬比賽無法偵測評估受試者全力配合之努力動機強弱，只能以車馬費及口頭方式鼓勵受試者盡全力參與模擬比賽測驗。

第五節 名詞操作性定義

1. 甲乙組桌球選手

本研究是以甲組校隊，體育績優保送桌球專長生；乙組桌球校隊是指非體育科系之一般科系學校桌球代表隊。

2. 能量消耗

本研究的能量消耗是指將 RT3 配戴於桌球運動者(持拍手)、手腕、肘、及腰部，當桌球選手在模擬比賽中擊球、腳步移動及撿球等，全部個體位移之身體能量消耗之預估值。

3. 三軸加速規

RT3 Tri –axial 是一種三軸向身體活動量測量儀器，主要運用壓電加速器技術 (piezoelectric accelerometer technology) 測量身體在三軸向身體活動的情形，當軀幹加速而該儀器內部感應器對加速度會產生相對應比例之電流，此電流與受試用力程度呈正比。本研究以三軸向身體活動測量器 (RT3 tri-axial) 內建模式 1，以每秒紀錄甲、乙組桌球選手在 20 分鐘模擬比賽中之身體活動量及運動強度。

4. 運動強度

一個 METs 指的是一個人在安靜時每分鐘每公斤的身體組織約消耗 3.5 毫升的氧氣量，所以 1MET= 3.5ml/kg/min。本研究三軸向身體活動測量器 (RT3) 所測得的『代謝量』評估運動強度 (activity intensity)。區分為

(一)久坐 (sedentary) 指靜態活動含睡眠，運動強度為 1 ~ 2.2 METs。

(二)輕度運動 (light physical activity, LPA) 2.3 ~ 4.7 METs。

(三)中度運動 (moderate physical activity, MPA) 4.8 ~ 5.9 METs。

(四)重度運動 (vigorous physical activity, VPA) ≧ 6METs。

第貳章 文獻探討

本章共分為下列四節加以敘述：第一節、桌球運動之能量系統；第二節、不同層級運動者能量消耗之相關研究；第三節、加速規活動量評估之相關研究；第四節、本章總結。

第一節 桌球運動之能量系統

一、桌球運動的特性

能量產生的方式可分為三種：ATP-PC 系統、無氧乳酸系統及有氧系統 (McArdle, Katch, &, Katch, 1991)。在三個供能系統中，其中兩個系統是在不需要氧氣的情況下工作，所以為無氧系統 (anaerobic systems)；另一個則要在氧氣充裕的情況下才能正常運作，所以屬於有氧系統 (aerobic system)。依據不同運動特性會需要不同的能量消耗系統。

ATP-PC 系統是在數秒內完成的運動，例如：跳躍、投擲、跑步及舉重等；無氧乳酸系統是指運動時間在 1 至 3 秒完成的大強度運動，如；400 公尺短跑、800 公尺短跑；有氧能量運動系統是長時間的耐力運動，如；馬拉松。桌球運動是屬於間歇性、短時間、高強度的運動模式。在球與球之間有短暫的休息時間可供球員休息，在三局比賽的總時間約為 10 分鐘-17 分鐘之間，在四局比賽的總時間為 14 分鐘

-22 分鐘，在五局比賽的總時間約為 16 分鐘-28 分鐘。桌球比賽時間是由有球活動（如：發球、接發球及攻球等）與無球時間（如：撿球、暫停、局間休息）所組成。因此，桌球運動型態非循環運動性的運動類型，所以在針對能量系統之研究需考量較多的因素（趙崇山，2007）。

耐力是桌球運動最重要的能力之一，競技水準較高的選手通常有較好的耐力 (Weber & Hollman,1984; Weber, 1985)。 耐力這個名詞可分為肌肉耐力及心肺耐力。對於桌球運動選手來說，耐力是可以讓選手在比賽中可以維持高強度及高質量的連續正手拉球，而正手連續拉球需要手臂肌肉的耐力，此種耐力是與無氧能力有高度相關 (Willmore & Costill, 2004)；心肺耐力是指身體全部相關之耐力。對於桌球選手來說需要有 15-30 分鐘的心肺耐力來維持有氧及無氧耐力的表現。

桌球競賽每一分的過程是一種時間短、強度大且快速的運動模式；腳步移動、發球搶攻、對拉及連續扣球等都需要速度、速耐力及爆發力。因此，桌球比賽中要有更好的表現而取得勝利，良好的無氧能力是影響勝負的關鍵要素。

二、 持拍類運動能量消耗

持拍類運動包括：桌球、網球及羽球等，是世界上最受歡迎及最多人從事的運動之一，相較於籃球、足球、手球、橄欖球等非隔網之

開放運動，持拍類運動衝擊和碰撞較少，相對地造成運動傷害的比率也比較少一些。而持拍類運動相較於閉鎖式運動，例如：走路、跑步及騎腳踏車等，因隨著不同的對手，而產生不同對打內容的變化，進而使每次參與運動時有較佳的樂趣。一項調查發現：台北地區護理人員，從事運動項目以室內球類最為普遍，其中又以桌球最多（邱秀霞、吳政崎，2003）。

持拍類運動係屬於一種間歇性運動，林正常（2002）指出攝氧量及心跳率常用來做為間歇運動的運動強度指標。大部分運動科學提到最大攝氧量 VO_2max 代表其運動員的有氧能力，它是一種最客觀的方式來評量運動員最大心肺耐力的實驗室測量方式。但在桌球運動中，只有在多球訓練、特定腳步訓練或是比賽中較長的相持球時，才會有最大攝氧量發生的情形 (DeVries, 1986)。因此，在一般的桌球練習或比賽中難以用最大攝氧量做為其桌球選手之有氧能力指標。

心跳率是運動時心血管生理變項中最明確的指標，透過儀器的監控可了解到各種不同項目的運動在不同強度運動下的心跳值。在非最大運動 (sub-maxmal) 運動強度與心率變化呈一直線相關 (Astrand & Ryhming, 1954)。因此心跳率的變化速率是可以反應出一個人的攝氧狀況及運動強度。所以一般教練在設定運動強度時，以選手的心跳率作為評估訓練效果的方式。表 2-1 為國內外持拍類運動訓練及比賽強

度之研究表。

表2-1-1國內外關於持拍類運動與訓練強度指標之研究

研究者（年代）	研究對象	研究設計與方法	研究結果
詹貴惠、杜美華、廖學勇、許美智（2001）	14名國立體院桌球專長生	持續六天多球訓練（每天600-1200顆），訓練前後均採血，並在15分鐘後收集尿液	訓練後的血乳酸平均值為3-6 mmol. l^{-1}、CK值為104.79；血尿素氮有上升，但上升未超過2mg.dl^{-1}。每天600-1200顆對桌球運動員而言，負荷不大，訓練強度屬於中等強度以上。
Manrique 與 González-Badillo (2003)	11位不同國籍之國際級羽球選手	在14場比賽中測量選手的平均心跳率及血乳酸濃度	平均心跳率173.5次/分 、乳酸值3.79 mmol.l^{-1}。
林正常、王順正與吳忠芳（2005）	男女各八名從事網球成年人做為受試者	正手中底線相互抽球，在攝氧量達到穩定狀態（Steady State）後開始擷取資料	結果顯示男性METs 9.68 ± 2.05和女性8.05 ± 0.88。
李玉麟、許淑雯（2008）	19位國立台灣體育大學球類系桌球專長生	以模擬比賽後檢測血乳酸並測量心跳；傳統多球訓練連續45球為一組、分段多球訓練15球為一組測量血乳酸及心跳	比賽情境下所產生的乳酸堆積為1.49 ± 0. 53 mmol.l^{-1}與心跳率為146.36 ± 14.62次/分，乳酸值與安靜值的差異不大；分段式多球訓練比傳統式多球訓練，在乳酸值方面降低非常多，且達到顯著。（$p<.01$）
Zagatto, Moreal與Gbatto (2010)	12名地方級和8名國際級桌球選手	在21場實際比賽中，抽取選手血液測量血乳酸濃度 (blood lactate concentration)，並配帶心率監測表	平均心跳為163.8 ± 13.7次/分、乳酸值為1.8±0.8 mmol.l^{-1}、比賽休息比為0.4 ± 0.2、平均相持球數3.9 ± 2.0。

		(polar electro) 每5秒 記錄受試者心跳率	
Sperlich, Koehler, Holmberg, Zinner, 與 Mester (2011)	8名國家青年桌球代表隊選手	在比賽中測量血乳酸(blood lactate concentration)、心跳率及攝氧量 (oxygen uptake)	比賽中乳酸濃度為 1.1 ± 0.2 $mmol \cdot l^{-1}$、心跳率 126 ± 22 次/分，攝氧量為25.6 ± 10.1 (45.9) $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$及運動強度 4.8 ± 1.4 (9.6) METs。

表2-1-1可以了解下列持拍類運動的生理特性，羽球比賽平均心跳約羽球比賽平均心跳約為173.5次/分、乳酸值3.79 $mmol.l^{-1:}$；網球比賽運動強度約在9.68 ± 2.05 METs和女性8.05 ± 0.88 METs；桌球比賽平均心跳率約為 163.8 ± 13.7次/分、乳酸堆積為1.8 ± 0.8 $mol.l^{-1}$、運動強度4.8 ± 1.4 METs。一項研究顯示持拍類運動中，相持球的時間與休息時間可能是造成桌球比賽時較低乳酸濃度產生的原因，並且不同球場、性別、年齡及競技水準也會影響到最大耗氧量及血乳酸的濃度 (Ferandes, Mendez, &, Pluim, 2006)。

第二節　不同層級運動者能量消耗之相關研究

一、 能量消耗的重要性

台灣現今已實質進入已開發國家之林，台灣社會理當是文明富裕的高科技國家，但高達八成以上的國人沒有休閒運動的習慣（楊忠和，2004）。台灣的社會也從農業社會轉變成工商社會，國人的生活

形態也從勞動的生活型態轉變成坐式生活型態 (sedentary lifestyle)，此種型態的生活是減低身體活動，是導致許多現代人文明病發生的重要原因之一。

台灣十大死因（行政院衛生署，2008）中，惡性腫瘤、心臟疾病 、腦血管疾病、糖尿病等，這些疾病的形成皆與肥胖有很大的相關，而造成肥胖的主要原因之一，就是身體活動量不足。

隨著過重及肥胖人口的逐漸增加，身體活動 (physical activity) 對於維持健康體重已經被認為是一個的重要因素 (Ogden 等, 2006)。肥胖主要原因是由於能量攝取 (energy intake) 多於能量消耗 (energy expenditure) 而造成。因此，體重增加的主要是不斷攝取過多的能量所導致。每日的總能量消耗是由安靜代謝率 (resting metabolic rate)、攝食生熱能量 (thermic effect of feeding) 及身體活動能量消耗 (physical activity energy expenditure) 所組成 (Donahoo, Levine & Melanson, 2004)。其中身體活動能量消耗是變化最大的因素，它扮演著體重控制的重要角色 (Esparz 等, 2000; Zurl 等, 1992)。由於肥胖及過重人口的增加，增加身體活動量以維持身體健康已成為相當重要的課題。因此，規律的身體活動對促進身體健康及提升體適能有相當大的助益。2009 年美國運動醫學會 (American College of Sports Medicine, ACSM) 立場聲明建議，一般民眾每週至少從事中等強度運

動 150-250 分鐘，以達到減重及預防復胖，並能改善心血管疾病的危險因子。

二、 不同層級運動者能量消耗

不同層級之運動選手，其技術、基本體能、年齡及運動時間與運動對象等相關因素，而影響其能量消耗。Jaime (2009) 等人，以國際級網球選手及業餘網球選手各 10 名，利用跑步機測量兩組受試者的最大攝氧量 (VO_2max)，模擬比賽測量兩組受試者 1 小時內，所移動的總距離及運用 K4B2 攜帶式氣體分析儀測量 30 分鐘比賽的能量消耗。結果顯示在模擬比賽中，國際級選手及業餘選手之 VO_2 (24.5 ± 4.1vs 23.3 ± 3 $ml \cdot kg^{-1}. min^{-1}$)，心跳率 (148.3 ±11.5 vs. 149.8 ± 8.4 bpm)，對打時間 (6.3 ± 4.1 vs 7.6 ± 5.5 sec) 與能量消耗 (263.1 ± 49.4 & 281.3 ± 61.8 $kcal. min^{-1}$) 兩組間沒有顯著差異 (p >.05)。

Shieh 等人 (2010) 以優秀及業餘桌球選手各 30 名為受試者，運用攜帶式氣體分析儀 (cortex metamax 3B) 測量桌球練習及模擬比賽之能量消耗。優秀選手在桌球動作練習（包括正手及反手）時的平均攝氧量為 29.8 ± 7.2$ml.kg^{-1}.min^{-1}$ 及在模擬比賽中為 36.8 ± 13.2 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$，業餘組在桌球動作練習時的平均攝氧量 33.5 ± 7.5 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$、模擬比賽為 35.6 ± 18.4$ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$。優秀選手在一般正手擊球、反手擊球、及模擬比賽中，心跳率及攝氧量並沒有明顯的

變化及上升，但在開始練習連續攻擊時，心跳率及攝氧量則有開始明顯的增加，但業餘選手在開始練習 5 分鐘後、較長練習時間及比賽末段，心跳率與攝氧有明顯的上升。從測量的數據顯示，業餘桌球選手有氧能力及耐力較差於優秀桌球選手。

Zagatto, Moreal, 與Gbatto (2010) 以12名地方級桌球選手和8名國際級桌球選手，在21場實際比賽中，在每局比賽結束1分鐘後及每場比賽結束1分鐘、3分鐘、5分鐘及7分鐘後抽取選手血液，測量血乳酸濃度 (blood lactate concentration)，並配帶心率監測表 (polar electro) 每5秒紀錄受試者心跳率。在所有比賽中所測得之乳酸濃度為1.8 ± 0.8 mmol.l^{-1}，最大乳酸值為2.2 ± 0.8 mmol.l^{-1}。兩組受試者乳酸濃度並無不同。

呂榮煥（2005）比較世界級、大專甲組及大專乙組桌球選手正手拉攻完整性。結果顯示在轉腰向前擊球收拍階段、移位轉腰擊球及身體還原準備階段，大專桌球甲組選手優於乙組桌球選手，所以不同層級的桌球運動者在技術水準的不同，而可能造成正手擊球能量消耗之差異。

第三節 加速規活動量評估之相關研究

一、 加速規在身體活動之運用

(一) 單軸加速規應用在日常生活的測量

加速規是藉由軸所產生速度測量身體之活動量，其使用到的技術包括；壓電的技術、微機構的彈簧和容量的改變 (Welk, 2002)。通常是多軸測量包覆在一個盒子，它可以是單軸、雙軸、三軸。主要功能為運用感應器去改變位移的電信號轉換成同比例的肌肉力量所產生移動 (Melanson & Freedson, 1996)。一般的加速規包括：手腕配戴的單向手錶式加速規 (Mini Mitter, Bend, OR)，腰部配戴加速規 (IM Systems,Inc., Baltimore, MD)，三軸加速規 RT3 (TriTrac StayHealth, Monrovia, CA)，足部配戴 NikeiPod (Apple/Nike, Cupertino, CA)。大部分的加速規先調整其信號，然後計算加速規整體數字以測量出能量消耗。然後這些被計算出來的數值被常數和分散的常數所得身體能量消耗。

Welk 等人 (2000) 使用單軸加速度規 (CSA, Actigraph) 評估三種不同速度之 (3,4,6 mph) 跑步機測試及六種家事工作（包括除草、耕地、鏟土）等三種戶外工作及使用（吸塵器、清掃、堆疊雜物）等三種室內工作的能量消耗。結果在跑步機及家事工作測試時，單軸加速規所測量的能量消耗與攝氧量的相關分別為 r = 0.8 及 r = 0.48。單軸加速規所測量的六種家事之能量消耗低於氣體分析儀，其所低估之程度為 53%。

Kelly 等人 (2004)，使用直接觀察法來評估 78 位學齡前的兒童

（3-4 歲）在自由活動時配帶 ActiGraph 7164 和 Actiwatch 的效度。結果顯示 ActiGraph 7164 與兒童的總身體活動量有顯著的相關 (r = 0.72)；Actiwatch 則無顯著相關 (r = 0.16)。

Mark 與 Knneth (2006) 以 163 位老年人（76.1 ± 3.9 歲）及 45 位青年人（26.9 ± 4.1 歲）配帶加速規 ActiGraph 7164，受試者需配帶 ActiGraph 連續七天，只有睡覺及洗澡時可以將 ActiGraph 卸下。結果發現平均每日每分鐘總數 (mean counts min^{-1} day) 老年人比青年人少了 36%，老年在中度到強度運動 (moderate to vigorous physical activity) 的範圍中呈顯著差異 (older female 16.7 ± 12.2 vs. younger female 38.4 ± 18.4 MVPA $min.day^{-1}$; older male 23.8 ± 20.0 vs. young male 40.4 ± 19.2 MVPA $min.day^{-1}$)。這個研究提供以加速規來測量大數量老年人族群的身體活動量。

綜合上述文獻，單軸加速規運用於測量日常身體活動已有一定的信效度，例如：跑步、走路、掃地及除草等。並且在不同年齡層也有良好的信效度。

(二) 三軸加速規的測量及運用

目前國際上較常使用且被認為有其精準性之新式身體活動測量儀器，有平面單軸的Caltrac、Biotrainer 以及三度空間監測的TriTrac-R3D等，其中TriTrac-R3D 被認為在測量個人的活動上有較

少誤差 (Welk, Blair, Wood, Jones & Thompson, 2000)。三軸加速規可以收集到矢狀面 (vertical, Z)、橫切面 (mediolateral, X)、縱貫面(anteroposterior, Y) 三個平面的活動，且三軸加速規能彌補單軸加速規的限制，提供更準確的身體活動評估（邱靖雯、張碧真，2005）。美國Stayhealth所生產的RT3與Tritrac R3D有同樣核心技術的新儀器。RT3的規格大小為71.1x 5.6 x 2.8cm，重量為65g，其評估能量消耗的方式與tritrac R3D相同。該儀器測量個體三個平面的加速，主要應用壓電加速度技術來測量度空間活動量的儀器。可設定身體活動取樣的時間，間隔由1秒到1分鐘、並可記錄和儲存資料達21天（沈淑鳳，2007）。

Jacobi (2007) 等人，以13名過重或肥胖的成人為對象，利用雙同位素水標記法 (double labeled water, DLW) 為效標，測量受試者日常生活能量的消耗。研究結果得到R3D、RT3與DLW的相關分別為r=0.36及r=0.67。

Maddison 等人 (2009)，針對年齡在18到64歲（M=39歲）。36位受試者連續配戴RT3 15天，除了睡眠時間及洗澡時將RT3卸下，每位受試者的RT3每日平均配戴時間為12.3 ± 2.1 hr/d，將RT3配戴位置一致在右側臀部，並用雙同位素水標記法 (DLW) 來測量總能量消耗 (total energy expenditure, TEE)。結果顯示RT3測得之身體活

動量與DLW的相關為 r= 0.32 (p < .05)。

二、三軸加速規RT3與耗氧之相關

黃鐘儀（2005）以18至29歲男女各10名為受試者，進行3種不同階高及速度之登階運動，每階段各測5分鐘，實驗中同時使用氣體分析儀及三軸加速規RT3測量能量消耗。研究結果顯示，RT3測得之能量消耗與耗氧量相關係數分別為r = 0.74與r = 0.80皆達顯著 (p ＜ .001)。

Juliette (2007) 等人，以20名的兒童（7-12歲）為受試者，運用三軸加速規RT3與攜帶式氣體分析儀 (wireless portable ergospormetric system) 來比較RT3之效度，在跑步機上測量五種不同速率之能量消耗：沒有活動(inactivity)、走路3km.h^{-1}、快走6km.h^{-1}、10%快走坡度6 km.h^{-1}與慢跑9km.h^{-1}。結果發現RT3在測量兒童在走路3km.h-1、跑步3 km.h^{-1}、6 km.h^{-1} 和9km.h^{-1}與攜帶式氣體分析儀有良好的相關性 (r = 0.56~0.84, p< .01).。

Chu, Alison, 與Clare (2007) 以35位的兒童（8-15歲），利用三軸加速規RT3的數值來區分動態及靜態活動，針對耗氧量將身體活動分為4種強度：久坐 (<2METs)、輕度運動 (≧2 METs、＜3 METs)、中等強度運動 (≧3 METs、＜6 METs)、激烈運動 (METs≧6)。隨著運動的強度從靜止到激烈，RT3的數值與耗氧量呈現正相關 (r=0.83)。

Vanhelst等人（2009），以60位健康的10到16歲青少年（男30位、女30位），利用七種不同日常身體活動（例如：看電視、閱讀、打電玩、踢足球、慢跑等），其身體活動的強度從低強度到高強度，受試者在每個項目身體活動時，運用RT3三軸加速規來測量身體活動量，同時心跳監測錶 (polar heart rate monitor) 及VO_2氣體分析儀當做效標。研究結果發現，RT3在低頻率2到10赫茲 (Hz) 的坐式活動（例如：看電視、打電玩）所測量出的值與VO_2氣體分析儀所測出的值相關度較低。因此，RT3在測量較低強度的身體活動時，可能會有較大的誤差。

綜合上述文獻可以得知已有許多研究證實VO_2氣體分析儀可以測量出不同身體活動的能量消耗，三軸加速器RT3所測量出身體活動量的時間、頻率及強度與耗氧量有良好相關性 (Esliger & Tremblay, 2006; Rowlands, Thomas, Eston, & Topping, 2004)。

三、加速規配戴位置之比較

加速規具有輕便小巧且穿戴方便的優點，它可戴在腳踝 (ankle)、手腕 (wrist) 腰部或下背部 (waist or lower back)。一般會將加速規配戴於腰部，因為從事身體活動時會造成人整體的移動，腰部較接近於人體重心的位置，因而偵測出的數值較接近實際的身體活動量 (Ward, Evenson, Vaughn, Rodgers, & Troiano, 2005)。

Trost等 (1998) 以30位10到14歲的兒童為研究對象，進行三次五分

鐘的測驗，各以三種不同的速度（3、4和6mile.h^{-1}）在跑步機上測量身體活動量與能量消耗，且在左側與右側腰部上皆配帶ActiGraph 7164。結果顯示，左右兩側的ActiGraph所測出的身體活動量並無顯著差異，內在信度的兩側的ActiGraph與能量消耗有顯著的相關(r=0.86; r=0 .87)。

劉又慈、傅麗蘭與陳亮伃（2006），以 11 名健康受試者為對象，進行原地登階運動，同時使用間接量熱計及三軸加速規 RT3 來測量相對耗氧量，來推估實測耗氧量。分別將 RT3 配帶於髖前上棘、腓骨頭近端、阿基里腱上 15 公分處，紀錄動作時之三軸向量，而依內建公式預估能量消耗。結果顯示，不同階高和不同階速下之耗氧量當RT3 配戴於膝關節時 RT3 的能量預估達顯著相關 (r= 0.37, 0.75)；踝關節不同狀態下預估百分比較不穩定 (181.12~880.37%)；髖關節易低估 (62.62~76.77%)。

廖立同（2009）以 15 位 20 到 30 歲的健康青年人為受試者，將雙軸加速規 Crossbow 配戴於手腕與腳踝的位置，並以心率錶監測受試者心跳。平地跑步與跑步機跑步來推估受試者跑步的身體活動量。結果顯現手腕與腳踝之加速度可推估身體的活動量及跑步的速度。

王佩凡（2009）的研究以 20 位甲組桌球選手將 RT3 分別配戴於肩關節、肘關節、腕關節及下背部，以氣體分析儀為效標，在受試者正

手擊球時，同時測量耗氧量與 RT3 在身體不同部位所測得數值之相關。結果顯示 RT3 配戴在肘關節與腕關節所測得之參數與氣體分析儀所得之耗氧量高相關 (r=0.39~0.75, p<.01)。

綜合上述文獻可知，RT3 配戴於腰部、手腕及腳踝來測量跑步、走路、登階等以下肢為主的運動較為普遍，並且有良好的效度，在測量以上肢為主的專項運動，例如：桌球、網球、羽球等持拍類運動，相對地較少。因此，本研究欲進一步探在模擬比賽中，不同技術水準之兩組桌球選手，RT3 配戴在於身體不同位置能量消耗預估值之差異。

第四節 本章總結

綜合前三節敘述可總結以下幾點：

一、 桌球運動的特性是屬於間歇性、短時間、高強度的運動模式。5 局 3 勝的桌球比賽平均時間為 15 至 25 分鐘；比賽休息比為 0.4 ± 0.2、平均相持球數 3.9± 2.0；平均心跳為 162 至 173 次/分；血乳酸濃度為 1.8 ± 0.8mol.l^{-1}；運動強度約為 4.8 ± 1.4 METs。

二、 不同層級的桌球選手可能會因為不同訓練強度及技術層級的差異，而造成比賽中能量消耗有所差異。

三、 由於加速規體積小、信效度佳、使用方便是評估運動能量消耗的良好儀器。從以往的文獻可以得知加速規在測量身體活動已有良好的效度，但是大部份加速規相關研究以下肢為主運動來測量全身之身體活動量，以上肢為主的運動來測量身體活動量之研究相對的較少。

第參章研究方法與步驟

本章主要分為下列五節加以敘述：第一節、研究對象；第二節、實驗時間與地點；第三節、實驗方法與程序；第四節、研究工具；第五節、資料處理與統計分析。

第一節 研究對象

本研究以大學甲組男性桌球校隊10名（18-28歲）及大學乙組男性桌球校隊10名（18-28歲）為對象，共20名實驗受試者。在實驗開始前，每位受試者均需瞭解本研究之目的、實驗流程、可能發生的危險及注意事項，並填寫受試者需知（參閱附件一）、受試者同意書（參閱附件二）及填寫受試者個人資料（參與附件三），以確保雙方權利。

第二節 實驗時間及地點

一、 實驗時間

本研究時間從西元2011年4月1日至西元2011年11月30日止。

二、 實驗地點

國立臺灣師範大學公館校區分部體育館室內運動中心。

第三節 實驗方法與步驟

一、受試者招募

本實驗將招募符合研究條件之自願男性桌球運動者20位，大學體育績優保送甲組桌球校隊10名，非體育科系一般科系乙組桌球校隊10名。

二、 儀器校正

實驗前先校正三軸加速規的準確度，並將受試者的身高、體重等基本資料輸入電腦並傳送至三軸加速規 (RT3)。

三、 暖身運動

（一） 伸展運動：選手依照一般比賽前的所需之準備活動，包括：伸展活動及慢跑等。

（二） 熟悉實驗儀器與過程：讓受試者熟悉並配戴儀器，進行三分鐘試打。

四、 配戴儀器

配戴三軸加速規：配戴三軸加速規於受試者下背部（接近第三腰椎處）及持拍手的手腕（橈骨莖與尺骨連線處）、肘（肱骨外側髁上一公分處）。

五、 正式實驗

（一） 模擬比賽：相同層級桌球選手（甲組與甲組、乙組與乙組）與不同選手各進行2場每場20分鐘之桌球模擬比賽（11分五戰三勝制）。

（二） 攝影紀錄：由筆者觀看所拍攝之影片，歸納並紀錄每場模擬比賽之打球休息比與來回球次數。

（三） 實驗流程如圖3-3-1

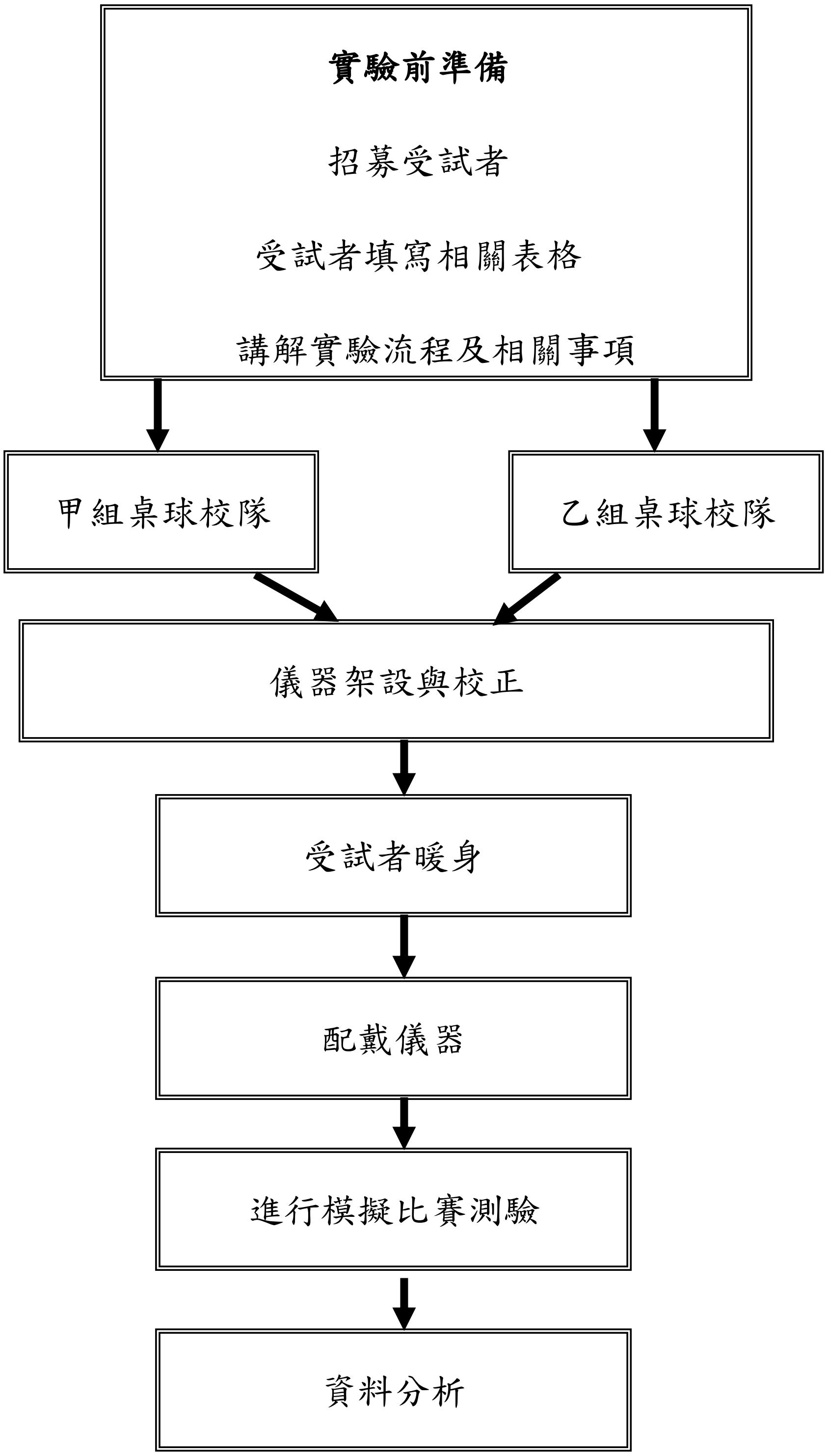

圖3-3-1 實驗流程圖

第四節 研究工具

一、 三軸加速規 (Stayhealth, Inc.) RT3 。

圖3-4-1 RT3 Tri-axial（圖左為座充、圖右為RT3 Tri-axial正面）

二、 ITTF合格認證桌球桌 (長2.74m、寬1.525m、離地0.76m）。

三、 ITTF合格認證 donic 白色三星桌球。

四、 國際標準球網組合（網高15.25cm）。

五、 三洋數位相機 (sanyo xacti6)

第五節 資料分析與統計方法

一、 資料收集：性別、年齡、身高、體重、球齡。

二、 實驗參數：三軸加速規每秒鐘總向量之變化與其預測之能量消耗。

1、相關資料收集及運算方式：

三軸加速規參數：以一秒鐘為間隔時間收集加速度資料（包括總向

量、預估能量消耗數值），分別依不同配戴位置命名。

2、依變數為三軸加速規之相關參數。

(一)使用spss19.0版之電腦套裝軟體進行統計分析。

(二)以描述性統計 (descriptive statistics) 呈現受試者基本資料，包含:身高、體重、年齡、球齡。

(三) 以獨立樣本t考驗 (independent t-test) 分析RT3在兩組桌球選手在模擬比賽的能量消耗預估值、運動強度及不同運動強度總時間（輕度、中度及重度）之差異。

(四) 混合設計二因子變異數分析 (two-way ANOVA mixed design) 分析RT3在兩組桌球選手身體不同部分所測得能量消耗之差異。

(五)本研究之顯著水準，訂為$\alpha = .05$。

第肆章 結果

本章將實驗所收集之數據經統計後，所得結果主要分為五節加以敘述：第一節、受試者基本資料與模擬比賽特性；第二節、兩組桌球選手模擬比賽特性；第三節 RT3 測量兩組桌球選手能量消耗差異；第四節、模擬比賽 RT3 三軸加速規在不同配戴位置兩組能量消耗比較；第五節、兩組桌球選手模擬比賽中運動強度之比較。

第一節 受試者基本資料

本研究以 20 名健康男性桌球選手為受試者，分為甲組校隊 10 名及乙組校隊 10 名。受試者資料甲組選手平均年齡為 21.5 ± 4.14 歲（範圍介於 18-28 歲），乙組選手平均年齡為 22 ± 2.75 歲（範圍介於 18-28 歲），甲組選手平均身高為 173.15 ± 3.25 公分（範圍介於 169-179 公分），乙組選手平均身高為 171.1 ± 3.58 公分（範圍介於 167-180 公分），甲組選手平均體重為 66.2 ± 4.2 公斤（範圍介於 60-72 公斤），乙組選手平均體重 63.15 ± 7.85 公斤（範圍介於 48-77 公斤），甲組選手平均球齡為 12.4 ± 3.78 年（範圍介於 10-20 年），乙組選手平均球齡為 5.3 ± 3.68 年（範圍介於 2-15 年），經獨立樣本 t 考驗表，除了甲組平均球齡大於乙組平均球齡 (t= 4.25)，其他基本資料變項皆無顯著 (p > .05)。受試者基本資料以平均數、標準差、最大值、最小值來

呈現，如表 4-1-1 所示。

表 4-1-1 甲乙組桌球選手受試者基本資料

	甲組 (n=10)			乙組(n=10)			
項目	平均	標準差	範圍	平均	標準差	範圍	t 值
年齡（歲）	21.50	4.14	18-28	22.00	2.75	18-28	0.87
身高（公分）	173.10	3.35	169-179	171.80	3.58	167-180	1.07
體重（公斤）	66.20	4.42	62-72	63.15	7.85	48-77	0.32
球齡（年）	2.40	3.78*	10-20	5.30	3.68	2-15	4.25

甲與乙組比較達顯著 * p＜.05

第二節 兩組桌球選手模擬比賽特性

相同層級選手進行 20 分鐘模擬比賽（甲組與甲組、乙組與乙組），每位選手與不同對手進行 2 場比賽，每場比賽經攝影紀錄分析計算兩組選手之打球與休息時間比及每次來回球數。統計分析結果甲組的平均每分鐘打球與休息比為 0.28 ± 0.05、平均來回球數為 3.55 ± 1.3，乙組為 0.24 ± 0.04、1.99 ± 0.41。兩組在打球休息比與來回球數並無顯著差異 t=1.59、t=3.45 (p > .05)。其詳細資料如表 4-2-1 所示。

表 4-2-1　兩組桌球選手模擬比賽特性

	甲組 (n=10)		乙組 (n=10)		
	平均	標準差	平均	標準差	t 值
打球與休息時間比	0.28	0.05	0.24	0.04	1.59
每回合球數	3.55	1.3	1.99	0.41	3.45

甲與乙組比較達顯著 * p <.05

第三節　RT3 測量兩組桌球選手能量消耗差異

本研究以獨立樣本 t 考驗，20 分鐘的模擬比賽中，利用 RT3 三軸加速規所測得到手腕、手肘及腰部所得到之總能量消耗預估值之差異。由表 4-3 結果顯示甲組所測得 20 分鐘模擬比賽的能量消耗預估值為 134.74 ± 36.94 kcal，乙組所測得能量消耗為 108.35 ± 33.61 kcal。在 20 分鐘的模擬比賽中，兩組桌球選手能量消耗預估值則未達到顯著差異 (p > .05)。RT3 在每分鐘能量消耗預估值在甲組桌球選手為 6 ±1.85 kcal;乙組每分鐘的能量消耗預估值為 5.42 ± 1.68 kcal (p < .05)。兩組桌球選手在每分鐘 RT3 所測得之能量消耗的預估值在統計上未達到顯著差異。其詳細資料如表 4-3-1 所示。

表 4-3-1　甲乙組桌球選手 20 分鐘及每分鐘能量消耗預估值

	甲組 (n=10)		乙組 (n=10)		
	平均	標準差	平均	標準差	t 值
20 分鐘之能量消耗 (kcal)	134.74	36.94	108.35	33.61	1.67
每分鐘之能量消耗 (kcal)	6.74	1.85	5.42	1.68	1.67

甲與乙組比較達顯著 * p <.05

第四節、模擬比賽 RT3 三軸加速規配戴在不同配戴位置兩組能量消耗比較

比較兩組桌球選手在 20 分鐘的模擬比賽中，RT3 三軸加速規配戴於手腕、手肘及腰部，三個部位所測得總能量消耗預估值及每分鐘能量預估值之差異。以 2（組別）× 3（不同部位）的二因子混合設計變異數分析進行分析，統計結果顯示：

兩個變項之間並無交互作用。主要效果分析也未達到顯著水準。但在受試者組內比較則發現，組內不同部位能量消耗有差異 (p< .05)。如表 4-4-1 所示。

表 4-4-1　混合設計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 值**
組別	10370.35	1	10370.35	2.78
不同部位	5912.73	2	2956.37	5.45*
組別×部位	723.53	2	361.76	.66
組內	86729.73	36		
受試者間 **(block)**	67194.67	18	415.12	
殘差	19535.06	18	3733.04	

*p< .05

進行事後比較，受試者手腕、手肘及腰部所測出之能量消耗之三個平均數的比較，手肘與腰部之能量消耗相比平均差為 3.77 (kcal)，p=.565 未達統計水準，手腕與手肘之能量消耗平均差為 18.92，p < .05，手腕與腰之能量消耗平均差為 22.69 (kcal)，p < .05，手腕所測量出能量消耗與手肘及腰所測量之能量消耗兩兩比較均達到顯著水準（如表 4-4-2）。

表 4-4-2 甲乙組桌球選手不同部位 20 分鐘能量消耗差異比較

	平均差(kcal)	P 值
手腕與手肘	18.92 ± 7.8	.026*
手腕與腰部	22.69 ± 7.77	.009*
手肘與腰部	3.77 ± 6.44	.565

甲與乙組比較達顯著 * p＜.05

第五節、兩組桌球選手模擬比賽中運動強度之比較

本研究在甲、乙組桌球選手模擬比賽之運動強度（分為輕度、中度及重度），20 分鐘內於各強度所佔的分鐘數。運用 RT3 分析 20 分鐘模擬比賽中，甲組桌球選手之每分鐘平均身體活動強度為 5.81 METs，乙組桌球選手平均每分鐘身體活動強度為 4.99 METs，經獨立樣本 t-test 考驗兩組運動強度之差異，結果兩組每分鐘平均運動強度差異 t= 0.76 (p> .05)，未達到顯著差異。在 20 分鐘甲組桌球選手輕度運動時間平均 3 分鐘、中度運動時間平均 3.8 分鐘 、重度運動時間平均 13.1 分鐘；乙組桌球選手輕度運動時間平均 9.6 分鐘、中度運動時間平均 4.1 分鐘，重度運動時間平均 6.3 分鐘。在 20 分鐘的模擬比賽中，乙組桌球選手在輕度運動時間顯著高於甲組桌球選手 (t= 1.8, p< .05)，但在中度運動及重度運動兩組均未達到顯著（如表

4-5-1）。

表 4-5-1 甲乙組桌球選手運動強度比較表

	乙組 (n=10)		甲組 (n=10)		
	平均	標準差	平均	標準差	t 值
每分鐘 METs	4.99	2.4	5.85	2.61	0.76
20 分鐘模擬比賽					
不同運動強度之時間					
輕度	9.6	9.82	3	6.15	1.8*
中度	4.1	6.38	3.8	5.67	0.11
重度	6.3	8.42	13.1	8.29	1.82

甲乙組相比達顯著 $^{*}p < .05$

第伍章 討論與結論

本章綜合過去文獻的研究結果，與本研究所發現結果做比較，探討其可能導致本研究結果的可能原因。本章分為：第一節、兩組桌球選手能量消耗差異之探討；第二節、模擬比賽 RT3 三軸加速規不同配戴位置兩組能量消耗比較之探討；第三節、兩組桌球選手模擬比賽中運動強度比較之探討；第四節、結論；第五節、建議。

第一節 兩組桌球選手能量消耗差異之探討

由表 4-3-1 分析兩組桌球選手在 20 分鐘的平均能量消耗甲組為 134.74 ± 36.94 kcal，乙組桌球選手為 108.35 ± 33.61 kcal，兩組之能量消耗沒有顯著差異。Shieh 等人 (2010) 以優秀與業餘兩組桌球選手，運用 Metamax 3B 攜帶式氣體分析系統所測出優秀選手在模擬比賽中所測得耗氧量 36.8 ± 13.2ml/kg/min，業餘選手為 35.6 ± 18.4ml/kg/min，其兩組能量消耗無不同。本研究與 Shieh 等人 (2010) 結果相同，技術水準不同之桌球選手能量消耗並無不同。與 Shieh 等人 (2010) 運用攜帶式攝氧分析儀之研究相比，本研究利用 RT3 來測量甲乙組桌球選手模擬比賽中之能量消耗，可以增加儀器配戴的方便性及增加選手比賽之身體活動度，可以比攜帶式攝氧分析儀更接近實際比賽之情境。

20 分鐘模擬比賽中，雖然技術層級較高選手在打球休息比與平均來回球數較高，所以測得能量消耗也相對較高，但在統計上，兩組在打球與休息時間比、來回球數及能量消耗均無顯著差異，所以兩組桌球選手在模擬比賽中能量消耗並無不同，造成各個變項並無顯著差異的原因，選手在比賽中遭遇到不同對手以及當天個人狀況，導致不同之打球休息比與來回球次數，而影響到所測得能量消耗之結果。

第二節、模擬比賽 RT3 三軸加速規
不同配戴位置兩組能量消耗比較之探討

本實驗所得結果，兩組之間在不同配戴位置之能量消耗並無不同。但是組內手腕部位所測得之能量消耗顯著高於手肘及腰部所測得之能量消耗。此實驗結果與王佩凡（2009）的研究以 20 位甲組桌球選手將 RT3 分別配戴於肩、肘、腕及下背部來測量桌球正手擊球消耗量之研究結果，手腕與手肘之能量消耗顯著高於手臂及腰部之能量消耗相近似。本研究在手腕所測得之能量消耗顯著高於手肘與腰部所測得之能量消耗，但是手肘所測得之能量消耗與腰部相比並無不同。這個結果可能是因為 RT3 在正手擊球所測得之能量消耗時，身體並未有位置移動性的擊球，而是原地正手回擊來球，但是在模擬比賽中，在不同落點的來球，選手需移動腳步回擊及撿球時的身體移動，這些身體的位移造成 RT3 在腰部所測得能量消耗數值增高，所以 RT3

分析出之手肘與腰部的能量消耗並無不同。

第三節、甲乙組桌球選手模擬比賽中運動強度比較之探討

由表 4-5-1 可得知，本實驗以 RT3 三軸加速規測量甲乙組桌球選手在 20 分鐘模擬比賽的平均運動強度沒有差異，此結果與 Zagatto 等人 (2010) 的研究相同，他們的研究發現不同技術層級地方級桌球選手與國際級桌球選手,於實際比賽後之平均乳酸濃度兩組平均沒有顯著差異。

甲組桌球選手每分鐘平均運動強度為 5.81 METs，乙組桌球選手平均每分鐘運動強度為 4.99 METs。這與王順正（1999）所提出不同運動強度 METs 範圍表中桌球運動強度為 3-5 METs 之數值接近，但又與 Shieh 等 (2010) 利用優秀選手及業餘選手，在模擬比賽中運用 Metamax 3B 攜帶式氣體分析系統所得優秀選手與業餘選手在模擬比賽中所測得之平均強度 8.51±1.0 METs 較低，但是本研究所測得兩組桌球選手在模擬比賽運動強度之結果，與 Sperlich 等 (2011) 運用 7 名青年國家桌球代表隊選手 (14 ± 1 years)，在比賽中所測得每分鐘運動強度 4.8 ± 1.4 METs 的結果相近。

由表 4-5-1 可看出在 20 分鐘模擬比賽兩組桌球選手之運動強度時間，乙組在輕度運動 9.6 分鐘顯著高於甲組為 3 分鐘，而在其於二個強度並無顯著差異,但是在甲組 20 分鐘運動強度比例,可以了解 13.1

分鐘在重度強度及 3.8 分鐘在中等強度，而乙組運動強度 9.6 分鐘在輕度運動、4.1 分鐘在中等強度運動及 6.3 分鐘重度運動。在甲組桌球選手所測得 20 分鐘模擬比賽 85%的時間在中等及重度運動，而乙組 20 分鐘模擬比賽有 52%時間在重度及中度運動，在輕度運動有 48%的時間。因此，甲組桌球選手與乙組桌球選手比較有更多的時間，其運動強度介於中等及重度強度之間。

第四節、結論

本實驗招募 20 名年齡介於 18-28 歲的男性桌球選手，甲乙組桌球選手各 10 名，比較兩組在 20 分鐘桌球模擬比賽能量消耗、RT3 在不同配戴位能量消耗及運動強度，所得結論如下：

一、 兩組桌球選手在 20 分鐘模擬比較能量消耗沒有不同，顯示技能水準的差別不影響能量消耗。

二、 RT3 配戴於不同位置的能量消耗，兩組之間沒有不同，但是在組內手腕的能量消耗明顯高於手肘及腰部之能量消耗。

三、 20 分鐘模擬比賽中，兩組桌球選手的平均運動強度沒有不同，但在輕度運動強度時間，乙組選手顯著高於甲組選手。

第五節、建議

根據本研究結果分別就大專桌球選手、桌球運動者及未來研究，

提出下列建議：

一、 未來研究對象可以考量不同持拍類之運動項目（如：網球、羽球)以比較不同層級選手於比賽中能量消耗及運動強度之差異。

二、 考量研究對象之技術程度：未來研究可以探討較高技術層級（如：國家代表隊）和較低技術層級（如：初學者）於運動期間能量消耗和運動強度之差異。

三、 美國運動醫學會立場聲明 (2011 ACSM position stand) 建議每週至少從事 5 天，每次至少 30 分鐘中等強以上之運動。甲乙組桌球選手在模擬比賽中，有 50%以上之時間皆為中等強度以上（甲組 85%、乙組 52%）可以作為運動建議參考。

四、 桌球運動中，手腕部位使用率高且消耗的能量也較高於腰部、及手肘，建議桌球訓練需多增加手腕部位相關肌力、肌群及靈巧度之訓練。

參考文獻

一、中文部分

王珮凡（2009）。*桌球正手擊球能量消耗分析-三軸加速規與氣體分析儀之比較*。未出版之碩士論文，國立台灣體育大學，桃園縣。

王順正（1999）。運動強度的判定。*運動生理期刊*，20。

李榮煥（2005）。*各級桌球選手正手拉攻動作完整性之比較研究*。出版之碩士論文，國立台灣體育大學，桃園縣。

沈淑鳳（2007）。RT3 Triaxi 對身體活動儀器之運用。*大專體育，92*，36-40。

阮文淵（1990）。認識桌球—如何訓練傑出桌球選手。*台灣體育，51*，50-52。

邱秀霞、吳政崎（2003）. 台北地區護理參與休閒運動現況之研究。*台灣體育運動管理學報，2*，66-84。

林正常、王順正與吳忠芳（2005）。日常身體活動的能量消耗研究。*運動生理學暨體育學報，2*，55-66。

陳金海（2003）。世界優秀男子桌球運動員代表性綜合技術之探討。*大專體育學刊，5*（1），161-173。

陳秋丹（2003）。*我國少年女子桌球國手攻擊技術及戰形之分析研究*。未出版之碩士論文，臺北市立體育學院運動科學研究所，臺北市。

梁世建（2006）。*桌球正手抽球動作三度空間之運動學分析*。未出版之碩士論文，國立臺北教育大學，臺北市。

黃美珍（(2003)。桌球運動-真好。*高師大體育，4*，41-43。

黃項翔、楊忠祥（2005）。加速規在身體活動量的應用.*國北教大體育，*2，152-159。

詹貴惠、杜美華、廖學勇、鄭兆光與邱文信（2004）。桌球正手拉球技術探討。*國教世紀，213*，101-104。

趙崇山（2207）。現代乒乓球比賽時間特徵、供能特點與專項體能運動分析。*甘肅聯合大學學報，21*(3)，96-98。

廖立同（2009）。不同跑步模式之手腕與腳踝加速度值分析。未出版之碩士論文，國立台灣師範大學，台北市。

蔣立、張博 （1999）。*桌球*。台北市:國家。

二、英文部分：

Chu, E.Y., McManus, A.M., &Yu, C.C.(2007). Calibration of the RT3 accelerometer for ambulation and nonambulation in children. M*edicine and Science in Sports and Exercis*e, *39*(11), 2085-91.

Christmass, M.A., Richmond, S.E., Cable, N.T., Arthur, P.G., & Hartmann, P.E. (1998). Exercise intensity and metabolic responses in single tennis. *Journal of Sports Sciences, 16*, 739–747.

Donahoo, W., Levine, J., & Melanson, E. (2004). Variability in energy expenditure and its components.. C*urrent Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, *7*, 599–605.

Esparza, J., Fox C., Harper I., Bennett, P., Schulz L., Valencia M. et al. (2000). Daily energy expenditure in Mexican and USA Pima indians: low physical activity as a possible cause of obesity. *International Journal of Obesit*y, *1*, 55–59.

Ferrauti, A., Bergeron, M.F., Pluim, B.M., & Weber,K. (2001) . Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology, 85,* 27–33.

Juliette, H., Kathleen, B., Jamie O., Dwyer., Shinead L., Christopher, B. et al. (2007). Validation of the RT3 in the measurement of physical activity in children. *Journal of Science and Medicine in Spo*rt, *247,* 4-8.

Vanhelst, J., Theunynck, D., Gottrand, F., & Beghiun, L. (2010). Reliability of the RT3 accelerometer for measurement of physical activity in adolescents. *Journal of Sports Sciences, 1,* 1-6.

Jaime, F. F., David, S. R., Cristobal, S. M., Babette M., Pluim, I. T., &Alberto, M. V.(2009). A comparison of the activity profile and physiological demands between advanced and recreational veteran tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*.1-7.

Kasai, J.I., Akira, O., Eung, J.T., & Mori, T. (2010). Research on table tennis player's cardio-respiratory endurance. *International Journal of Table Tennis Sciences, 6,* 6-8.

Kovacs, M. (2007). Tennis physiology: Training the competitive athlete. *Sports Medicin*e, *37,* 189–198.

Lees, A. (2003). Science and the major racket sports: a review. *Journal of Sports Science, 21,* 707–732.

Mark, G. D., & Kenneth, R. F. (2006). Physical activity patterns assessed by accelerometry in older people. *European Journal of Applied Physiology,100*, 581-589.

Marinque, D.C and Gonza´les-Badillo. (2003). Analysis of the characteristics of competitive badminton. *British Journal of Sports Medicine, 27*, 62–66.

Montpetit, R.R. (1990). Applied physiology of squash. S*ports Medicine, 10*,31–41.

Melanson, E & Freedson, P. (1996). Physical activity assessment: a review of methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 3*6(5), 385-96.

Morel, E.A.,& Zagatto, A.M. (2008). Adaptation of the lactate minimum critical power and anaerobic threshold tests for assessment of the aerobic/anaerobic transition in a protocol specific for table tennis. *Rev Bras Med Esporte, 14*, 523–527.

National Heart, Lung, and Blood Institute. (1996). *NHLBI clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults, executive summary*. *Archives Intern Medicine, 158*, 1855–1867.

Ogden C.L., Carroll, M.D., Curtin L.R., McDowell, M.A., Tabak, C. J., Flegal, K.M. et al. (2006). Prevalence of overweight and obesity in the United States,1999–2004. *The Journal of the American Medical Association, 295*, 1549–1555.

Roetert, P.E., Brown, S.W, Piorkowski, P.A., & Woods, R.B. (1996). Fitness comparisons among three different levels of elite tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 10*, 139–43.

Ribeiro, J.L., Castro, BOSD, Rosa, C.S., Baptista, R.R.,& Oliveira, AR. (2006). Heart rate and blood lactate responses to changquan and daoshu forms of modern wushu. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1–4.

Smekal, G, Von Duvillard, S.P., Rihacek, C, Pokan, R, Hofmann, P, Baron, R, Tschan, H, and Bachl, N. A. (2001). Physiological profile of tennis match play. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 33,* 999–1005.

Shieh, S.C., Chou, J.P., & Kao, Y.H. (2010), Energy expenditure and cardiorespiratory responses during training and simulated table tennis match. *International Journal of Table Tennis Sciences, 6*, 186-189.

Sperlich, B., Koehler, K., Holmberg, H. C., Zinner, C., & Joachim Mester. (2011). Table tennis: cardiorespiratory and metabolic analysis of match and exercise in elite junior national players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 6,* 234-242.

Trost, S. G., Mciver, K. L., & Pate, R. R. (2005). Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 37*(11), 531-543.

Twaddle, B.J.,& Papadopoulos, C. (2004). Assessment of the Kb1-c portablemetabolic measurement system during submaximal cycle and treadmill exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*(5), 5-6.

Welk, G.J., Blai,r S.N., Wood, K., Jones, S., Thompson, R.W. (2000). A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*,489-97.

Ward, D. S., Evenson, K. R., Vaughn, A., Rodgers, A. B., & Troiano, R. P. (2005). Accelerometer use in physical activity: Best practices and research recommendations. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 37*(11), 582-588.

US, Department of Health & Human Service. (2001). *The surgeon general's call to action to prevent and decrease overweight and obesity*. Rockville MD. pp9.

Zurlo, F., Ferraro, R.T., Fontvielle,A.M., Rising, R., Bogardus, C., Ravussin, E.(1992). Spontaneous physical activity and obesity: cross-sectional and longitudinal studies in Pima Indians. *American Journal of Physiology*, *263*, 296–300.

Zagatto, A.M. Moerl, E.A.,& Gobatto, C.A. (2010). Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(4), 942-949.

附錄一

受試者須知

謝謝您自願參加本項研究。本研究之題目為「甲、乙組桌球選手競賽狀況能量消耗之比較研究」，其目的在運用二種不同能量消耗測量儀器來比較不同層級桌球運動者在正手擊球動作與比賽中能量消耗之差異。為求實驗進行順利，且避免其他因素干擾而影響實驗的正確性，敬請遵守與配合下列實驗須知：

一、請據實填寫資料表。

二、敬請瞭解實驗流程。

三、實驗進行前，請先行暖身活動。

四、配戴測量儀器於受測者身上，三軸加速規 RT3 於腰部、手腕、手軸。

五、本實驗由專人配戴實驗儀器。

六、桌球模擬比賽 20 分鐘。

再次感謝您的協助與配合!

國立台灣師範大學 體育系碩士班

指導教授：方進隆

研 究 生：陳嘉偉

附錄二

受試者同意書

您好：

本研究為碩士論文之實驗，所獲得的資料僅供研究之用，絕對保密。為了保護受試者的健康與權利，研究者有責任將研究過程向受試者說明清楚，隨時回答受試者所提的問題；並保護受試者於實驗過程的安全。受試者如果改變意願時，請事先告知研究者後，可以隨時退出實驗而不受任何限制。如您願意參與本實驗，請在同意書下方受試者簽名處簽名，及填寫聯絡資料，表示同意並願意遵守研究者安排的實驗內容。

論文題目：甲、乙組桌球選手競賽狀況能量消耗之比較研究

指 導 者：方進隆博士

研 究 生：陳嘉偉

單　　位：國立臺灣師範大學體育系

地　　址：臺北市大安區和平東路一段 162 號

受試者簽名：

監護人簽名：

聯絡地址：

聯絡電話：

附錄三

受試者基本資料表

論文名稱：甲、乙組桌球選手競賽狀況能量消耗之比較研究

施測人員：陳嘉偉

編號：

<table>
<tr><td>姓名</td><td></td><td>年齡</td><td></td><td>出生年月日</td><td></td></tr>
<tr><td>身高 (mm)</td><td></td><td>體重（kg）</td><td></td><td>球齡</td><td></td></tr>
<tr><td>就讀學校</td><td></td><td>系所</td><td></td><td>年級</td><td></td></tr>
<tr><td>持拍手</td><td colspan="2">□左 □右</td><td>打法類型</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="6">歷年最佳成績</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td></tr>
</table>