

## 以時域分析法比較常壓低氧對安靜時 心率變異度之影響

許加孟 呂欣善

### 摘要

本研究之目的在以時域分析法比較常壓低氧對安靜時心率變異度之影響。九名大學體育系之男性學生(年齡:  $22 \pm 1.5$  歲; 身高:  $174.1 \pm 4.4$  公分; 體重:  $72.6 \pm 8.19$  kg), 採坐姿休息配合呼吸低氧的方式進行心電圖訊號之收集, 再以時域分析法比較常壓低氧環境對安靜時心率變異度之影響。所得結果如下: 1、在平均心跳率方面(HR mean), 在常壓低氧環境( $16\% O_2$ ) 高於常壓常氧( $21\% O_2$ ) 環境( $81.75 \pm 7.16 / 71.79 \pm 2$ ;  $+13.89\%$ ,  $P < 0.01$ )。2、安靜時之各項心率變異度時域分析指標方面, 每跳時間間隔(R-R interval), 常氧及低氧環境下分別為  $845.05 \pm 25.79$  毫秒及  $742.53 \pm 61.95$  毫秒( $P < 0.01$ )。在標準差(SDNN)方面分別為  $83.71 \pm 23.97$  毫秒及  $52.47 \pm 18.18$  毫秒( $P < 0.05$ )。在相鄰兩心跳間期差值平方和的均方差(RMSSD)方面分別為  $53.01 \pm 19.96$  毫秒及  $27.87 \pm 9.09$  毫秒( $P < 0.01$ )。在相鄰兩個心跳間期差值超過 50 毫秒的個數(NN50)方面分別為  $58.88 \pm 28.17$  及  $18.66 \pm 11.94$  ( $P < 0.05$ )。在相鄰兩個心跳間期差值超過 50 毫秒的比例(PNN50)方面分別為  $26.97 \pm 14.63\%$  及  $8.39 \pm 5.36\%$  ( $P < 0.01$ )。常壓低氧環境安靜時之各項心率變異度時域分析指標顯著低於常氧環境( $p < 0.01$ )。結論: 處於急性常壓低氧環境會造成安靜時心跳率上升及心率變異度之時域指標值下降。

**關鍵字:** 心率變異度、常壓低氧、時域分析

### ABSTRACT

**purpose :** This study was to investigate the effects of normobaric hypoxia on resting HRV in male college students ( $n=9$ ) (age :  $22\pm 1.5$ yr ; heigh :  $174.1\pm 4.4$  ; weight :  $72.6\pm 8.19$ kg) majoring in physical education. we investigated the changes between normoxia( 21%  $O_2$  ) and hypoxia( 16%  $O_2$  ) and used the time domain analysis index to compared the different between this two conditions. **Methods :** electrocardiogram (EKG) signal was taken while the subject was in seat position in a quiet room and breathing the mixed gas ( 21%  $O_2 + 79\%N_2$  or 16%  $O_2 + 84\%N_2$  ) . The HRV time domain index assessed by the R-R interval which was translated from the EKG signal. **Results :** Showed that in normobaric normoxia and hypoxia condition. The HRV time domain index were significant decreased in mean R-R interval (  $845.05\pm 25.79$ ms &  $742.53\pm 61.95$ ms ,  $P<0.01$  ), RMSSD (  $53.01\pm 19.96$  ms &  $27.87\pm 9.09$  ms ,  $P < 0.01$  ), PNN50 (  $26.97\pm 14.63\%$  &  $8.39\pm 5.36\%$  ,  $P<0.01$  ) , SDNN(  $83.71\pm 23.97$  ms &  $52.47\pm 18.18$  ms ,  $P<0.05$  ) and NN50(  $58.88\pm 28.17$  &  $18.66\pm 11.94$  ,  $P<0.05$  ) but increase in mean HR (  $81.75\pm 7.16$  &  $71.78\pm 2$  bpm ,  $P<0.01$  ) . **Conclusions :** normobaric hypoxia has significantly decrease the HRV time domain indexes and increase resting heart rate.

**Keywords :** Heart rate variability, Normobaric hypoxia, Time domain analysis

## 壹、前言

心跳率，一般人常以安靜心跳率的快慢來作為身體健康及體能情況的指標，亦是運動中判定運動強度的常用方法。但心跳率每跳間的間隔並非是一成不變的而是會隨著呼吸、運動強度、年齡及姿勢等的不同而發生改變，其改變現象即所謂的心率變異度 (heart rate variability, HRV) (黃國禎，民 86)。

許多研究者相信，心率變異度分析在臨床上應有其生理或病理的意義存在，如 Wolf 等人 (1978) 發現心肌梗塞後，病人死亡率與心率變異度間具有負相關。許多針對心血管疾病患者的心率變異度所做的相關研究亦支持此一結果 (Kleiger, 1997; Bigger, 1992; Dougherty, 1992)。

高地訓練是提昇運動員心肺功能及運動能力的訓練方式之一，藉由低氧的刺激來增進心血管及血液生化功能，進而達到增進運動能力的目的。對於訓練高度的選擇，一般認為以 1829 至 3048 公尺為合理範圍，專家學者則一致認為以 2200 公尺左右為最佳的訓練高度 (陳光仁，民 82)，而相對於 2200 公尺的氧濃度約為 16%。Bailey 等人 (2000) 即指出，間歇性常壓低氧刺激對於增加心臟自我保護作用的影響有重要的臨床意義。本研究之目的在模擬常壓低氧環境下，急性低氧的介入對安靜時心率變異度時域指標之影響。

## 貳、研究背景

### 一、心率變異度：

心率變異度 (heart rate variability)，是指竇房節受自律神經系統調控而使心率每跳周期間產生的變異情形。心率變異度的測量乃探討人類安靜狀態下自律神經活動變化良好之非侵體性檢查方式 (黃新作，民 81)。心臟規律性的跳動主要是受到左心房內的竇房節所控制，但會受到自律神經系統的調節，以符合身體應付環境變化時的實際需求。自律神經系統中交感神經活性增加會導致心跳速率增加，而副交感神經則會減低心跳速率。心率變異度乃是反應自律神經系統中交感神經與副交感神經彼此間活性消長的指標，變異度越大表示其自律神經調控性越佳。

## 二、時域分析 (time domain analysis):

是將心跳間期 (R-R interval) 作各種統計學上有關變異大小的計算, 以求得各種變異度的指標 (陳高揚, 民 89)。本研究所使用之指標, 包含有心跳間期的平均值 (Mean RR interval)、標準差 (SDNN)、相鄰兩心跳間期差值平方和的均方差 (RMSSD)、相鄰兩個心跳間期差值超過 50 毫秒的個數 (NN50) 及相鄰兩個心跳間期差值超過 50 毫秒的比例 (PNN50) 等 (Task force of the European society of cardiology and the north American society of pacing and electrophysiology, 1996)。

## 參、方法與步驟

### 一、研究對象及地點

本研究以 9 名大學體育系健康且無心血管疾病之男性大學生為研究對象 (表一)。研究地點為國立台灣體育學院運動生理學實驗室。

表一、受試者基本資料

受試者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均數	標準差
年齡 (yr)	23	21	24	20	20	22	22	24	22	22	1.50
身高 (cm)	179	174	178	178	178	167	170	170	173	174.1	4.40
體重 (kg)	70	65	85	71	71	67	64	87	73	72.6	8.19
心跳率 (bpm)	69.8	75.3	69.7	69.7	72.6	72.5	73.8	70.5	72.3	71.79	2.00

### 二、研究方法及工具

本研究採雙盲實驗設計, 以重複實驗方式比較常壓常氧 (normobaric normoxia, 21% O<sub>2</sub> 及 79% N<sub>2</sub>) 及常壓低氧 (normobaric hypoxia, 16% O<sub>2</sub> 及 84% N<sub>2</sub>) 介入對安靜時心率變異度之效應。受試者報到後, 先休息十分鐘再戴上呼吸面罩及心電圖訊號收集器。令受試者於實驗室中選定呼吸之混合氣體並以坐姿休息, 至心跳變動趨於穩定後, 以每秒 1024 個 samples 進行三分鐘的心電圖訊號之收集。本研究之心電圖訊號收集方法採三極誘導法 (CM<sub>5</sub>), 正極貼於胸部左側左前腋線與第五肋骨線交界處; 負極貼於胸骨柄上方右側鎖骨下緣; 地線貼於正極的正對側, 即胸部右側右前腋線與

第五肋骨線交界處（林正常，民85）。

經 BIOPAC 生物訊號回饋系統（biopac system, biopac）將所收集到之心電圖由類比訊號轉換為數位訊號，所得之數位訊號依採樣原則以每秒 3HZ 重新取樣（resample）（Winter, 1990），得到一系列安靜時 R-R 波之時間間隔數位訊號。取其 512 個時間間隔數據，作為本研究之時域分析資料。

#### 肆、資料統計

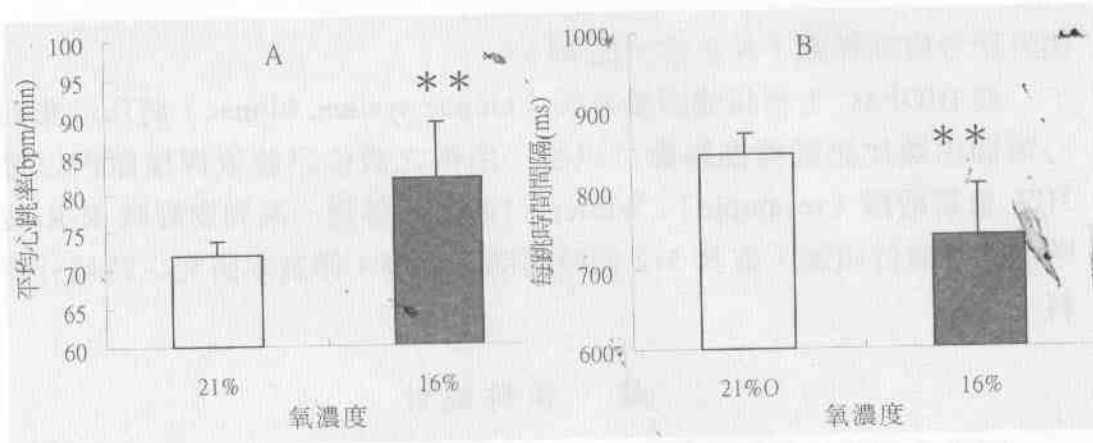
所得各項時域分析指標數據均以 pair t-TEST 進行檢定，以比較常壓常氧與常壓低氧間心率變異度時域指標之差異，並以平均數±標準差表示之。顯著水準定為  $P<0.05$ 。

#### 伍、結果與討論

##### 一、結果：

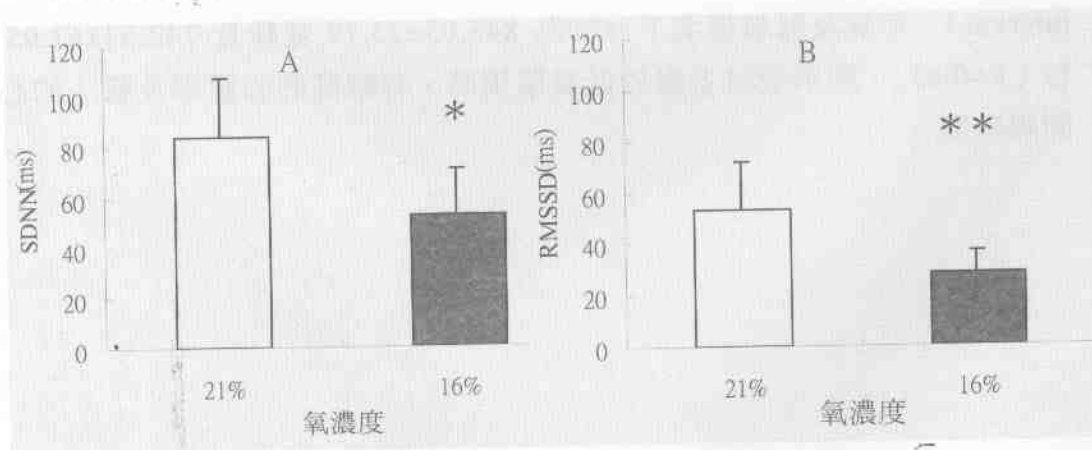
本研究所得之常壓常氧環境及常壓低氧環境安靜時之心跳率及各項心率變異度時域分析指標結果如下：

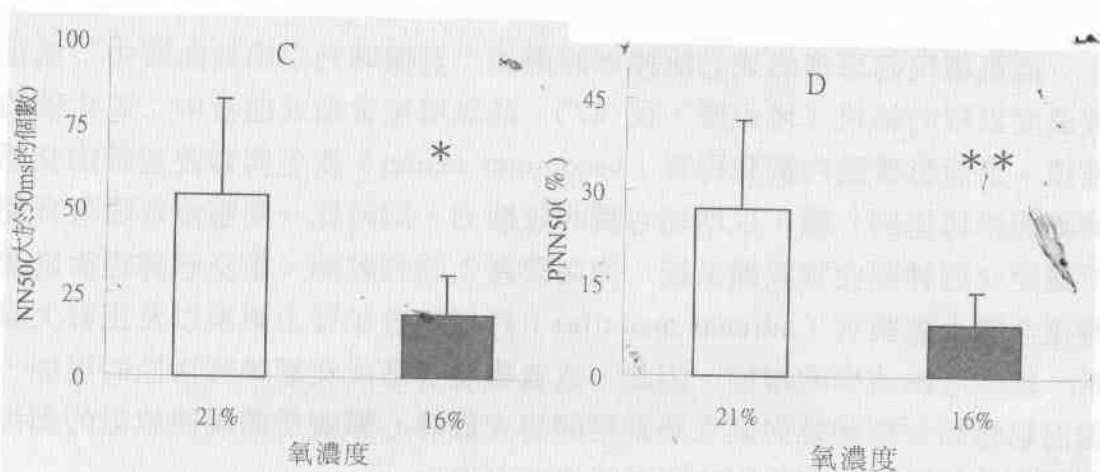
在平均心跳率方面（mean HR），常壓低氧環境顯著高於常壓常氧環境（ $81.75\pm 7.16 / 71.78\pm 2$  bpm/min，+13.88%， $P<0.01$ ），每跳時間間隔（R-R interval），常氧及低氧環境下分別為  $845.05\pm 25.79$  毫秒及  $742.53\pm 61.95$  毫秒（ $P<0.01$ ），顯示受試者處於低氧環境時，有較高的心跳率及較小的心跳間隔時間。



圖一 不同氧濃度下心跳率 (圖 A) 及 R-R 間隔 (圖 B) (mean ± sd, P < 0.05 \* ; P < 0.01 \*\* )。

各項心率變異度時域分析指標，在 SDNN 方面分別為  $83.71 \pm 23.97$  毫秒及  $52.47 \pm 18.18$  毫秒 (P < 0.05)。在 RMSSD 方面分別為  $53.01 \pm 19.96$  毫秒及  $27.87 \pm 9.09$  毫秒 (P < 0.01)。在 NN50 方面分別為  $58.88 \pm 28.17$  及  $18.66 \pm 11.94$  (P < 0.05)。在 PNN50 方面分別為  $26.97 \pm 14.63\%$  及  $8.39 \pm 5.36\%$  (P < 0.01)，顯示受試者處於低氧環境時，心率變異度之時域分析指標有下降的現象。





圖二 不同氧濃度下各項時域分析指標值；SDNN： the standard deviations of all normal RR intervals(圖 A)；RMSSD： the square root of the mean of the sum of the squared differences between adjacent normal RR intervals (圖 B)；NN50： the amount of differences between adjacent normal RR intervals more than 50 ms (圖 C) 及 PNN50： the percentage of differences between adjacent normal RR intervals more than 50 ms (圖 D)。(mean ± sd,  $P < 0.05$  \* ;  $P < 0.01$  \*\*)

## 二、討論

自律神經系統的活性無時無刻都在變化，以因應身體的需要。心率的快慢主要是受到竇房節節律性的放電頻率及自律神經的調控所導致。心率變異度乃是反應出竇房節受自律神經系統中交感神經與副交感神經調控而產生的心跳變異情形(詹曉龍, 民 86)。過去的文獻中鮮有探討低氧對心率變異度變化影響的研究報告出現。但在相關的報告中, Yamamoto 等人的研究指出急性暴露在不同海拔高度下, 心跳率會隨著運動負荷的增加而提昇。但在安靜休息時, 海拔高度對於心跳率的影響, 各海拔高度間則沒有顯著差異存在。在研究中也指出心率變異度的變化似乎與運動負荷有關, 而與海拔高度間沒有顯著的相關。本研究乃針對受試者呼吸低氧時心率變異度及心跳率之變化進行研究, 實驗設計及研究環境均與上述之研究設計有所差異, 故所得結果亦不相符合。探究其原因, 可能是由於該實驗中受試者面對即將接受運動負荷測試前的預期心理所導致。

低氧環境確實會造成心跳速率的增加，其機轉乃是由於血液中二氧化碳濃度累積的結果（傅祖慶，民 87）。低氧環境會造成血液中二氧化碳的堆積，進而影響腦內網狀物質（vasomotor center）產生興奮波並經由交感神經纖維傳達到心臟，以增加心臟的收縮力。同時此一興奮波會隨著脊髓下傳至交感神經血管收縮系統，使血管產生強烈收縮。當交感神經衝動波傳達至腎上腺髓質（adrenal medullae）將促使分泌腎上腺素以及正腎上腺素，造成心跳速率的增加。因此，低氧環境會造成交感神經活性的增加，進而影響到交感神經與副交感神經間對安靜時心臟竇房節規律放電的調控情形，並使得心跳每跳間的間隔差異度下降。

模擬高地訓練一直是提昇耐力運動員運動能力的重要訓練方法之一。本研究結果顯示，處於急性低氧環境下將造成受試者心率變異度下降。由於過去研究指出，心率變異度下降與心肌梗塞及心血管疾病之死亡率間具有負相關存在，因此教練員及選手在設計訓練處方時，除了考慮本身的健康情形以外，更應注意到訓練設計內容對生理反應影響的潛在危險因素。

### 陸、結論

根據所得資料，本研究獲得下列結論：

1. 常壓低氧環境（16% O<sub>2</sub>）下，安靜時之各項心率變異度時域分析指標顯著低於常壓常氧環境。
2. 處於急性低氧環境時，受試者有較高的心跳率，及較低的心率變異度與每跳(R-R)間隔。

### 參考文獻

- 林正常（民 85）。運動生理學實驗指引。台北：師大書苑。
- 陳高揚、郭正典、駱惠銘（民 89）。心跳變異度：原理與應用。Journal of emerg Crit Care Med. 11（2），47-57。
- 陳光仁（民 82）。低氧訓練的理論與實務-從血液及交感神經適應的觀點談低氧訓練可能的機轉與實務。體育與運動。（84），50-58。
- 黃新作（民 81）：從心電圖 R-R 波間隔變動 Power Spectrum 周波數解析法

- 來探討心臟自律神經功能之變化。國立體育學院論叢, 3(1), 107-116。
- 黃國禎 (民 86): 太極拳運動中、後對男性老年人心血管反應與心率變異性影響。國立體育學院碩士論文。
- 傅祖慶、賴亮全、林則彬、林富美譯 (民 87): 蓋統生理學-生理及疾病機轉。台北: 華杏出版社。
- 詹曉龍 (民 86): 心率訊號之時頻域分析及自主神經系統作用之探討。國立台灣大學電機工程研究所博士論文。
- Bailey, D. M., Davies, B., & Baker, J. (2000) Training in hypoxia: modulation of metabolic and cardiovascular risk factors in men. Medicine and Science in Sports and Exercise, 32( 6), 1058-1066.
- Bigger J. T., Fleiss J. L., Steinman R. C., Rolnitzky L. M., Kleiger R. E., & Rottman J. N. (1992) Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. Circulation, 85(1), 164-171.
- Dougherty, C. M., & Burr R.L. (1992) Comparison of heart rate variability in survivous and nonsurvivors of sudden cardiac arrest. American Journal of Cardiology, (70), 441-448.
- Kleiger, R. E., Miller J. P., Bigger J. T., & Moss A. J. (1997). Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction, American Journal of Cardiology, (59), 256-262.
- Task force of the European society of cardiology and the north American society of pacing and electrophysiology. (1996) . Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation. ( 93 ) , 1043-1065.
- Winter, David A. (1990) . Biomechanics and Motor control of human movement. New York. : John Wiley & Sons, Inc.
- Wolf, M. M., Varigos, G. A., Hunt D., Sloman, J. G. (1978) Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. Medicine Journal of Australia, 2, 52-53.
- Yamamoto, Yoshiharu, Yoshihiro Hoshikawa, and Mitsumasa Miyashita.



## 輪椅桌球選手擊球範圍之探討 ~以我國男子第四級與第五級選手為例~

詹勝淵 吳昇光

### 摘要

本研究針對我國男子第四級與第五級輪椅桌球選手進行擊球距離測量，採取(1)軀幹不動(2)軀幹可動、未執拍手抓輪椅(3)軀幹可動、未執拍手不抓輪椅三種方式，量取正手側、網前正手側、正前方、網前反手側、反手側五個擊球點的單一平面距離。所有資料以 SPSS for window8.01 版統計套裝軟體處理，獲致以下結果：

在軀幹不動的情況下，各組間並沒有差異出現。

非執拍手不抓輪椅，若無非執拍手的支撐力量，第四級的選手在上述擊球距離的測試中明顯弱於第五級的選手。

第四級和第五級總體的比較，在抓輪椅網前正手側、抓輪椅正前方、抓輪椅網前反手側、抓輪椅反手側、不抓輪椅正手側、不抓輪椅網前正手側、不抓輪椅正前方、不抓輪椅網前反手側、不抓輪椅反手側這九個項目都達到顯著差異，證明第五級選手在擊球距離上明顯比第四級選手優秀，顯見第四級選手更需要非執拍手抓握輪椅來增進本身功能。

**關鍵詞：**輪椅桌球、擊球距離。

## **Brief research on the stroking area of wheel-chaired table tennis players (in the class 4 and class 5 players)**

**Sheng-Yuan Chang Sheng-Kuang Wu**

### **Abstract**

This research focuses on testing the differences of the stroking distances of class 4 and class 5 wheel-chaired table tennis players. We use the following three formats to proceed with the research: (1) test without moving the body, (2) test with movable body, and the hand which is not necessary for holding the racket holds the wheelchair, and (3) test with movable body, and the hand which is not necessary for holding the racket doesn't hold the wheelchair. The aim of the test is to measure the single-planar distance of the 5 stroking points (the forehand side, the net front forehand side, the front area, the net front backhand side and the backhand side). All the data are handled by the statistical software SPSS for window of version 8.01, and we get the following result:

Under the condition of not moving the body (Test 1), there are no differences shown between the 2 groups (class 4 and class 5 players).

In test 2 (the test with movable body, and the hand that is not necessary for holding the racket holds the wheelchair), if the players don't have the supportive power of the other hand (the hand which doesn't need to hold the racket), class 4 players are obviously weaker than class 5 players.

Conclusively, the differences between class 4 players and class 5 players are obviously shown in the following 9 points: the net front forehand side, the front area, the net front backhand side and the backhand side with holding the wheelchair, and the forehand side, the net front forehand side, the front area,

the net front backhand side and the backhand side without holding the wheelchair. And all these prove that class 5 players are obviously better than the class 4 players in stroking distance, and it's necessary for level 4 players to use the other hand to help holding the wheelchair in order to improve his/her performance.

**Keyword(s):** wheel-chaired table tennis, stroking distance

## 壹 緒論

### 一、研究動機與目的

輪椅桌球運動在近年來蓬勃發展，在適應體育運動 (adapted physical activity) 中是一項極為重要項目，因為這種運動在一般人的心目中不僅有運動的效果，更兼具了休閒 (recreation)、復健 (rehabilitation)、人際互動的關係，尤其在技術精進之後更是一項競技運動 (competitive sport)，但是相關技術研究的資料並不常見。雖然輪椅桌球運動可以參考健全人 (ablebody) 的打法，例如桌球運動的推、拉、弧圈、撥攻…等等技術 (王友信，民 74)。但是考慮到輪椅桌球選手的障礙程度，往往一個邊緣的角球，因為本身障礙程度所產生的極限球，使得本身技術無從發揮，而這也是許多比賽中所常見到的現象 (詹勝淵、吳昇光，民 89)。一般而言，桌球的基本動作在較輕度之輪椅桌球選手一樣可以做的出來；但是健全人可以用腳步的移位回擊遠方或大角度之來球，輪椅桌球選手卻可能因動作功能無法完成而放棄。輪椅選手通常僅藉由手腕的靈活運用以取代部分身體移動，或者藉操控輪椅以設法增加擊球範圍 (黃振華，民 85)，但選手也可能因輪椅移動而失去本身穩定性。所以在站位的方式以及輪椅的固定與否，就必須取決於選手本身的障礙程度差異與個別技術的考量。

輪椅桌球自 1952 年正式於國際史托克曼得弗輪椅運動會 (International Stoke Mandeville Wheelchair Games) 推行與進行比賽以來 (吳昇光，民 89)，參與的選手越來越多，相對的技術也越來越進步，但是考慮到輪椅桌球選手可能因下肢或軀幹移動之問題而無法全面發揮技術，一個邊緣落點球可能成為輪椅選手動作技術無法發揮的死角；究竟第四級與第五級選手在擊球範圍中存在著什麼樣的差異？是否第四級選手在一開始的擊球距離和第五級選手相比就明顯居於劣勢？本研究目的即針對此一情況進行分析，以了解這兩級選手在五點擊球範圍的差異，藉以更了解輪椅桌球選手擊球範圍的特性，以及未執拍手抓握輪椅的輔助能力，供作日後訓練參考，藉以提昇個別技巧。

## 二、研究範圍

本研究僅以我國第四級 17 名與第五級 12 名肢障男子桌球選手，以及 9 位具多年教學經驗之輪椅桌球教練為對象，共計 38 人進行分析，所以對分析結果應用於其他等級肢障選手將有所限制。

## 三、名詞解釋

### (一)輪椅桌球

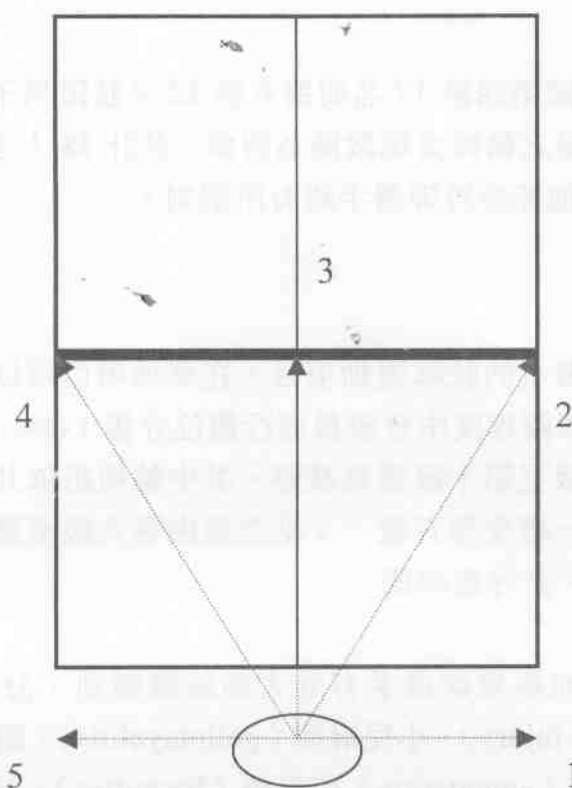
身心障礙者的肢障運動項目，在桌球項目可以分為站立組和輪椅組，依照障礙程度由分級員進行體位分級 (classification)，殘障程度由第一級至第十級逐為減輕。其中輪椅組依其上肢與身體功能好壞分為第一級至第五級，；站立組由第六級至第十級，當障礙程度越嚴重者，其等級越低。

### (二)男子第四級

參與輪椅組桌球選手有五大類肢障類別，分別為：脊髓損傷 (spinal cord injury)、小兒麻痺 (poliomyelitis)、腦性麻痺 (cerebral palsy)、截肢 (amputation) 或其他 (les autres)。其中輪椅組第四級選手為上肢功能正常，軀幹平衡受到部分影響，下肢功能嚴重受損之選手級別 (吳昇光，民 89；林光華，民 83；International Paralympic Committee, 1995)。

### (三)擊球範圍

輪椅桌球運動因為本身殘障程度，無法利用下肢功能進行腳步移位，在擊球的範圍所受限制相當大。本研究所界定之擊球範圍僅以執拍手之五點距離為測量項目，擊球範圍如下：



圖一 擊球範圍量測圖

#### (四)第四級甲組

本研究所界定之範圍為目前參與國內第四級甲組競賽或曾出國參加國際比賽獲得名次或成績之選手。

#### 貳、方法與步驟：

##### 一、研究對象

參與研究選手包括輪椅第四級與第五級選手，以及肢體健全教練。名單如下表所示：

表一 研究對象名單

類別	性別	組別	平均球齡(年)	人數
輪椅組第四級	男	甲組	13.27	7
輪椅組第四級	男	乙組	4.23	10
輪椅組第五級	男	甲組	12.33	6
輪椅組第五級	男	乙組	5.65	6
健全人	男	教練	20.15	9
				總計 38 人

第四級和第五級選手在功能與動作特性上簡要說明如下：

### 一、功能分級：

#### (一)輪椅組第四級

當一隻手向前運動時，軀幹不能很好的向前；非執拍手如無協助則無法進行側方向運動。軀幹的活動範圍要增加時，非執拍手必須撐、抓、推住輪椅。

#### (二)輪椅組第五級

不需要非執拍手協助，軀幹就可以前屈與抬起，軀幹能很好的作前後和側向運動，能用大腿或腳驅動輪椅。

### 二、功能特性：

#### (一)輪椅組第四級

髖部和大腿的肌功能喪失，軀幹在矢狀面和冠狀面不能隨意的運動。

#### (二)輪椅組第五級

整個軀幹肌肉方面均有功能。

### 三、實施時間與地點

參與測試選手於 90 年 10 月 14 日上午九時於台中市篤行國小桌球練習場進行測試。

#### 四、實施器材與設備

本研究採用馬丁氏型人體測定器 (R. Martin Anthropometry) 對測試者進行擊球範圍的丈量，將結果記錄於表中進行分析。

表二 擊球範圍記錄表

測量方式	位置	1	2	3	4	5
		正手側	網前正手側	正前方	網前反手側	反手側
	軀幹不動					
	軀幹可移動 未持拍手抓輪椅					
	軀幹可移動 未持拍手不抓輪椅					

#### 五、實施流程與方法

輪椅桌球擊球範圍涵蓋廣泛，從許多的比賽中可以看出這五個點的位置是選手較為吃力的回擊區，所以針對這五個區域進行單一平面的測量，至於垂直面擊球距離的高度測量則不在此次量測範圍。擊球範圍測量方式以選手 C7 (第七頸椎棘突) 為基準點，選手不執球拍、掌面朝前，以手掌與桌面垂直的中指最遠點為終點，量出五個位置的距離即為選手五點之擊球範圍。五個點的位置分別為：

1. 由基準點至正手側之水平距離。
2. 由基準點至網前正手側之距離。
3. 由基準點至正前方之距離。
4. 由基準點至網前反手側之距離。
5. 由基準點至反手側之水平距離。

#### 六、資料分析與處理

本研究以 SPSS for window 8.01 版 統計套裝軟體加以資料處理，詳細分析方法如下述：

- (一) 以平均數標準差 ( $M \pm SD$ ) 描述各組之間在擊球距離之表現。

(二)以單因子變異數 (one way ANOVA) 分析比較教練組、第五級、第四級在擊球距離是否有差異,若有顯著差異則以 Scheffe 法進行事後分析。

(三)以 independent t-test 分別比較各組之間的差異。

### 參、結果與討論：

各組擊球距離量測結果如下所示：

表三 各組擊球距離結果

方式	組別	教練組		四甲		四乙		五甲		五乙	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
軀幹不動 正手側		87.67	4.77	89.58	5.62	86.70	3.40	87.67	4.08	87.50	2.81
	網前正手側	87.67	6.93	91.57	4.61	91.60	4.33	90.67	6.06	89.17	2.48
軀幹不動 正前方		86.44	6.98	91.57	5.68	91.10	5.76	88.83	4.67	89.50	2.81
	網前反手側	84.78	6.40	89.14	6.23	85.20	7.73	86.17	6.43	88.33	3.39
軀幹不動 反手側		56.11	6.57	61.00	11.59	61.10	12.42	57.33	5.20	58.83	11.44
手抓輪椅 正手側		125.11	20.13	121.00	10.28	107.25	8.99	121.83	6.34	116.17	6.71
	網前正手側	141.33	12.38	132.00	15.96	113.90	12.81	139.67	7.76	133.33	13.40
手抓輪椅 正前方		144.67	15.17	127.86	18.57	114.20	13.33	139.67	13.08	135.00	13.51
	網前反手側	140.33	17.08	118.71	21.80	113.80	14.30	136.17	13.70	135.00	14.91
手抓輪椅 反手側		112.78	18.07	91.43	15.19	91.10	18.65	116.17	11.72	109.50	12.76

手不抓輪椅 正手側	129.89	19.28	98.14	6.07	96.60	7.00	122.17	12.29	112.33	7.66
手不抓輪椅 網前正手側	145.11	13.77	113.71	14.87	106.00	9.13	128.83	22.99	140.33	7.45
手不抓輪椅 正前方	143.22	13.72	112.71	18.68	106.60	8.78	127.50	15.78	140.00	4.24
手不抓輪椅 網前反手側	141.78	16.45	106.14	21.01	102.40	9.80	132.33	21.19	139.83	6.74
手不抓輪椅 反手側	115.67	17.06	82.57	13.71	77.70	13.86	100.17	20.53	101.17	11.77

軀幹不動正手側、網前正手側、正前方、網前反手側、反手側最長擊球距離平均值分別為 94.00 (教練、四甲)、101.00 (四乙) 102.00、(四乙)、98.00 (四甲)、77 (四乙)。

非執拍手抓輪椅正手側、網前正手側、正前方、網前反手側、反手側最長擊球距離平均值分別為 151.00 (教練)、158.00 (教練)、167 (教練)、160 (教練)、141 (教練)。

非執拍手不抓輪椅正手側、網前正手側、正前方、網前反手側、反手側最長擊球距離平均值分別為 162 (教練)、159 (教練)、164 (教練)、162 (教練)、133 (教練)。

由以上數據所示，顯見健全人在擊球距離優於殘障桌球選手，若以單因子變異數分析，可從下表中看出其差異性：

表四 不同組別在擊球距離之單因子變異數分析摘要表

測量 方式 位置	變項	平均數	標準差	變異數分析						
				變異數 來源	離均差 平方和	自由度	均方	F 值	P 值	事後 比較
軀幹 不動 正手側	教練 四甲 四乙	87.67 89.57 86.70	4.77 5.62 3.40	組間	34.721	4	8.680	.478	.751	
				組內	598.648	33	18.141			
				總和	633.368	37				

	五甲	87.67	4.08						
	五乙	87.50	2.81						
	教練	87.67	6.93	組間	98.061	4	24.515	.905	.473
軀幹不	四甲	91.57	4.61	組內	894.281	33	27.099		
動網前	四乙	91.60	4.33	總和	992.342	37			
正手側	五甲	90.67	6.06						
	五乙	89.17	2.48						
	教練	86.44	6.98	組間	142.304	4	35.576	1.139	.356
軀幹不	四甲	91.57	5.68	組內	1031.170	33	31.248		
不動	四乙	91.10	5.76	總和	1173.474	37			
正前方	五甲	88.83	4.67						
	五乙	89.50	2.81						
	教練	84.78	6.40	組間	113.294	4	28.324	.686	.607
軀幹不	四甲	89.14	6.23	組內	1362.179	33	41.278		
動網前	四乙	85.20	7.73	總和	1475.474	37			
反手側	五甲	86.17	6.43						
	五乙	88.33	3.39						
	教練	56.11	6.57	組間	163.939	4	40.985	.406	.803
軀幹不	四甲	61.00	11.59	組內	3329.956	33	100.908		
不動	四乙	61.10	12.42	總和	3493.895	37			
反手側	五甲	57.33	5.20						
	五乙	58.83	11.44						
	教練	125.11	20.13	組間	1789.660	4	447.415	2.935	.035* #
手抓	四甲	121.00	10.28	組內	5030.156	33	152.429		
輪椅	四乙	107.20	8.99	總和	6819.816	37			
正手側	五甲	121.83	6.34						
	五乙	116.17	6.71						
手抓輪	教練	141.33	12.38	組間	4374.775	4	1093.694	6.647	.000*** a>c
椅網前	四甲	132.00	15.96	組內	5429.567	33	164.532		d>c
正手側	四乙	113.90	12.81	總和	9804.342	37			
	五甲	139.67	7.76						

	五乙	133.33	13.40							
	教練	144.67	15.17	組間	5117.078	4	1279.269	5.801	.001***	a>c
手抓	四甲	127.86	18.57	組內	7277.790	33	220.539			.d>c
輪椅	四乙	114.20	13.33	總和	12394.868	37				
正前方	五甲	139.67	13.08							
	五乙	135.00	13.51							
	教練	140.33	17.08	組間	4682.480	4	1170.620	4.256	.007**	a>c
手抓輪	四甲	118.71	21.80	組內	9075.862	33	275.026			
椅網前	四乙	113.80	14.30	總和	13758.342	37				
反手側	五甲	136.17	13.70							
	五乙	135.00	14.91							
	教練	112.78	18.07	組間	4506.549	4	1126.637	4.310	.006**	#
手抓	四甲	91.43	15.19	組內	8626.503	33	261.409			
輪椅	四乙	91.10	18.65	總和	13133.053	37				
反手側	五甲	116.17	11.72							
	五乙	109.50	12.76							
	教練	129.89	19.28	組間	7197.503	4	1799.376	12.676	.000***	a>b
不抓	四甲	98.14	6.07	組內	4684.313	33	141.949			a>c
輪椅	四乙	96.60	7.00	總和	11881.816	37				d>b
正手側	五甲	122.17	12.29							d>c
	五乙	112.33	7.66							
	教練	145.11	13.77	組間	9621.332	4	2405.333	12.185	.000***	a>b
不抓輪	四甲	113.71	14.87	組內	6514.484	33	197.409			a>c
椅網前	四乙	106.00	9.13	總和	16135.816	37				e>b
正手側	五甲	128.83	22.99							e>c
	五乙	140.33	7.45							
	教練	143.22	13.72	組間	8818.090	4	2204.522	12.924	.000***	a>b
不抓	四甲	112.71	18.68	組內	5628.884	33	170.572			a>c
輪椅	四乙	106.60	8.78	總和	14446.974	37				e>b
正前方	五甲	127.50	15.78							e>c
	五乙	140.00	4.24							

教練	141.78	16.45	組間	11628.915	4*	2907.729	11.770	.000***	a>b*
不抓輪	四甲	106.14	21.01	組內	8150.979	33	246.999		a>c
椅網前	四乙	102.40	9.80	總和	19779.895	37			e>b
反手側	五甲	132.33	21.19						d>c
	五乙	139.83	6.74						e>c
教練	115.67	17.06	組間	8305.572	4	2076.393	8.581	.000***	a>b
不抓	四甲	82.57	13.71	組內	7985.481	33	241.984		a>c
輪椅	四乙	77.70	13.86	總和	16291.053	37			d>b
反手側	五甲	100.17	20.53						d>c
	五乙	101.17	11.77						

\* $p < .05$  \*\* $p < .01$  \*\*\* $p < .001$  #單因子變異數分析有顯著差異，事後比較無法找出差異組別。

備註：a：教練組；b：四甲；c：四乙；d：五甲；e：五乙。

在軀幹不動的情況下，各組間並沒有差異出現。非執拍手抓輪椅正手側則有差異，在網前正手側以教練優於四甲與四乙 ( $f=6.647, p=0.000***$ )；正前方以教練優於四甲與五甲優於四乙 ( $f=5.801, p=0.001***$ )；網前反手側以教練優於四乙 ( $f=4.256, p=0.007**$ )；反手側亦有差異（單因子分析有差異，事後比較無法找出差異組別）。

非執拍手不抓輪椅在正手側以教練優於四甲與四乙、五甲優於四甲與四乙 ( $f=12.676, p=0.000***$ )；網前正手側以教練優於四甲與四乙、五乙優於四甲與四乙 ( $f=12.185, p=0.000***$ )；正前方以教練優於四甲與四乙、五乙優於四甲與四乙 ( $f=12.924, p=0.000***$ )；網前反手側以教練優於四甲與四乙、五甲優於四乙、五乙優於四甲與四乙 ( $f=11.770, p=0.000***$ )；反手側以教練優於四甲與四乙、五甲優於四甲與四乙 ( $f=8.581, p=0.000***$ )。由此可知，若無非執拍手的支撐力量，第四級的選手在上述擊球距離的測試中明顯弱於第五級的選手。

如以獨立 t-test 進行各組分析，則可以發現四甲和四乙在抓輪椅的正手側和網前正手側有顯著差異 ( $t=2.866 p=.014*$ ； $t=2.491 p=.030*$ )。在四甲和五甲的比較上，抓輪椅反手側 ( $t=-3.310 p=.007**$ )、不抓輪椅正手側 ( $t=-4.356 p=.003**$ )、不抓輪椅網前反手側 ( $t=-2.230 p=.048*$ )、不抓

輪椅反手側 ( $t=-1.786$   $p=.110^*$ ) 這些項目，第五級甲組都比第四級甲組優秀。在第四級乙組和第五級乙組的比較，抓輪椅正手側 ( $t=-2.272$   $p=.041^*$ )、抓輪椅網前右側 ( $t=-2.855$   $p=.017^*$ )、抓輪椅正前方 ( $t=-2.997$   $p=.013^*$ )、抓輪椅網前反手側 ( $t=-2.796$   $p=.018^*$ )、抓輪椅反手側 ( $t=-2.339$   $p=.035^*$ )、不抓輪椅正手側 ( $t=-4.108$   $p=.002^{**}$ )、不抓輪椅網前正手側 ( $t=-8.819$   $p=.000^{***}$ )、不抓輪椅正前方 ( $t=-10.203$   $p=.000^{***}$ )、不抓輪椅網前反手側 ( $t=-9.035$   $p=.000^{***}$ )、不抓輪椅反手側 ( $t=-3.607$   $p=.000^{***}$ ) 這些項目，第五級乙組都比第四級乙組優秀。至於第四級和第五級總體的比較，在抓輪椅網前正手側、抓輪椅正前方、抓輪椅網前反手側、抓輪椅反手側、不抓輪椅正手側、不抓輪椅網前正手側、不抓輪椅正前方、不抓輪椅網前反手側、不抓輪椅反手側這九個項目都達到顯著差異，證明第五級選手在擊球距離上明顯比第四級選手優秀。尤其是不抓輪椅的檢測方面，兩者更達到極顯著差異，第五級選手在這方面比第四級選手優秀許多，顯見第四級選手更需要非執拍手抓握輪椅來增進本身功能。

#### 肆、結論與建議：

第四級與第五級選手在五點擊球距離量測中在非執拍手是否抓握輪椅將會產生很大的影響，第四級選手可以利用非執拍手抓輪椅的技巧，減低這方面的劣勢。輪椅操控技巧及站位方式，如同正常人桌球之站位及步法般重要，各種類型之站位方式決定著一位選手的打法型態及戰術主流，包括性格、肌力、腰力、打法。教練在訓練選手時必須針對選手個別差異，選手的殘障特性、身體功能給予指導。

輪椅桌球實力堅強的歐洲、大陸、韓國、日本…這些國家，無論是第四級、第五級，甚至是殘障程度較重的第三級選手，輪椅一律採開放式，不用煞車。這點和我國選手有較大不同，我國選手採開放（不用煞車）、半開放（只一邊用煞車）、固定（兩邊用煞車）的方式皆有之。輪椅固定者，穩定性較佳但機動性減低；輪椅開放者，穩定性較弱但機動性增強。必須視選手個人喜好而定，理論上，穩定性可以由訓練中增強，也可以藉未持拍手扶助輪椅穩定，所以這些國家基於此觀念而進行輪椅操控和來球預測

能力的訓練，因此輪椅的操控技巧是相當重要的。

輪椅桌球因所受限制較多，在技術上發揮也不能完全達到健全人的要求，教練及選手必須視選手個人等級、功能及生理狀況進行訓練，並發展其個人動作特色。在正反手的推、拉、切、削等基本動作，基本上等級四之輪椅桌球選手都可以發揮(Wu, 2000)；但必須注意整體的落點 (spot)、旋轉 (spin)、速度 (speed) 三個要素進行訓練。完全掌握桌球旋轉性質而產生極佳落點，再加上個人戰術的配合，才能使技術發揮到極致。在健全選手經常強調的是發球搶攻段、接發球搶攻段、相持段三段技術的發揮，以積極搶攻為求勝的第一考量，同時能掌握前三板攻擊優勢者更能取得勝利的先機(朱昌勇，民 84)。但在輪椅桌球應更強調落點的打法與變化、相持球的能力，所以在球的旋轉以及其產生的偏離角度、來回球的旋轉特性是訓練及比賽時所應重視的。

單純以落點來說，輪椅桌球選手有三個極限區域，分別是正手側旋向左偏離、反手側旋向右偏離、利用反旋產生回跳這三種情形(詹勝淵、吳昇光，民 89)。但是選手必須能夠確切掌握來球旋轉狀況，借對方來球旋轉或前衝、側旋力量，方能將此技術發揮。輪椅選手除此極限區之外，通常選手最不易發揮技術的落點為執拍手肩膀位置與反手側遠端位置。一個為近身區，力量無法施展；一個為反手遠身區，力量施展同樣相當困難。選手如能針對此落點發球或回擊，將可有效抑制對手技術發揮；正常選手可以腳步移位或身體扭轉回擊，輪椅桌球選手要做到此點則必須技巧性的操控輪椅，但是我國選手在輪椅操控技巧上顯然必須強化這方面的技術。反之，一位訓練有素的輪椅桌球選手，以落點而言最好發揮的落點為正手遠端與未持拍手肩膀位置，這兩個位置是比賽中應儘可能避免的。

### 參考文獻

- 王友信(民 74)。現代桌球爭霸術。恆星乒乓研究會。
- 朱昌勇(民 88)。1998 年世界盃女子桌球賽三段技術分析。大專體育，41，53-58。

- 朱昌勇(民 83)。1993 年美國桌球公開賽女子單打決賽技術分析研究。政大體育，7，171-177。
- 朱昌勇(民 84)。1994 年世界盃男子單打桌球錦標賽技術分析研究。政大體育，8，123-132。
- 吳昇光(民 89)。身心障礙運動分級理論及實務應用。台北：合記。
- 林光華(民 83)。桌球體位分級－脊髓損傷與小兒麻痺。殘障體育運動會刊，2，18-20。
- 黃振華(民 85)。輪椅桌球之站位方式及操控技巧。殘障體育運動會刊，4，64-65。
- 黃振華(民 87)。男子輪椅桌球第五級國手排名賽之技術分析。文化體育，14，31-47。
- 童慶康(民 68)。桌球基本技術與實際。台北：傳統書局。
- 詹勝淵、吳昇光(民 89)。輪椅桌球選手運動極限研究-分析我國男子第四級單打。大專體育，55，21-26。
- International Paralympic Committee. (1995). 1996 Atlanta Paralympic Games: General and functional classification guide. Atlanta, GA: Atlanta Paralympic Organising Committee.
- Wu, S. K. (1998). Research in table tennis classification. Paper presented at the meeting of the 1998 World Disability Table Tennis Championships, Paris, France.
- Wu, S. K. (2000). Is the table tennis classification system effective: a performance evaluation. Paper presented at the 5<sup>th</sup> Paralympic Congress, Sydney, Australia.