



空間迷向訓練對運動員動暈效應之研究

¹何維華、²謝慕揚、¹徐敬亭*、¹蔡子喻

¹台北市立大學運動器材科技研究所、²台大醫院新竹分院心臟血管內科

投稿日期：2020 年 03 月；通過日期：2020 年 09 月

摘要

目的：高強度的訓練和比賽狀態，使得運動員在三度空間中產生空間錯覺，導致控制身體的視神經、前庭神經、自律神經等，傳送錯誤訊息給大腦，容易引發動暈症進而造成動態追視能力以及心率變異調控的影響，導致運動後期效應的負面反應。因此，本研究之目的在探討空間迷向訓練前、後，對於動態追視能力和整體性心率變異指標的差異及相關，企圖解釋造成動態追視能力變化以及影響心率變異的負面效應。**方法：**依據 IRB(Institutional Review Board)的規範篩選 30 名男性運動員，在多軸訓練儀上進行空間迷向的訓練，在訓練前、後採用心率紀錄儀、三度空間運動視覺系統進行測驗。**結果：**研究結果發現，深度動態追視能力在前測為 8109.5、後測為 9314.4 具有顯著差異；在整體性心率變異指標前測為 84.2、後測為 36.9 也有達顯著差異，另外在 SDNN (Standard Deviation of all Normal to Normal)與深度動態追視能力的積差相關為 0.72 達顯著水準。**結論：**結論得知，空間迷向訓練所創造出的壓力，來自於訓練中對於頭部刺激的動暈現象，使運動員面對空間的變化產生壓力刺激，誘發在深度動態追視能力和心率變異的變化呈現正相關，此研究所證實的現象，對於未來研究、高強度的訓練和比賽，有助於提供具體參考且實務的應用價值。

關鍵詞：空間迷向、動態追視、心率變異

壹、緒論

運動員的空間迷向 (Spatial Disorientation) 現象，是由於運動員在三度空間運動時，結合身體速度、傾斜度的變化，在複雜向量的物理性交雜影響下，使得運動員產生空間錯覺，而面對環境判斷的適應能力。最典型的空間迷向會產生傾斜錯覺、體位錯覺、科式錯覺、螺旋，因此空間迷向訓練即是運動員在移動身體過程中發生空間錯覺，導致控制平衡的前庭神經傳送錯誤的空間訊息給大腦，刺激運動員透過視覺修正身體姿態。反之，空間迷向所導致的錯覺，很容易引發動暈症 (Motion sickness)，動暈症是視覺訊息的誤導，對異常環境之反應，導致神經系統的衝突，造成眩暈相關症狀，進而造成動態追視能力下降以及影響心率變異調控，導致運動後期效應的負面反應。

眼睛、前庭與本體感受器是掌控人類的平衡，傳遞訊息給大腦而獲知正確的空間定向，但在三度空間的環境下，卻可能會傳遞出錯誤的訊息。運動員視野目標是掌握空間定向的主要依據，但若遭遇視線不良

或遮蔽，容易引起動暈的症狀，另外當運動員不斷地改變身體姿態與加速度等，迫使前庭無法傳遞正確的空間定向訊息，就會自然發生空間迷向而不自覺，也容易引發動暈的症狀。

空間迷向的適應不良，一旦誘發動暈的症狀發生，經常使身體造成心率變異 (Heart Rate Variability, HRV) 的調控出現問題 (Antelmi, de Paula, Shinzato, Peres, Mansur, & Grupi, 2004)，是由於運動員產生動暈症時，不但在三度空間的環境下，傳遞出錯誤的訊息阻礙運動員視野目標，造成空間迷向的錯覺，並且也會因為內耳前庭發生三個互相垂直的半規管，分別傳遞傾斜、俯仰、滾轉等三軸的空間定向錯誤訊息，在此同時身體需要極度忍耐的狀態下，造成運動員心率變異的瞬間變化或是情緒之變化，因此動暈症出現天旋地轉的感覺，伴隨著心悸，視覺模糊，也造成心率不整的發生。當運動員在動暈症現象下，身體不穩定的狀態，造成運動員的情緒壓力，通常會伴隨交感神

*通訊作者：徐敬亭 台北市立大學運動器材科技研究所
地址：11148 台北市士林區忠誠路二段101號
E-mail：jingtingshi@gmail.com

經 (Sympathetic) 和副交感神經 (Parasympathetic) 失去對心臟的穩定調控。

運動員在三度空間中不斷地變換頭部姿勢，容易造成動暈症，主要是因為從眼睛進入的訊息和本體的感覺不一致，大腦錯誤解讀而造成眼睛視覺神經，將晃動且混亂的影像傳給大腦，使大腦對外界的環境和平常所感應到的不一致，而產生訊息處理誤解和錯誤判斷，導致平衡系統失調。人體在三度空間不斷的受到刺激，引發前庭系統在空間迷向狀態下運動，導致動暈症對運動員的不良影響。傳統上大都以抗暈藥物治療，但對於訓練或比賽時的運動員，運動禁藥的規範不宜使用抗暈藥物，因為抗暈藥物的兩大副作用為嗜睡及視覺模糊的問題，對於激烈的訓練或比賽，更易造成傷害。另外，運動員在三度空間中不斷地變換頭部姿勢造成動暈現象，促進全身性的血液循環提升，使得心臟的負荷量及心理壓力的增加，可能使整體心率變異 (Standard Deviation of all Normal to Normal, SDNN) 讓指標異常，讓心臟跳動的節律出現不規則、過快、或過慢的表現，而 SDNN是以心跳周期 (R-R間期)的標準差呈現，指標越大反應副交感神經活性越高，指標值降低則是交感神經活性增加。在 Finocchiaro 等人分析 357名猝死的運動員中，就有發現 42%運動員死於心率不整猝死症候群 (SADS)(Finocchiaro et al, 2016)。

空間迷向是對身體位置的錯誤知覺，使運動員處於眩暈的狀態，在人體動態中所發生的動暈症，通常來自運動員在進行複雜的三度空間運動技巧時，沒有可供參考的空間識別固定物，就必須採取前庭器官及本體感受器官來取代視覺器官進行空間定向，不過在運動中各種速度變化狀態，有時會影響體內的三半規管及耳石器，而反應錯誤的空間位置，便造成空間迷向的適應不良。若造成運動員訓練或比賽瞬間突然眩暈，身體會感覺整個訓練或比賽場地都在飄浮或旋轉，運動員無法準確保持平衡，甚至看不出真正的位置所在，非常容易發生運動傷害。影響運動員視覺上追蹤動態中的物體有三種情況：橫向動態追視 (Horizon dynamic vision tracking) 是運動員追視移動中的球體，快速前、後橫向移動的能力。例如：籃球選手判斷控球員的導傳球。瞬間動態追視 (Instant dynamic vision tracking) 是運動員追視移動中的球體，立即性瞬間判斷處的能力。例如：桌球選手，瞬間判斷發球旋轉方向。深度動態追視 (Deep dynamic vision tracking) 是運動員追視移動中的球體，深遠處移動的能力。例如：

排球選手在接發球時判斷遠處的跳躍發球、棒球打擊選手判斷投手的球路、網球選手判斷遠處的發球。所以，一旦發現運動員視覺上追蹤動態中的物體有異狀，可能表示有潛在危險不適宜從事訓練或比賽。

有鑑於我國近來年的運動成績不斷下滑，而訓練的方法沒有創新和突破。空間迷向訓練 (3D spatial training) 是在三度空間裡身體位置、速度、傾斜度變化的訓練，誘發運動員產生空間錯覺、判斷的適應，過去韓國女子手球奧運代表隊、中華台北射箭奧運代表隊曾實施過，高空繩索的視覺刺激來進行膽試訓練，以往在美國太空總部 (NASA)、空軍 (Air Force) 及我國陸軍飛行員，也曾使用旋轉椅、三度空間迴旋器等，來進行適應動暈症的減敏治療 (朱信, 2014; 李紀蓮、鄭兆堅、張仁義、江國超, 2014)，以模擬如同比賽或戰爭狀態，在高壓、恐懼下誘發交感神經興奮，引發心跳變快、血管收縮及血壓上升，應用此種的刺激方法所獲得的身體適應，具有極佳的成效。對於運動員表現而言，在訓練和比賽期間內如何適應？成效如何？則尚待研究評估，並且在不同的訓練新方法、訓練處方，仍沒有一套明確的指標。由於人體無時無刻皆處於三度空間的運動狀態，大腦的前庭系統，掌控了身體各部位的平衡與姿勢運動，強調人體於站立時的特別身體擺位與穩定性動作，進而應用運動員的視覺追蹤能力及心率變異穩定調控的良好指標。期待突破過去困境，在運動處方上有難以定量及同步偵測的困難，改善這方面的技術一直停滯於傳統的方式，以現代測量技術及相關感應器的發展，使得這方面原有的困境可以獲得突破性的發展。本研究跨領域運用空間迷向的訓練方式，結合運動科技與醫學專業，來解決現今預防醫學的訓練實務，並更進一步運用到運動員的表現能力上，以求更高之發展及突破。

空間迷向訓練促使運動員對於動暈症的適應，企圖改善追視能力下降以及影響心率變異的調控的負面效應。如前所述，運動員動態追視表現的優劣，會直接影響到運動技巧和表現的成敗，故本研究強調經過空間迷向的訓練以後，評估運動員對於動態追視能力的優劣，並探討空間迷向訓練誘發運動員動暈症現象後，干擾週邊視覺系統傳來的訊息，阻礙大腦與神經系統做訊息整合，探究心率變異對於空間迷向訓練後變化現象。其具體的研究目的為：1. 探討空間迷向訓練前後，橫向動態追視能力、瞬間動態追視能力、深度動態追視能力、整體性心率變異等指標的差異。2.

探討空間迷向訓練前後心率變異指標與橫向動態追視能力、瞬間動態追視能力、深度動態追視能力的相關。

貳、研究方法

本研究參與者之對象為男性運動員受試者 30 名，年齡範圍在 20~29 歲之間，身高適合範圍在 160~185cm 之間，未來應用性別以男性為限。納入對象健康且無急性運動傷害、慢性疾病、眩暈症或其他易造成頭暈的病症等。經由醫療專業人士確認在臨床上無不宜有類似旋轉動作的病症、易暈車、暈船者、神經較敏感、心率不整、常熬夜、日夜顛倒、感冒、血壓偏高、二尖瓣脫垂、體虛或前一天失眠者，如曾經看別人玩雲霄飛車或海盜船，便會冒汗、心悸、噁心將排除。每一位符合條件的受試者，經由研究人員配合同意書的內容親自詳細說明，詳述與解釋全部的過程。為防止摔傷的風險設有安全帶的保護措施，在測試前進行短暫的練習，降低心理害怕的副作用，正式空間迷向訓練時會誘發短時間的動暈症狀，稍作休息即可復原。每位受試者在多軸訓練儀上進行空間迷向的訓練，實施的運動強度與一般人日常生活的運動強度類似，不會超過自身的負荷。本研究經過研究倫理委員會審查，審查內容包含利益及風險評估、研究參與者照護及隱私保護等，並獲得核准 (UT-IRB-2016-049)，參與者之可辨識資料將以代號編寫，所有記錄將妥善儲存並保密。

空間迷向訓練源自於太空人在無重力狀態下或飛行員駕駛，以抗重力之情形下使人體在三度空間中運動，模擬太空人或飛行員能夠在各個方向自由移動或旋轉以適應引力的變化。而本研究所使用的多軸訓練儀 (新型專利：M374885)，活動軸及內軸三個圈，外軸與活動軸相接，而活動軸再與內軸相接，以外軸軸接固定於支撐座兩端。三個軸向的活動以模擬人體在空間中進行三度空間的空間迷向訓練，其動力控制運作系統可使人體全身性旋轉的時候，調控正向或逆向的旋轉和速度。依據先前研究設計空間迷向的標準化訓練模式 (黃鈺帽、何維華、徐敬亭、蔚順華, 2014) 訓練的時間是 15 分鐘，受試者以站姿的方式固定於多軸訓練儀上，兩手固定於機台握把上，人體是以全身性旋轉的方式進行轉動，而旋轉速度的控制轉動的程序，由逆時針方向開始轉動，轉速從 15RPM 開始，每 20 秒增加一個 1RPM，直至 80 秒後維持為轉速在 19RPM 的訓練強度，訓練時間上限為 15 分鐘或者至受試者自覺量表之最大忍受度 (RPE =20) 即立即停止。

在空間迷向訓練前、後受試者進行心率變異的測量，在安靜狀態下測量心率變異性，在無噪音、光線等外在干擾的情況下，以心率紀錄儀 (Amor H1, Leadtek, Taiwan) 收集 5 分鐘受試者之心跳率、心率變異性數值。心率變異參數針對心電訊號獲得心跳變

異率參數，並計算各指標與數值，計算心率 (Heart rate) 及心電圖中相鄰 R 波的時間間距，偵測 R 波演算方法以斜率變化方式來測得，將心電訊號波形 $S(n)$ 代入

公式： $Slope(n) = -2S(n-2) - S(n-1) + S(n+1) + 2S(n+2)$ ，偵測到 QRS 波的位置，在這個位置附近的最大值，即是 R 波的出現位置，每一次的 R 波皆偵測後也計算出 R-R Intervals，獲得心電圖中相鄰 R 波之間的間隔分析參數，正常節律下的微幅心率變化進行時域分析 (Time domain) 求得 SDNN (Standard Deviation of all Normal to Normal)，其計算的方程式如下：

$$MeanRR = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

$$SDNN = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - meanRR)^2}{n}}$$

受試者在空間迷向訓練前、後之動態追視能力測定，運動視覺追蹤能力是快速追蹤物體移動的必備視覺能力，在運動中經常被使用而且扮演重要的角色的視覺能力與運動表現有關，本研究使用三度空間運動視覺系統 (Power 3D Visual Training System VL370, Olympus, Japan) 安裝在桌上型電腦，三度空間運動視覺追蹤系統的 3D 眼鏡的架設，將感應器會黏貼在螢幕中間上方，實驗操作助理以 VTS 系統管理者帳號操作，將受試者輸入代號編寫之後儲存，測驗過程受試者必須以鍵盤及搖桿鍵操作，開始前先配戴好儀器並固定好，校正完後請受試者凝視單一目標物，在進行手動校正空間位置以減少誤差，兩次校正後即可進行實驗。為了避免學習效應採隨機出現方式進行，測試結束後將進行資料處理。

橫向動態追視能力測驗，藉由左右飛入的圓形球體測驗，追蹤物體的視覺判斷能力，球體上會顯示上、下、左、右缺口，受試者以搖桿回答正確方向後，球體就會炸散開來表示正確，反之球體會變淡顯示錯誤。瞬間動態追視能力檢測則是以球體之瞬間移動球體判斷能力，球體將會出現之號碼，受試者將以鍵盤按鍵輸入正確數字答題。深度動態追視能力檢測為三顆球體分別由遠至近的移動和改變球體運動型態，當三顆球體深度距離相同時以按鍵回答。每位受試者在空間迷向訓練前、後之動態追視能力測定成績之分數計算方式，為答題正確的速度，總分呈現範圍從 0 至 10000ms 之間 (數值越大表現越好)，在橫向動態追視指數、瞬間動態追視指數、深度動態追視指數，進行訓練介入前、後以重複量數統計考驗設計，使用 SPSS 軟體進行分析，顯著水準訂為 $\alpha = .05$ 。

參、結果

本研究介入空間迷向訓練，使人體在三度空間中真實性的運動狀態，模擬失去控制的旋轉以適應地心

引力的變化，採用的多軸訓練儀進行三度空間的空間迷向的刺激，誘發人體全身性旋轉的產生動暈症的現象。

表 1 動態追視能力與心率變異在空間迷向訓練統計分析表 (N=30)

	前測	後測	P Value
橫向動態 追視能力指數 (ms)	8054.8 ± 266.3	8297.8 ± 325.2	.434
瞬間動態 追視能力指數 (ms)	8324.3 ± 397.0	8888.2 ± 350.6	.246
深度動態 追視能力指數 (ms)	8109.5 ± 216.8	9314.4 ± 206.8	.014*
SDNN 指數 (ms)	84.2 ± 7.2	36.9 ± 4.5	.036*

* $p < .05$

表 2 SDNN 與動態追視能力之積差相關分析 (N=30)

		SDNN		
		橫向動態 追視能力	瞬間動態 追視能力	深度動態 追視能力
前測	r Value	-0.04	-0.17	0.10
	P Value	0.85	0.36	0.60
後測	r Value	0.15	0.28	0.72
	P Value	0.43	0.13	0.003*

* $p < .05$

本研究結果如表 1 所示，在介入空間迷向訓練時，橫向動態追視能力前測指數為 8054.8 ± 266.3 ，後測為 8297.8 ± 325.2 ，前後之間未達顯著差異；在瞬間動態追視能力指數，前測為 8054.8 ± 266.3 ，後測為 8297.8 ± 325.2 ，前後之間亦未達顯著差異；在深度動態追視能力指數，前測為 8109.5 ± 216.8 ，後測為 9314.4 ± 206.8 ，前後之間 p 值為 .014 達顯著差異；在 SDNN 指數，前測為 84.2 ± 7.2 ，後測為 36.9 ± 4.5 ，前後之間 p 值為 .036 達顯著差異。進一步探討空間迷向訓練前後

SDNN 指標與橫向動態追視能力、瞬間動態追視能力、深度動態追視能力的相關，研究結果如表 2 所示，SDNN 與深度動態追視能力的積差相關 r 值為 0.72 達顯著水準。

肆、討論

人類透過視覺器官察覺運動環境中的各種資訊，並透過判斷而進行必要之回應。然而，大腦處理訊息之的限制，主要來自運動員之生、心理條件與特性，進而影響運動員之表現。在運動時，運動員首先藉由人體的各種感覺器官，接收來自外界環境的許多資訊，這些感覺器官的運作是屬於人類的生理反應。視覺是運動員在運動過程中，獲取外界資訊最重要的感覺，因此視覺的生理限制對運動表現有絕對的影響。從本研究的結果發現，橫向動態追視能力和瞬間追視能力，對運動訓練後雖無影響，但是在深度動態追視能力猶如排球選手在接發球時判斷遠處的跳躍發球、棒球打擊選手判斷投手的球路、網球選手判斷遠處的發球，反映出視覺的生理限制及發生時的應變方法，將可大大提升訓練和比賽的表現。

本研究在深度動態追視能力經過刺激後明顯造成能力下降的現象，由於深度動態追視能力，直接影響對前方物體的判斷與應變能力，在研究結果之前後比較差值已達到 1204.9 ms，故此發現，運動員必須在深度環境判別移動的物體的狀況，所以深度動態追視能力甚為重要。過去研究發現當運動物體速度逐漸增加時，運動員深度動態追視的視野也會變較小，較難清楚掌握物體周遭狀況，因此發生錯估的機率將大為增加，也在如棒球、排球、網球等等在發生於追蹤快速移動球體時，因為運動球體從對向而來，眼睛追視造成瞳孔急遽收縮以致做出快速反應，通常需幾秒才能使視力放鬆 (Venter & Ferreira, 2004; Hughes, Bhundell, & Waken, 1993; Christenson & Winkelstein)。由於在三度空間深度動態追視能力，無法確切追蹤運動狀況，所以眼睛會因刺眼而需要一點時間才能恢復，此種生理限制的適應現象，所需的適應時間，是否可透過空間迷向訓練獲得改善，值得未來進一步探討。空間迷向訓練也同步引發出認知的刺激反應，運動員藉由視覺器官和大腦認知，意識到周遭的運動物體狀況，而後經過思考、判斷做出決策並採取反應動作，這段過程所需之反應時間，大約需要 0.6 秒的反應時間 (郭博昭、陳建良、陳曉瑩、溫德生, 2004)。在認知、判斷階段，可能隨著疲勞程度有關，疲勞是經過劇烈的體力活動或複雜的腦力思考後，所產生的一種現象，

當疲勞的狀況發生時，反應能力、精神狀況、記憶力、心情和警覺性等皆受到負面影響，嚴重削弱運動員本身的判斷能力。另外，空間迷向訓練對於注意力反應，當刺激對於運動員注意力分散時，注意力的水準也可能因所投入的注意力高低不同，而影響動態追視能力，尤其在實際訓練和比賽，外在環境情況越複雜，其中深度動態追視能力須投入越多注意力，以確實掌握周遭的運動狀況。容易導致傷害的發生，根據研究指出，運動員連續訓練或比賽 5 小時後，認知決策和注意力下降，其所需承擔之事故風險是訓練或比賽 3 小時的 2 倍 (Macor, Fagard, & Amery, 1996)，長時間連續訓練或比賽時，若出現打呵欠、精神無法集中、眼睛痠痛、心神不定、困倦、反應變慢、無聊厭煩、感到急躁、頻繁打瞌睡等疲勞徵兆，須特別注意觀察運動員處於疲勞狀態，此時切勿逞強繼續訓練或比賽，建議讓疲勞感解除再行訓練或比賽。

空間迷向訓練也同步引起整體心率變異之 SDNN 指標的變化，表 2 顯示訓練後造成 SDNN 指標明顯降低，是受到交感神經活性的作用，使運動員心跳加快、呼吸急促、處在焦慮繃緊的狀態。本研究以三度空間不斷地變換頭部姿勢誘導動暈現象，促進全身性的血液循環提升，使得心臟的負荷量及心理壓力的增加，可發現 SDNN 的變化能讓心臟跳動的節律出現不規則的表現。過去 Finocchiaro 等人以 SDNN 分析猝死的運動員中，就有發現 42% 運動員死於心率不整猝死症候群 (SADS) (Finocchiaro et al., 2016)，也在 Kleiger 等人的研究 (Kleiger, Miller, Bigger, & Moss, 1987; Schwartz & Stone, 1982) 發現 SDNN 可預測心肌梗塞後的死亡，是心室心律不整的危險因子。並且透過 Bigger 等人研究 (Bigger, Fleiss, Steinman, Rolnitzky, Kleiger, & Rottman, 1992; Bigger, Steinman, Rolnitzky, Fleiss, Albrecht, & Cohen, 1996) 確認了 SDNN 非常有效預測心肌梗塞，亦將 SDNN 建立為心室心律不整的危險因子。在心律不整對預測猝死的頻域分析法，能分辨副交感神經和交感神經影響扮演關鍵性角色 (Schwartz & Stone, 1982) 以 van den Berg 在 2018 研究統計的量測 SDNN 正常平均值為 48.5 ms，第二百分位數為 13.9 ms，第二百分位數為 161.4 ms，若 SDNN 數值長期低於正常值的 25% 以下應加以注意 (van den Berg et al., 2018)。影響 SDNN 變化之因素，包括動態環境、動作節奏、心理壓力等，本研究在空間迷向訓練之前，受到在副交感神經活化時，心跳速率會變慢，SDNN 會上升、卻在空間迷向訓練之後，

受到心跳過快合併 SDNN 的下降現象出現。如上述所言，隨著空間迷向訓練強度的增加，認知的刺激反應、注意力分散，伴隨著 SDNN 變化有關，推測自主神經對心臟的調節能力逐漸減弱，同時使呼吸變快，血壓上昇，心率變快，如同於美國太空總部和空軍的旋轉椅、三度空間迴旋器訓練，來進行適應動暈症的訓練，以模擬戰爭狀態，在高壓、恐懼下誘發交感神經興奮，引發心跳變快、血管收縮及血壓上升，獲得的身體適應 (朱信，2014; 李紀蓮等人，2014)。對於運動員表現而言，SDNN 與深度動態追視能力，代表人體在克服因環境連續變化所需的能力，能夠在此研究獲得支持。有助於應用在實際的訓練和比賽。

伍、結論

為促進運動成績提昇，空間迷向訓練是一項創新和突破的方法，根據本研究指出，運動員將親身經歷的空間體感訊息，轉換為對深度追視的意識，成為自己訓練上的刺激經驗，就算遇到嚴酷環境或緊急狀況，即可以從容應對。空間迷向訓練所創造出的壓力，來自於訓練中對於頭部刺激的動暈現象，使運動員嘗試對空間的變化產生一些壓力，藉由此中新的訓練刺激、產生漸增速度，顯著性出現深度追視能力和心率變異的變化。

過去在網球大滿貫得實例中，運動員在運動球體快速移動時，在深度追視能力的調控上不能做出正確的決策，使得運動員在緊急狀況發生，無法應付物體追蹤深度距離的視覺能力，往往會做出一些憤怒的行為。在醫學的觀點上發現，憤怒也可能引發幻聽、視力幻覺，在醫學上還可能會造成心律失調等疾狀，對於運動表現造成嚴重影響，而嚴重的心律失調，更使得 SDNN 對於人體生理上的反應，呈現運動員更疲勞、心跳加速、血壓升高、視覺扭曲或模糊，影響身體控制的能力。

人類大腦處理空間資訊的能力，會受到生、心理反應的限制，訓練和比賽裡大量且強度的空間資訊處理的過程，不斷地讓大腦尋找出適合的方法，將艱難、複雜的運動技術，展現人體在三度空間中運動的適應上。總而言之，透過本研究可以了解到，空間迷向訓練對於各種動態追視能力產生的影響，以及 SDNN 的反應變化，有助於未來研究參考，更能夠擴及到高壓力、高強度的訓練和比賽，具有實務的應用價值。

致謝

本研究在科技部計畫 (MOST 106-2410-H-845-014-MY2) 經費的支持下,使得本計畫能順利進行,在此獻上萬分致謝。

陸、參考文獻

- 朱信(2014)。航空動暈症之減敏治療。《中華民國航空醫學暨科學期刊》, 28(1), 37-52 頁。
- 李紀蓮、鄭兆堅、張仁義、江國超(2014)。陸軍飛行員夜視鏡空間迷向經驗與因應對策調查研究。《中華民國航空醫學暨科學期刊》, 28(1), 13-24。
- 郭博昭、陳建良、陳曉瑩、溫德生(2004)。APRL 動作的腦電波分析。《中華民國航空醫學暨科學期刊》, 18(2), 91-99。doi:10.7011/JAMSRC.200412.0091
- Antelmi, I., de Paula, R. S., Shinzato, A. R., Peres, C. A., Mansur, A. J., & Grupi, C. J. (2004). Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *The American Journal of Cardiology*, 93(3),381–385.
<https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2003.09.065>
- Bigger, J. T., Jr, 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.
<https://doi.org/10.1161/01.cir.85.1.164>
- Bigger, J. T., Jr, Steinman, R. C., Rolnitzky, L. M., Fleiss, J. L., Albrecht, P., & Cohen, R. J. (1996). Power law behavior of RR-interval variability in healthy middle-aged persons, patients with recent acute myocardial infarction, and patients with heart transplants. *Circulation*, 93(12), 2142–2151.
- Christenson, G. N., & Winkelstein, A. M. (1988). Visual skills of athletes versus nonathletes: development of a sports vision testing battery. *Journal of the American Optometric Association*, 59(9), 666–675.
- Finocchiaro, G., Papadakis, M., Robertus, J. L., Dhutia, H., Steriotis, A. K., Tome, M., Mellor, G., Merghani, A., Malhotra, A., Behr, E., Sharma, S., & Sheppard, M. N. (2016). Etiology of Sudden Death in Sports: Insights From a United Kingdom Regional Registry. *Journal of the American College of Cardiology*, 67(18),2108–2115.
<https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.02.062>
- Hughes P. K., Bhundell, N. L., Waken, J. M. (1993). Visual and psychomotor performance of elite, intermediate and novice table tennis competitors. *Clinical and Experimental Optometry*, 76(2), 51-60.
- Kleiger, R. E., Miller, J. P., Bigger, J. T., Jr, & Moss, A. J. (1987). Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *The American Journal of Cardiology*,59(4),256–262.
[https://doi.org/10.1016/0002-9149\(87\)90795-8](https://doi.org/10.1016/0002-9149(87)90795-8)
- Macor, F., Fagard, R., & Amery, A. (1996). Power spectral analysis of RR interval and blood pressure short-term variability at rest and during dynamic exercise: comparison between cyclists and controls. *International Journal of Sports Medicine*, 17(3), 175–181. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972828>
- van den Berg, M. E., Rijnbeek, P. R., Niemeijer, M. N., Hofman, A., van Herpen, G., Bots, M. L., Hillege, H., Swenne, C. A., Eijgelsheim, M., Stricker, B. H., & Kors, J. A. (2018). Normal Values of Corrected Heart-Rate Variability in 10-Second Electrocardiograms for All Ages. *Frontiers in physiology*,9,424.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00424>
- Schwartz, P. J., & Stone, H. L. (1982). The role of the autonomic nervous system in sudden coronary death. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 382, 162–180.<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1982.tb55214.x>
- Venter S.C., Ferreira J.T. (2004). A comparison of visual skills of high school rugby players from two different age groups. *South African Optometrist*, 63,19-29.



The Study of Motion Sickness Effect by Spatial Disorientation Training

¹Wei-Hua Ho, ²Mu-Yang Hsieh, ¹Jing-Ting Shu*, ¹Tzu-Yu Tsai

¹Graduate Institute of Sports Equipment Technology, University of Taipei, Taipei, Taiwan

²Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, National Taiwan University Hospital, Hsinchu, Taiwan

Received:2020/03; Accepted : 2020/09

ABSTRACT

Purpose: Intense sports training and competition assimilate into the three-dimensional motion were caused spatial disorientation. The Nervous system controls such as vision, vestibule and heart rate were not working properly and the wrong message transmission to the brain. Previous research found that were induced motion sickness. In addition, the dynamic vision tracking ability and the heart rate variability regulation were which bring to a negative reaction effects after exercise. Therefore, the purpose of this study was to explore the differences and correlations between the dynamic vision tracking ability and the heart rate variability SDNN index pre and post the 3D spatial training. **Methods:** There are 30 male athletes participated in this study and screened according to the IRB specifications, and the 3D spatial training was performed on a multi-axis training device, a heart rate recorder and a three-dimensional spatial motion vision system were used for testing during pre and post training. **Results:** The results were showed significant difference in the depth of dynamic vision tracking ability at the pretest 8109.5 and the posttest 9314.4, the SDNN index also had significant differences at the pretest 84.2 and posttest 36.9, on the other, it was significant correlation at 0.72 between SDNN and depth dynamic vision tracking ability. **Conclusions:** In conclusion, the pressure induced motion sickness phenomenon by 3D spatial training from stimulation training. There was also a substantial body of evidence that would support the argument in this study and found the reason from positive correlation between deep dynamic vision tracking ability and heart rate variability due to the adaptation ability of athletes. It will useful for the future research and application in high intensity training and competition.

Keywords: Spatial disorientation, Dynamic vision tracking, Heart rate variability