



軍事教育

以心跳率變化為觀點：初探旋轉儀檢測 罹患航空動暈症的可行性(個案研究)

講師 蔡玉敏

提

要

飛行生於初期基本組飛行訓練，最害怕面對航空動暈症的生理不適症狀。幸者，經過幾次實飛課程產生生理適應，從此雨過天晴，如願繼續遨翔天際；不幸者，經歷幾課折騰，最後撒手而退，毀了大學四年的精心準備，浪費了大把的軍事訓練經費。因此，尋覓航空動暈症防治方法，對空官飛行訓練而言，是相當迫切需要進一步瞭解的研究問題。

旋轉儀，是空官在各式展示場經常必備的展示品。美國NSAS用它做太空人適應無重力環境的訓練器具，唯國內受限於缺乏科學性的訓練成效報告，致無法有所依據的將它編納在空官的正規訓練課程，進而在確實功能與空官存廢問題上，備受質疑。本研究主要目的為探討旋轉儀與航空動暈症的關聯性，藉以確立旋轉儀對空官飛行生的助益。

壹、前言

動暈症(motion sickness)是人體對運動環境的正常生理反應，可在乘坐各種交通工具時發生，有時會引起極不舒適的症狀，暈船是最常見的是現象(溫德生，2010)。當它發生在空中的航空乘載器具時，就稱為航空動暈症(airsickness，又稱為暈機症)，對於學習駕駛飛機，或在空中執勤的空勤人員而言，航空動暈症是一大困擾(Dobie & May, 1994)。航空動暈症是人體對三度空間飛行環境的正常生理反應，自從1903年人類實現飛行的夢想之後，它就一直是困擾著許多飛行生的生理



問題，至於發生率，則會受到年齡、性別、種族、飲食、和航空器種類等因素的影響，不過，詳細的生理機轉迄今尚未被完全瞭解，目前在地面上，可以採用生物迴饋法，對產生眩暈症的患者進行減敏治療，而且此法已為許多國家的空軍所採用，並且有明確的正面效果(胡銘傳，2002)。對空軍官校(以下簡稱空官)飛行生而言，若無法克服暈機症所帶來的不適症狀，恐無法順利完成飛行訓練。基於預防勝於治療，提早發現自己是罹航空動暈症的可能性患者，並適時介入減敏感訓練或治療手段，必能有效提升飛行生的飛行訓練成功機率，減少國家軍事訓練經費的浪費。

在運動科學或臨床醫學研究上，誘發眩暈症的方法，有以傾斜床製造不同傾斜角度以進行各種人體的體位變換(呂雅婷，2001)。有由耳鼻喉科專業醫生以溫差試驗法，在病患耳朵注入微量冰水，以誘發眼振做為判斷的方法(吳志修、楊怡君，1994)。有乘坐地面旋轉椅，模擬製造強度不等的柯式前庭刺激(cross-coupled Coriolis stimulation)以誘發動暈症狀(Miller & Graybiel, 1970)。也有以填寫動暈症病史問卷，調查12歲前、後，在搭乘交通工具、遊樂場遊戲設備是否曾發生眩暈症狀，做為評估動暈症易感性的方法(Lee & Chiou, 2000)。不過，由於問卷結果缺乏真實的科學數據支持，調查結果比較容易受到質疑，因此，在眾多誘發或預判動暈症的方法中，仍然比較信賴經由生理回饋方法所測得的結果。

由於人習慣以頭上、腳下的方式活動，體內有其慣性的生理運作模式。例如，當人體從平躺復回成直立姿勢的瞬間改變體位位置動作，地球重力會讓體內壓力產生變化，促使血液往身體下肢匯流，使下肢的血壓上升、靜脈擴張，並導致血液回流至心臟的血流量減少、上肢的血壓下降；不過，人體回應中央動脈血壓下降的現象，則是啟動心跳加速、心輸出量增加、周邊血管阻力提升等感壓反射生理代償作用等穩定生命跡象的重要機制，此體內生理自動完成調整的感壓反射生理代償作用機制，通常在經過30秒至1分鐘內完成(Benarroch, 1997)。不過，仍有少部分會因為神經或心臟疾病、自主神經性失調、直立姿勢性心跳過速併發症、大腦性暈眩，甚至心理因素，進而引起眩暈症狀(Grubb & Kosinski, 1997)。發生眩暈的外表症狀，輕者身體發熱、唾液分泌增加、渴望呼吸清涼新鮮空氣，中等程度症狀是頻頻打嗝、肚子脹氣、打呵欠、想睡覺，重度症狀是頭痛、頭暈、臉色發白、冒冷汗、噁心、甚至產生眩暈感覺，嚴重症狀是爆發性的反覆嘔吐，會導致食慾盡失，變得冷漠、沮喪且虛脫無力、行動遲滯，肌肉協調性降低；另外，在內在生理反應方面，則有皮膚的電反應上升、溫度降低，以及心跳率上升、胃蠕動頻率增加(邱文耀、李惠玲、林炯、王興萬，2001)。感壓反射會產生心臟R-R波變異增加(Schlegel et al, 2001)，血管的升壓素上升(Eversmann et al, 1978)，腎上腺素上升(Stem,



Hu, LeBlanc, & Koch, 1993), 以及慣稱為眼振的眼睛異常擺振(吳志修、楊怡和, 1994; Clement, Deguine, Bourg, & Pavy-Le, 2007; Ventre-Dominey, Luyat, Denise, & Dartot, 2008)等現象。若飛行員在飛行期間發生航空動暈症, 恐將因為動脈血壓下降, 而不利於抵抗高G環境加諸於飛行員身上的離心壓力, 影響生命安全, 相當危險(Eiken, Tipton, Klegard, Lindborg, & Mekjavic, 2005)。

旋轉儀(空官官網稱為360度旋轉儀, NASA稱為無重力訓練裝置, 如圖1)是由3個不同直徑的同心圓圓環所構成, 可進行原地的單軸或雙軸、3軸的交錯旋轉,



圖1 旋轉儀

使身體在三度空間進行垂直軸的向右或向左立姿旋轉、冠狀軸的向前或向後翻轉、矢狀軸的向左或向右側翻, 甚至進行綜合三個軸的連續360度體位變化旋轉等動作。先將受訓者雙腳固定於下方鐵盤, 雙手向上握槓, 人體固定於最內軸中央位置, 轉動方法, 可經由他人於最外軸施予外力, 以進行被動式旋轉, 另亦可由受訓者自行扭動身體, 以產生主動式的旋轉與速度控制。美國太空總署利用旋轉儀來模擬太空無重力狀態, 藉以訓練太空人對無重力狀態的適應訓練(郭長成, 2010)。在一份未公開的問卷調查, 135位接受基本組飛行訓練的空官飛行生之中, 有59位表示曾發生航空動暈症症狀, 發生率達43.7%; 52位曾經操作過旋轉儀的飛行生中, 曾經在初期基本組飛行訓練課程, 以及操作旋轉儀自由旋轉過程等兩項訓練過程, 都曾經發生眩暈症狀的人數有10位, 而兩者都未曾發生過眩暈症狀的人數有27位,



顯示旋轉儀預測初期基本組飛行訓練會發生眩暈症狀的比率達71.2%(蔡玉敏、趙淑美, 2010)。此外, McCauley與Kennedy(1976)讓500位受試者暴露於垂直方向的正弦震動模式下2小時, 其間則變化震動頻率與加速度, 並以產生嘔吐做為發生率的指標, 藉以測試在何種震動頻率下比較容易出現動暈症症狀, 結果發現, 最容易誘發動暈症的頻率為0.15至0.25赫茲(Hz), 若以騎馬與騎駱駝相比較, 後者比較容易產生動暈症, 主因震盪頻率恰好落在上述範圍內。由此可見, 具有可將人體體位進行多向面變化特性與轉速變化的旋轉儀, 若搭配適當的旋轉方式與震動、轉速頻率, 似乎也可成為一項檢測是否罹患航空動暈症傾向的器具。

Stern等人(1993)的調查報告更指出, 中國人比歐裔美國人或非裔美國人更容易罹患動暈症, 而發生當時血液中的一些指標性激素, 如正腎上腺素、血管升壓素, 皆不尋常的升高。因此, 為提升我國空官飛行生的飛行訓練效益, 避免造成國家軍事訓練經費的浪費, 若能及早發現飛行生是否具有罹患航空動暈症傾向, 並施予適當的減敏感訓練, 對空官飛行生的飛行訓練而言, 將是一項非常重要的研究課題, 因此, 我國應該進一步在飛行生航空動暈症的防治上, 應該做進一步的研究探討。由於目前國內甚少有旋轉儀的相關研究報告, 因此, 為了進一步瞭解旋轉儀與航空動暈症之間似迷一般的關聯性, 本研究以探討有、無航空動暈症者之間, 在進行倒立、連續向前翻轉、連續向後翻轉、連續向右旋轉、連續向左旋轉、360度自由旋轉等不同的旋轉儀旋轉方式的心跳率變化, 以及旋轉後的眩暈表徵是否有所不同, 以確認旋轉儀的何種旋轉模式之下, 比較容易誘發出航空動暈症眩暈症狀, 結果可做為初探旋轉儀預測航空動暈症可能性研究的結論依據。

貳、研究方法

一、研究對象：本研究以2位自願接受本研究測驗, 且為基本組AT-3教練機實際飛行訓練課程(以下

表1 受測者基本特質描述統計

研究對象	年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)
航空動暈症患者	21	170	62
無航空動暈症者	21	174	80

簡稱實飛課程)的飛行學官為研究對象。一位是經由國軍高雄總醫院岡山分院判定為具航空動暈症症狀(本研究定義：在實飛課程中或之後, 會產生嚴重眩暈, 甚至嘔吐等症狀), 並建議其接受眩暈減敏感訓練者, 另一位則為無航空動暈症症狀者。研究對象的基本特質, 如表1。

二、研究方法與程序：

(一)先以患有航空動暈症症狀(實際飛行結果)為首位受測者, 於室溫25-27℃、



濕度67-70%的空官室內體育館的旋轉儀訓練場地，依序進行倒立、連續向前翻轉、連續向後翻轉、連續向右旋轉、連續向左旋轉、360度自由旋轉等6種不同的身體體位變化的旋轉儀測驗。之後，再將無航空動暈症者，進行相同的旋轉儀測驗流程，以瞭解兩者之間的各項心跳率變化、眩暈症狀的差異情形。

(二) 將荷蘭製的型號CE 0537的Pola心率錶固定在旋轉儀的護腰支撐桿上，受試者的胸前配戴胸帶式心跳率感測傳送帶，以測量並記錄心跳率的變化情形，另以數位攝影機側錄旋轉的測驗過程。

(三) 誘發具航空動暈症者產生眩暈症狀的旋轉儀操作方法：

1. 主要測試目的：以試探具航空動暈症者於何種旋轉模式下，容易產生眩暈感覺。

2. 測試流程重點說明：1位主測者與1位協測者，先對具有航空動暈症者，以可以完成旋轉儀轉圈動作的最緩慢速度進行轉圈動作(約為每分鐘23圈的轉速)，進行除了1分鐘倒立與360度自由旋轉測驗之外的另4項旋轉動作，每項動作最高旋轉時間限定1分鐘；唯當受測者於限定時間內的任何時間點，向主測者表示已產生眩暈的不舒服感覺時，立即停止該項旋轉動作，並測量停止旋轉的心跳率。

(1) 倒立1分鐘：僅轉動旋轉儀的最內圓圈，餘固定不動，以進行倒立測驗。在倒立之前，先測量受測者的安靜站姿心跳率。將受測者翻轉成倒立姿勢後，立即固定全部圓圈並開始測量心跳率，主測者記錄倒立期間每5秒鐘的心跳率數值。完成倒立1分鐘之後，立即回復站姿休息位置，並繼續每5秒鐘記錄1次休息期的心跳率數值；同時詢問與觀察受測者的身體狀況是否已產生眩暈症狀，並做記錄。

(2) 連續向前翻轉：僅轉動旋轉儀的最內圓圈，其他圓圈則固定不動，以進行向前連續翻轉測驗。在測驗前先測量安靜站姿心跳率，然後以約每分鐘轉動23圈的轉速，進行連續向前翻轉動作，直至受測者表示已經產生眩暈的不舒服症狀時(本研究對象的承受時間為20秒)，立即停止旋轉，同時記錄停止旋轉時的心跳率數值。

(3) 連續向後翻轉：測驗流程如同連續向前翻轉，但改成連續向後翻轉動作(本研究對象的承受時間為35秒)。唯因受測者於結束此項測驗流程時，表明已產生嚴重的眩暈現象，無法繼續接受測驗，因此於休息2天之後，受測者表明可以再繼續接受測驗，才繼續進行下列的測驗流程。



- (4) 連續向右旋轉：將最內2個圓圈以繩索綁緊，另並固定最外圓圈，使其僅可進行向右或向左旋轉動作。所有測驗程序如同連續向前翻轉，但改成連續向右旋轉動作(本研究對象於本項動作，完成最高時限1分鐘的轉動測驗)。
- (5) 連續向左旋轉：如同連續向右旋轉流程，唯改成連續向左旋轉動作(本研究對象於本項動作，同樣完成最高時限1分鐘的轉動測驗)。
- (6) 360度自由旋轉：同時釋放3個圓圈，使受測者可以連續進行360度的任何一個向面的轉動。先以緩慢速度(無法完成前後翻轉的轉速)進行30秒的自由旋轉，之後逐漸增加旋轉速度，第5分鐘為最快速旋轉，進入第6分鐘起，具航空動暈症者的體力已呈現透支狀態(身體被固定連續向左前方翻轉的動作，無法再與外力抗衡而進行360度的自由旋轉)，隨即表明頭部已開始感覺不舒服，並逐漸誘發出眩暈症狀的不舒服感覺，於持續旋轉6分50秒時，停止旋轉。

3. 眩暈症狀表徵：本研究所使用的急性眩暈症狀評估表(表2)，為國軍高雄總醫院岡山分院胡銘傳醫師(2002)從事眩暈症狀學術研究所使用的評估表。於360度自由旋轉測驗動作之後，立即由主測者詢問受測者的個人感覺，並填寫眩暈症狀表徵。各項症狀的指標解釋如下。

- (1) 頭痛：指在受測過程中，有發生此症狀者。
- (2) 嘔吐：指胃部的內容物自口中反吐而出。
- (3) 反胃：是指胃部有翻騰或攪動的不安感覺，但尚不至於噁心。
- (4) 噁心：是指有嘔吐的傾向，呼吸率不規則。
- (5) 皮膚蒼白：指臉色缺乏血色，因自己不易分辨，故此欄應先詢問教官或周邊同學後再填寫。
- (6) 出冷汗：指流汗後皮膚冰涼，衣服濕透。

表2 急性眩暈症狀表徵評估表(請勾選)

狀況 \ 症狀	暈眩	頭痛	*皮膚顏色				*噁心症狀					*出冷汗			*疲勞嗜睡		
			潮熱感	蒼白 I	蒼白 II	蒼白 III	胃部異樣感	上腹不適	噁心 I	噁心 II 或 III	嘔吐或乾吐	I	II	III	I	II	III

*為可定量的症狀，請依程度作I為輕度(些微表徵或不適感)、II為中度(明顯表徵或不適感)、III為重度(影響正常行為表現)。



(7) 疲勞或嗜睡：皆指倒立或360度後，有此感覺或現象者。

(8) 特別注意事項：測驗流程中，若受測者表示有不舒服的反應，立即停止測驗，並詢問受測者的眩暈與胃部感覺，另以手背觸碰受測者身體，感覺體表溫度是否異常。

三、資料處理：將受測者的測驗期間，以及休息期所測得的心跳率數值鍵入Excel 存成電子檔，並以折線圖呈現有、無動暈症兩者之間的心跳率變化圖。

參、研究結果

一、倒立測驗的心跳率變化：

在倒立動作期間，具航空動暈症者，於倒立之前的立姿安靜心跳率為每分鐘92下。開始倒立，心跳率即開始下降，直到第25秒鐘，心跳率才開始回升(如表3、圖2)。總計心跳率最多下降了20下，降幅約為21.7%。

無航空動暈症者，於倒立之前的立姿安靜心跳率為每分鐘80下。開始倒立之後，於第5秒鐘先出現第1次心跳率的高峰數值87下，之後即開始下降，直到第25秒鐘，心跳率又再度

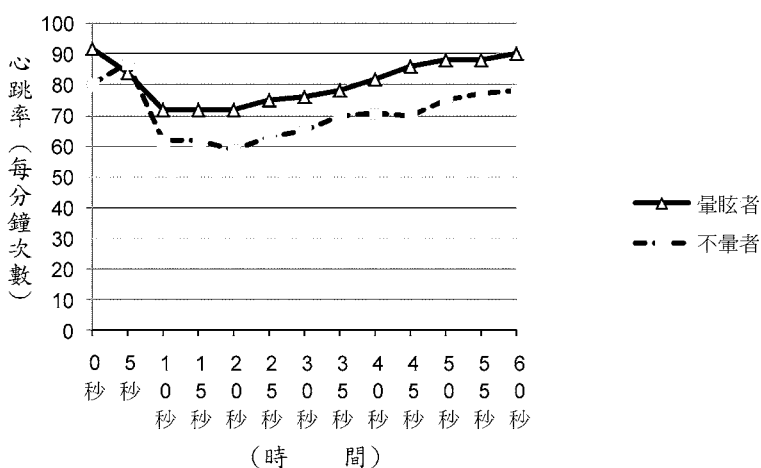


圖2 倒立1分鐘的心跳率變化圖

表3 受測者倒立與回正站姿的心跳率變化

體位	對象	0s	5s	10s	15s	20s	25s	30s	35s	40s	45s	50s	55s	60s
倒立	暈	92	84	72	72	72	75	76	78	82	86	88	88	90
	不暈	80	87	62	62	59	63	65	70	71	70	75	77	78
回正	暈	90	101	108	101	95	92	93	94	93	92	91	92	93
	不暈	78	92	91	91	92	92	86	91	83	82	83	82	89



表4 倒立的眩暈表徵反應

動作	症狀對象	暈眩	頭痛	皮膚顏色				噁心症狀					出冷汗			*疲勞嗜睡		
				潮熱感	蒼白 I	蒼白 II	蒼白 III	胃部異樣感	上腹不適	噁心 I	噁心 II 或 III	嘔吐或乾吐	I	II	III	I	II	III
倒立	暈			✓														
	不暈																	

回升(如表3、圖2)。總計心跳率最多下降21下，降幅約為26.3%。

兩位的倒立期間心跳率變化的最大不同，是無航空動暈症者，在倒立之後的心跳率會先出現上升、而後下降的現象，但是具航空動暈者，則是一直呈現下降的現象，兩者皆於第25秒鐘開始穩定回升。

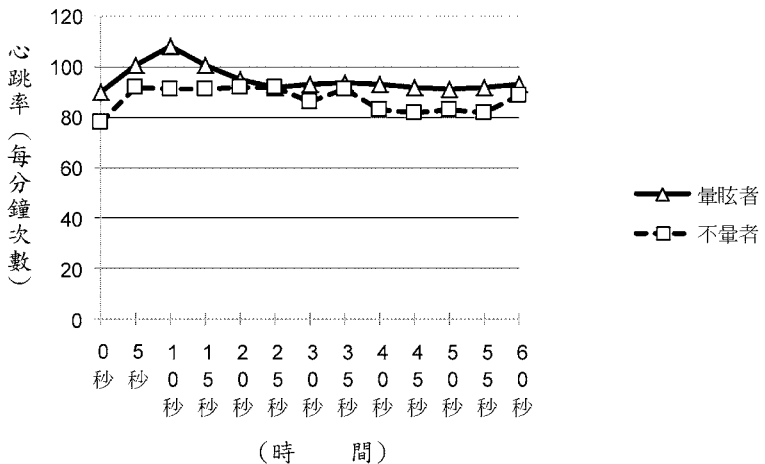


圖3. 倒立回正站姿1分鐘的心跳率變化

另外，在倒立回正後的1分鐘休息期，具航空動暈症者，在結束倒立的心跳率是90下，回正為站姿之後的第10秒鐘心跳率是108下，之後開始呈現下降，直到第25秒鐘開始形成穩定狀態(如表3、圖3)，總計心跳率最多上升18下，升幅20%。

無航空動暈症者，在結束倒立的心跳率是78下，回正為站姿之後的第5秒鐘心跳率是92下，之後呈現第1個穩定狀態，直到第40秒鐘才開始下降並形成第2個穩定狀態(如表3、圖3)，總計心跳率最多上升14下，升幅17.9%。

由表4倒立的眩暈表徵反應顯示，倒立1分鐘讓兩位受測者產生不同的感覺，是具航空動暈症者產生了潮熱感的不舒服感覺，但是無航空動暈症者則無任何不舒服感覺。

表5 連續向前或向後翻轉的心跳率變化

二、連續向前或向後翻轉的心跳率變化：

在連續向前翻轉方面，具航空動暈症者，

動作	對象	安靜時	結束時	心跳率變化
向前翻轉	暈	75	65	下降
	不暈	78	88	上升
向後翻轉	暈	71	64	下降
	不暈	74	89	上升



在連續向前翻轉之前的站姿安靜心跳率是每分鐘75下，受測者於持續旋轉20秒鐘時，表示已產生不舒服感覺，因此停止連續向前翻轉測驗，並立即測量停止轉動時的心跳率為每分鐘65下，與開始翻轉前的心跳率相比，是呈現下降的現象，總計心跳率下降10下，降幅13.3%。

無航空動暈症者，在同樣進行連續向前翻轉20秒鐘之前的站姿安靜心跳率是每分鐘78下，停止翻轉後的心跳率是88下，呈現上升的現象，總計心跳率上升10下，升幅12.8%(如表5、圖4)。

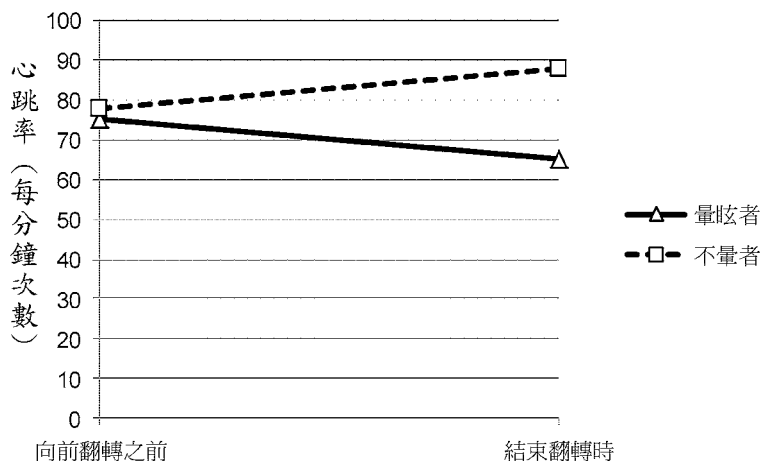


圖4. 連續向前翻轉的心跳率變化圖

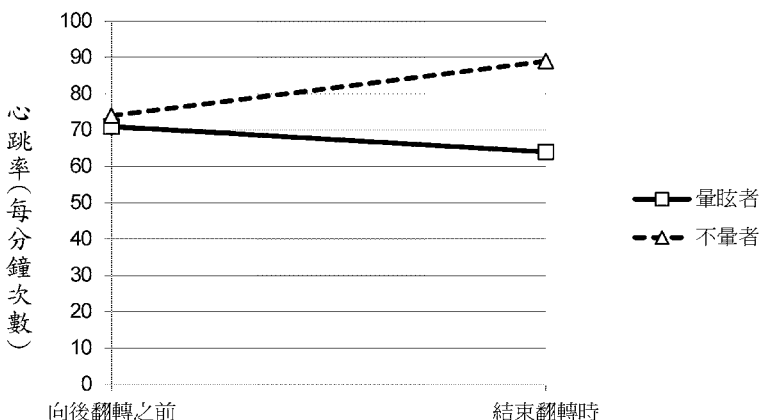


圖5 連續向後翻轉的心跳率變化圖

在連續向後翻轉方面，具航空動暈症者，在翻轉之前的安靜心跳率是71下，受測者在持續旋轉35秒鐘時，表示已產生不舒服感覺，因此停止連續向後翻轉測驗，停止旋轉時的心跳率是64下，呈現下降的現象，總計心跳率下降7下

表6 連續向前或向後翻轉的眩暈表徵反應

動作	症狀對象	暈眩	頭痛	皮膚顏色				噁心症狀					出冷汗			*疲勞嗜睡		
				潮熱感	蒼白 I	蒼白 II	蒼白 III	胃部異樣感	上腹不適	噁心 I	噁心 II 或 III	嘔吐或乾吐	I	II	III	I	II	III
向前翻轉	暈	✓		✓				✓			✓			✓				
	不暈																	
向後翻轉	暈	✓		✓				✓			✓			✓				
	不暈																	



，降幅9.9%。

無航空動暈症者，在同樣進行35秒鐘連續向後翻轉之前的安靜心跳率是74下，停止翻轉時的心跳率是89下，呈現上升的現象，總計心跳率上升15下，升幅20.3%(如表5、圖5)。

由表6連續向前或向後翻轉的眩暈表徵反應顯示，具航空動暈症者在兩項翻轉測驗中，都表示有產生暈眩、潮熱感、胃部異樣感、中度噁心、中度出汗等不舒服的感覺，但是無航空動暈症者則表示無任何不適的感覺。

三、連續向右或向左旋轉的心跳率變化：

具航空動暈症者，在開始連續向右旋轉之前的安靜心跳率為每分鐘102下，在停止1分鐘旋轉時的心跳率同樣是102下。無航空動暈症者，在旋轉前的安靜心跳率是每分鐘73下，停止旋轉時的心跳率同樣是73下(如表7)。

由表8連續向右或向左旋轉的眩暈表徵反應顯示，兩位受測者在兩項的翻轉測驗中，都表示未產生任何不舒服的感覺。

四、360度自由旋轉的眩暈表徵反應：

在360度自由旋轉方面，具航空動暈症者，在開始自由旋轉前的安靜心跳率為每分鐘80下。在旋轉之後的第5分鐘，開始進入每秒鐘最外圈旋轉1圈的快速旋轉期，第6分鐘起，具航空動暈症者已出現無法再與外力抗衡進而進行自由旋轉動作，身體體力透支，呈現被固定為連續向左側翻轉的體位，之後即表示已開始感覺頭部出現不舒服症狀，直至6分50秒時，因受測者而法繼續支撐而停止旋轉。因受測

表7 連續向右或向左旋轉的心跳率變化

動作	對象	安靜時	結束時	心跳率變化
向右旋轉	暈	102	102	不變
	不暈	77	77	不變
向左旋轉	暈	105	105	不變
	不暈	73	73	不變

出現極不舒服狀態而不斷扭動身體，致未測量停止時的安靜心跳率，僅做眩暈表徵的詢問與

表8 連續向右或向左旋轉的眩暈表徵反應

動作	症狀對象	暈眩	頭痛	皮膚顏色				噁心症狀					出冷汗			*疲勞嗜睡		
				潮熱感	蒼白 I	蒼白 II	蒼白 III	胃部異樣感	上腹不適	噁心 I	噁心 II 或 III	嘔吐或乾吐	I	II	III	I	II	III
向右旋轉	暈																	
	不暈																	
向左旋轉	暈																	
	不暈																	



表9 自由旋轉的眩暈表徵反應

動作	症狀對象	暈眩	頭痛	皮膚顏色				噁心症狀					出冷汗			*疲勞嗜睡		
				潮熱感	蒼白 I	蒼白 II	蒼白 III	胃部異樣感	上腹不適	噁心 I	噁心 II 或 III	嘔吐或乾吐	I	II	III	I	II	III
360度轉	暈	✓		✓		✓		✓			✓			✓				
	不暈																	

觀察。

無航空動暈症者，於開始旋轉前的安靜心跳率為每分鐘81下，之後以相同於具航空動暈症者的旋轉方式，持續進行8分鐘的自由旋轉，停止旋轉時的心跳率為83下。

在急性眩暈表徵評估方面，具航空動暈症者表示除了感覺眩暈之外，也出現潮熱感、中等程度的臉色蒼白感，以及胃部有異樣感、不舒服的噁心感、冒冷汗等反應；但是，無航空動暈症者則表示未產生任何不適的感覺(如表9)。

肆、討論

一、航空動暈症者在旋轉儀旋轉測驗時的特殊現象：

有、無航空動暈症的兩位受測者在結束倒立測驗時(第60秒鐘)的心跳率，與開始倒立之前的安靜心跳率，幾近相同，此現象符合Benarroch(1997)的研究結論，認為人體不論是以主動或被動形式改變姿勢，雖然會引起不同的心血管反應，但若無其他特殊病因，則感壓反射的生理代償作用，通常會讓體內生理在經過30秒鐘乃至1分鐘的時間內，就自動完成調整。此外，倒立動作時的心跳率方面，雖然兩位受測者的結束倒立時心跳率，都比倒立之前的安靜心跳率為低(呈現下降的現象)，且都在第25秒鐘開始呈現穩定回升的現象。此表示，倒立之後的第25秒鐘，應該是屬於心跳率回穩的轉折點；換言之，第25秒鐘是明顯顯現人體感壓反射生理代償作用機制的時間點(心跳加速是為了彌補血液匯流至頭部，加上地心引力使血液回流心臟的功能受到挑戰的結果)。由此可見，旋轉儀的旋轉測驗的最高時限限定在1分鐘，除了可避免錯過因應倒立動作所產生的生理變化反應之外，還可驗證感壓反射的生理代償作用是否正常，故限時1分鐘的旋轉儀測驗時間，屬於合理範圍。

兩位受測者之間的最大不同反應現象，乃無航空動暈症者在倒立最初5秒鐘的心跳率，會先出現第1次上升、之後再下降的現象，而具航空動暈症者則是從一開始就呈現下降的現象。另外，具航空動暈症者在結束倒立並回復站姿



的1分鐘休息期安靜心跳率，從一開始回正動作起的最初10秒鐘，是持續上升，之後才開始下降，並於第20至25秒鐘才開始回穩於結束旋轉時的心跳率。至於無航空動暈症者的休息期心跳率，則是在最初5秒鐘是上升的現象，且同時開始呈現穩定狀態，直到第40秒鐘才出現下降並呈現另一個穩定的心跳率。心跳率的增加，與人體感壓反射生理代償作用機制有關(Benarroch, 1997)。本段研究結果釋放出一個重要訊息，即兩位受測者的差別反應，在於無航空動暈症者，無論是倒立或回復站姿之初，心跳率都會先出現加速提升、然後再下降，直到生理感壓反射機制的顯現；但是，具航空動暈症者的心跳率，則是從一開始倒立就開始下降，直到生理感壓反射機制的顯現。由於正常人倒立時，會呈現交感神經活動上升，而副交感神經活動下降的趨勢(陳奕伸，2010)。由此可知，本研究的無航空動暈症者的倒立與回正心跳率顯現交感神經活動能力上升的現象是正常的，反觀具航空動暈症者則無此正常反應。

換言之，無航空動暈症者在倒立之初，會先出現交感神經激活程度壓抑(高於)副交感神經激活程度約5秒鐘，然後才被副交感神經活性反壓制，因而產生心跳率先上升、後下降的現象；但是，具航空動暈症者在進行倒立時，由於副交感神經活性比交感神經活性強，因此產生心跳率一直下降的現象。此外，倒立之後的回正動作，對於具航空動暈症者來說，交感神經活性提升大約為10秒鐘，而無航空動暈症者則是持續維持至少25秒鐘，由此可見，當人體產生頭、腳顛倒的動作，無航空動暈症者的交感神經活性，會比具航空動暈症者為高。

在連續向前翻轉與向後翻轉2項測驗動作，具航空動暈症者在該2項結束翻轉時的心跳率，比開始翻轉時的心跳率為低，而且向前翻轉持續旋轉時間只承受20秒鐘，向後翻轉時間則承受了35秒鐘。無航空動暈症者在該2項測驗，皆進行與具航空動暈症者相同的持續翻轉時間，結果無航空動暈症者在該2項結束翻轉時的心跳率，都比開始翻轉時還要高。由此可見，對本研究具航空動暈症的受測者來說，向前翻轉測驗誘發眩暈的功效，比向後翻轉還要容易顯現。

至於在連續向右旋轉或向左旋轉的測驗中，不論有或無航空動暈症，兩者的結束旋轉心跳率，與開始旋轉之前的安靜心跳率相同，可見連續向右或向左旋轉，無法造成有、無航空動暈症兩者之間的生理差異反應。

最後在360度自由旋轉測驗中，具航空動暈症者的持續旋轉時間，因為產生眩暈症狀而被迫中止，費時6分50秒鐘，此為了誘發眩暈所花費的測驗時間比其他3種(倒立、連續向前翻轉、連續向後翻轉)旋轉測驗所需時間還要多，



此對於欲進行大樣本的施測流程而言，比較不利。

焦慮是影響運動表現的關鍵心理因素，焦慮同時也是影響心理健康的因素，由於焦慮伴隨自律神經系統活動，而心跳率又受自律神經系統活動的影響，因此焦慮與心跳率是密不可分的生理指標，當人們感到焦慮時交感神經活性會提高，副交感神經活性下降(黃勝宏、林榮輝、黃崇儒、洪聰敏，2008)。由本研究的安靜時心跳率數值判斷，具航空動暈症者的安靜心跳率達92下，而無航空動暈症者僅80下，顯示具航空動暈症者在開始旋轉儀測驗時，心理可能已經產生焦慮狀態。焦慮亦是誘發眩暈症狀的原因之一(Grubb & Kosinski, 1997)。所以，在執行飛行任務之前，先進行適當的情緒調節，也是一種降低誘發航空動暈症的方法。

二、界定旋轉儀預測航空動暈症的使用方法：

綜整前述各項測驗的結果分析，顯示在測量倒立期間、倒立之後回復站姿的1分鐘休息期、連續向前翻轉、連續向後翻轉等測驗流程，皆可快速而有效的造成有、無航空動暈症者之間出現不同的心跳率變化圖形。Deshmukh(2007)在飛行生航空動暈症減敏感物理運動治療研究中，誘發受試者產生眩暈感覺的方法，是讓受試者在平地進行下列4種物理運動動作：第一種是站姿並讓臉朝上，身體原地垂直旋轉以誘發暈眩症狀；第二種是站姿並彎腰使上半身與臉位於同一水平線上，位於腰的高度，再進行身體原地垂直旋轉以誘發暈眩症狀；第三種為站姿先將頭朝前完全伸展、再將頭往右肩靠、再往後完全伸展、再往左靠、再向前完全伸展的方式，進行順時針或逆時針方向的轉頭運動，並配合向前走20步，以誘發暈眩症狀；第四種是躺在平板或沙發椅、床上，把雙腿舉起近忽垂直地面角度、頭放低、控制呼吸，類似瑜珈運動的方式以誘發暈眩症狀。Deshmukh所運用的第1、2種方式，與本研究所使用的倒立、連續向前或向後旋轉的測驗動作相似，而第3種方法所使用的原理，則與本研究所使用的360度自由旋轉測驗動作，似有異曲同工之妙。

1976年McCaulley與Kennedy讓500位受試者暴露於垂直方向的正弦震動，結果發現最容易誘發動暈症的頻率是0.15~0.25赫茲(Hz)，若以騎馬與騎駱駝做比較，則比較偏向於騎駱駝的震動頻率。本研究採用可讓旋轉儀進行轉圈動作的最緩慢轉速，約為每分鐘完成23圈的轉速進行旋轉測驗，旋轉週期約為每秒鐘0.383圈。由此可見，旋轉儀成功誘發具航空動暈症者產生眩暈症狀的向前連續翻轉與向後連續翻轉，所需的旋轉週期0.383，似乎比McCaulley與Kennedy所建議的誘發動暈症震動頻率0.15~0.25赫茲還要快一些。探究本研



究與McCauley在研究測驗設計上的差異，乃McCauley是讓受測者接受上下擺動的震動方式，而本研究則是讓受試者進行原地上下翻轉的方式。由此可見，在誘發動暈症時，當採用不同的體位變化或旋轉方式，所需要的震動頻率、週期也將有所不同。

伍、結論與建議

一、結論：

中樞神經系統有交感與副交感(迷走)神經系統兩種，交感神經激活性可促進心跳加速跳動，副交感神經激活性則是緩和心跳跳動的頻率，心跳率的高低，攸關此兩個神經系統激活程度的平衡狀況。心跳率的增加，與人體感壓反射生理代償作用機制有關，當心跳率呈現增加的現象，即表示交感神經活性大於副交感神經活性，反之，若心跳率下降，即代表副交感神經活性大於交感神經活性；以本研究測驗結果而論，當人體體位產生頭、腳位置顛倒的動作變化，無航空動暈症者會很快速的、正常的啟動比副交感神經活性更強的交感神經激活性，以加速心跳率，但反觀具航空動暈症者，此正常的感壓反射機制似乎出現了延宕現象。

綜整本研究結果顯示，使用旋轉儀進行1分鐘倒立測驗，或使用每秒鐘0.383圈的旋轉週期進行連續向前翻轉、或連續向後翻轉的測驗動作，都可以成功的在最短時間內誘發具航空動暈症者產生眩暈的感覺，使有、無航空動暈症兩者的生理感壓反射機制出現不同的顯現情況。此外，欲藉由旋轉儀做為判斷受測者是否已被成功誘發眩暈症狀，可經由觀察心跳率的變化而加以確認。

二、建議：

透過許多展示會，已使許多校外人士對空官所持有的第一印象為特殊的旋轉儀儀器，旋轉儀對於提升三度空間持續旋轉的能力，早可經由NASA採用其做為太空人適應無重力環境的適應訓練而獲得支持。經由本研究結果，更加確認旋轉儀與航空動暈症之間確實存在著密切的關聯性，因此，對於罹患或疑似具航空動暈症的空官飛行生而言，從事旋轉儀訓練，似乎是一項不錯的建議。

此外，建議後續的相關研究，可使用旋轉儀產生的特殊旋轉測驗動作，再搭配適當的心跳率或腦波等精密的生理監測儀器，做為預測飛行生是否具有罹患航空動暈症的可行性研究，以及眩暈減敏感訓練的研究。

參考文獻



- 一、邱文耀、李惠玲、林炯、王興萬(2001)。航空動暈症易感性之鑑定。醫學研究，21期，S39-S44頁。
- 二、呂雅婷(2001)。脊髓損傷病患其心跳變異與起坐性低血壓之關係，86-87頁。桃園：私立中原大學醫學工程學系碩士學位論文。
- 三、吳志修、楊怡和(1994)。體位變化產生之溫差後眼振。中華民國耳鼻喉科醫學會雜誌，29卷3期，164-169頁。
- 四、胡銘傳(2002)。暈機症與減敏治療。中華民國航空醫學暨科學期刊，16卷2期，41-46頁。
- 五、黃勝宏、林榮輝、黃崇儒、洪聰敏(2008)。心率變異度與焦慮之關係。中華體育季刊，22卷1期，72-79頁。
- 六、溫德生(2010)。動暈症。中華民國航空醫學暨科學期刊，24卷1期，39-42頁。
- 七、郭長成(2010，8月29日)。99年嘉義太空展－泰坦2號火箭。取自郭長成老師網路作品集<http://www.ttvscy.edu.tw/kcc/990829ta/SP2.htm>
- 八、陳奕伸(2010)。倒立對於心率變異度之影響－以體操選手與一般大學生為例。台北私立中國文化大學運動教練研究所碩士論文。
- 九、蔡玉敏、趙淑美(2010)。旋轉儀預測航空動暈症的發生率(未公開)。高雄市：空軍官校。
- 十、Benarroch, E. E.(1997). Central Disorders of Autonomic Function. Clinical Autonomic Disorders, 2nd ed. Lippincott-Raven, pp.425-426.
- 十一、Clément, G., Deguine, O., Bourg, M., & Pavy-LeTraon, A.(2007). Effects of vestibular training on motion sickness, nystagmus, and subjective vertical. Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation, 17(5-6), 227-237.
- 十二、Deshmukh S. P.(2007). Desensitisation of airsickness in trainee pilots by physical exercise therapy. Indian Journal of Aerospace Medicine: Special Commemorative, May, 37-42.
- 十三、Dobie, T. G., & May, J. G.(1994). Cognitive-behavioral management of motion sickness. Aviation Space and Environmental Medicine, 65, C1-C20.
- 十四、Eiken, O., Tipton, M. J., Klegard, R., Lindborg, B., & Mekjavic, I. B.(2005). Motion sickness decreases arterial pressure and therefore acceleration tolerance. Aviation Space and Environmental Medicine, 76(6), 541-546.
- 十五、Eversmann, T., Gottsmann, M., Uhlich, E., Ulbrecht, G., von Werder, K., Scriba, P. C.(1978). Increased secretion of growth hormone, prolactin, antidiuretic hormone, and cortisol induced by the stress of motion sickness. Aviation Space and Environment Medicine, 49, 53-57.
- 十六、Grubb, B. P., & Kosinski, D.(1997). Tilt table testing: Concepts and limitations. Pacing and Clinical Electrophysiology, 20, 781-787.
- 十七、Lee, H. L., & Chiou, W. Y.(2000). Predictive efficacy of motion sickness history for airsickness. Zhonghua Yi Xue Za Zhi(Taipei), 63(12), 893-897.
- 十八、McCauley, M. E., & Kennedy, R. S.(1976). Recommended human exposure limits for very-low-frequency vibration. Technical Publication TP-76-36. Point Mugu(Cal): Pacific Missile Test Center.
- 十九、Miller, II. E. F., & Graybiel, A.(1970). A provocative test for grading susceptibility to motion sickness yielding a single numerical score. Acta Oto-Laryngologica(Supplementum), 274, 5-22.
- 二十、Stern, R. M., Hu, S., LeBlanc, R., & Koch, K. L.(1993). Chinese hyper-susceptibility to vecton-induced motion sickness. Aviation Space and Environmental Medicine, 64, 827-830.
- 二十一、Ventre-Dominey, J., Luyat, M., Denise, P., & Darlot, C.(2008). Motion sickness induced by otolith stimulation is correlated with otolith-induced eye movements. Neuroscience, 155(3), 771-779.

作者簡介

空軍官校總教官室講師 蔡玉敏

學歷：桃園國立體育大學教練研究所碩士畢業，經歷：自81年12月1日至空軍官校服務迄今，擔任過空軍官校正期班、飛常班的體育聘雇教師、助教、講師，並擔任網球社團指導老師，以及學生網球校代表隊教練。