工業科技與管理學刊 (民國九十五年)
第一卷　第 261~281 頁
Journal of Industrial Technology and Management (2006)
Vol. 1, pp. 261~281

在靜態環境下探討上午時段駕駛者駕駛任務前後生理參數之變化

梁文杰[*]　阮約翰[*]　孫德銓[**]　林明漢[***]
[*]國立清華大學工業工程與工程管理學系
E-mail address: d927813@oz.nthu.edu.tw
[**]台灣科學地股份有限公司
[***]大華技術學院 自動化工程學系

摘　要

本研究主要探討上午時段在模擬靜態駕駛環境下駕駛者駕駛任務前後生理參數的變化，生理參數包括：收縮壓(SYS)、舒張壓(DIA)、心博率(HR)、總功率 TP(AU)、心率變異(HRV)、交感神經活性 LF(AU) & LF(NU)、副交感神經活性 HF(AU) & HF(NU)、極低頻功率 VLF(AU)、交感/副交感平衡指標 LF/HF、比值 VLF/HF、RMMSD 及左右手掌表面溫度等，藉由新型腕式生理監視器-心律大師(ANSWatch®)作為量測工具。研究結果顯示駕駛 90 分鐘後 HR[**]、HF(NU)[*]、及兩手掌溫度[**]顯著下降；TP(AU)[**]、HRV[**]、LF(AU)[**]、LF(NU)[*]、VLF(AU)[*]、LF/HF[*]、VLF/HF[*]、RMMSD[*]顯著上升：而 SYS、DIA、及 HF(AU)沒有顯著差異。由於 90 分鐘的駕駛，加上下半身無法移動，靜脈血液迴流不良，造成體溫、心跳等下降，但身體會啟動交感神經以維持身體的恆定狀態。因此藉由本研究多重生理參數的量測

收稿：95 年 11 月 20 日
初審：95 年 12 月 18 日

可了解身體恆定的控制機制，並在未來將偏離恆定狀態的程度定量為駕駛疲勞或昏睡指標之一。(*：P<0.05、**：P<0.01)

關鍵詞：駕駛疲勞、生理參數、心率變異、恆定狀態、心律大師

一、前言

駕駛作業是大家所熟知並且日常生活中普遍有的經驗，駕駛作業的特性為必須保持靜態坐姿且須專注前方，長時間駕駛容易造成下半身血液循環不良及心智上的疲勞。與駕駛作業特性類似的活動有很多，例如：搭飛機、辦公室文書處理人員、接線生、打電動玩具等活動，本研究選擇駕駛活動來作研究。如上所述長時間從事類似駕駛作業的活動容易造成下半身靜脈血液迴流不良，但身體會啟動交感與副交感神經以保持身體的恒定狀態(Homeostasis)，然而並非每一個人在每個時段可以啟動完整，也因此造成每個人的生理狀態不一致，啟動較完整的人可以保持較佳的身體恆定狀態，反之，啟動不完整的人身體會偏離恆定的狀態，進而造成一些不良現象的發生，例如：手腳冰冷、頭部缺氧、昏睡現象等，因此造成意外事故的發生時有所聞，其背後所隱藏的一些生理參數的變化是了解駕駛者當時生理狀態的關鍵，這對於未來在駕駛疲勞對策的研究提供一個發展的基礎。

如前所述長時間駕駛與長途空中旅行類似，亦即必須保持靜態坐姿，長時間下易造成下半身血液循環不良，甚至造成大腿浮腫及深度靜脈血栓(DVT, Deep Vein Thrombosis)現象，過去很多相關案例與研究顯示，由於長時間的空中旅行，造成 DVT 之原因很多，其中一項重要因子為靜止不動，Markus Mittermayer 等[13]研究證實，由於長時間空中旅行，靜止不動狀況下，人體較低的末端會造成血液顯著的累積，包括較低的腿部及脛節，並且造成組織厚度增加，甚至飛行落地後仍維持數天；Fabrice Paganin [5]研究提到，在飛行期間適當的活動可顯著的降低靜脈血栓之問題；Bo Eklof 等[2]研究顯示，造成靜脈血栓的風險因子很多，其中一項因子為靜止不動；上述相關研究證實，長時間久座，無論長時間駕駛或者長途空中旅行，皆會造成末端血液累積及靜脈血液回流不良情形。

有關心率變異(Heart Rate Variability, HRV)生理指標之量測，過去有學者將心率變異(HRV)用於衡量心智負荷的程度上，例如：電腦工作，Nis Hjortskov 等[14]在電腦作業期間當給予一心智應力時利用心率變異(HRV)及血壓來衡量對受測者的影響程度，Anne Helene Garde 等[1]利用心率變異(HRV)所推衍的自律神經活動的指標：LF(AU)、LF(NU)、HF(AU)、HF(NU)、LF/HF、TP 來衡量當給予一心智應力及身體需求時對受測者的影響程度，另外 J.

Wahlstrom 等[8]利用滑鼠來執行電腦作業期間調查時間壓力及言語的激怒對於心理及生理參數(血壓、心博率、LF/HF 等)是否有影響？以上研究都是透過客觀的生理指標來衡量受測者所承受的心智負荷大小(與控制組作比較)。

在駕駛作業(Driving Task)方面之研究，Yang Yu Shu [18]等學者提到以心電圖指標來評估駕駛疲勞，研究發現：有四項心電圖時頻域指標與疲勞程度有明顯相關，心率變異性時域測量指標中的 RR 間距標準差(SD)明顯上升、低頻率功率值 LF(NU)明顯上升、高頻率功率值 HF(NU)明顯下降、平衡性指標 LF/HF 明顯上升，因此該研究認為此四項心電圖時頻域指標，可以對駕駛者疲勞程度進行量化的反應與評估。Li Zeng Yong [12]針對汽車駕駛員駕駛過程中觀察心率變異性(HRV)功率頻譜的變化，該研究應用心率變異性(HRV)功率頻譜分析並且結合主觀評估，分析模擬實際駕駛條件下受測者的心臟自主神經功能狀態，研究結果發現實驗者心率變異(HRV)表現出明顯的變化，例如：交感神經活性 LF(NU)增加、副交感神經活性 HF(NU)降低、平衡性指標(LF/HF)增加，以上三個指標都出現統計上顯著性的差異，實驗結果顯示心率變異(HRV)是精神負荷敏感的指標，可定量評估駕駛疲勞。Zengyong Li [20]等學者提到以磁針灸的方式來減緩駕駛者的駕駛疲勞，透過 LF(NU)、HF(NU)、LF/HF 等指標來評估磁針灸的效果，研究結果發現：駕駛任務至 150 分鐘時(刺激前)，兩組受測者都有相同的結果，亦即 LF(NU)、LF/HF 有顯著上升的趨勢，HF(NU)有顯著下降的趨勢。另外 Zengyong Li [19]等學者提到以針灸的方式來減緩駕駛者的駕駛疲勞，透過 HR(Heart Rate)、TP(AU)、LF(AU)、LF(NU)、HF(AU)、HF(NU)、LF/HF 等指標來評估針灸所帶來減緩的效果，結果發現：A、B 兩組受測者於駕駛任務 180 分鐘後，指標 TP(AU)、LF(AU)、LF(NU)、HF(AU)、LF/HF 等指標有上升的趨勢，並且除了 HF(AU)沒有顯著性差異之外，其餘 TP(AU)、LF(AU)、LF(NU)、LF/HF 等指標有顯著性差異；而 HF(NU)指標有下降的趨勢，並且有顯著性差異。

上述相關研究所採用的量測設備不盡相同，Zengyong Li [19]使用上海醫學大學所發展的 FDP-1 量測系統來記錄心電圖訊號，並且進一步分析心率變異(HRV)之元素：LF(AU)、LF(NU)、HF(AU)、HF(NU)、LF/HF 及 TP(AU)；Nis Hjortskov [14]使用 ProGAMMA/CARSPAN Version 2.11 量測系統來執行心率變異(HRV)的頻譜分析；I.J. Dionne [7]使用 Quinton ECG 系統來記錄心電圖訊號；Eva Haker [4]使用 ElectroCard 2000 來記錄 ECG 訊號及元素(HRV、PSA、LF 及 HF)的計算分析；本研究採用新型腕式生理監視器-心律大師(ANSWatch®)作為受測者生理指標之量測，此儀器設備首度開發並且配戴於左手腕上來量測心率變異(HRV)等生理指標，過去並未有任何研究採用此設備應用於駕駛方面之研究，此儀器主要優點為

攜帶方便、操作簡易、精確度高，基於上述原因，本研究藉由不同的設備進一步的來作相關研究與驗證。

本研究主旨為藉由新型腕式生理監視器--心律大師(ANSWatch®；台灣科學地公司；台北縣新店市；衛署醫器製字第 001525 號)來探討上午時段駕駛者在連續 90 分鐘的駕駛作業前後心率變異(HRV)等生理指標之變化程度與方向。

二、 方法

本研究採取人因工程當中的實驗性研究法，在實驗室收集資料主要是考量實驗成本及變項較容易控制，在實驗室中實驗變項可獲得適當的控制，並且可避免一些無法預測的狀況。

2.1 受測者

為了避免性別及年齡因子對心率變異(HRV)造成影響，本研究甄選 20 位男性受測者，受測者為大學部或碩士班學生，年齡範圍是 24±1 歲(如表 1)，所有受測者皆無因為疾病而接受藥物治療且健康良好，受測者前一天晚上不能熬夜，且實驗前 1 小時不得進食任何東西及作激烈運動，以確保實驗數據的客觀性。

表 1 受測者基本資料

項　　目	平 均 值
年 齡	24.00±1.00 (歲)
身 高	171.00±4.00 (公分)
體 重	80.70±5.30 (公斤)
體脂肪	29.50±1.50 (%)

2.2 實驗變項

本研究自變項包括：性別(男性)、年紀(24±1 歲)、環境溫度(22±2℃)、駕駛時間(90 分鐘)；依變項包括：血壓(BP)、心博率(HR)、心率變異(HRV)、總功率 TP(AU)、交感神經活性 LF(NU)與 LF(AU)、副交感神經活性 HF(NU)與 HF(AU)、極低頻功率 VLF(AU)、交感/副交感平衡性指標 LF/HF、比值 VLF/HF、相鄰峰峰間距之標準差 RMMSD、及左右手掌表面溫度等生理參數。本研究針對上述自變項作控制，進一步了解依變項之變化程度與方向。

2.3 駕駛模擬器

靜態駕駛模擬器(如圖 1 所示)為一個模擬直線道路駕駛場景，場景是藉由單槍投影機投射出來的影像，受測者距離前方螢幕大約 3~4 公尺，受測者須注視前方的螢幕場景，螢幕尺寸大小為 70 吋*70 吋，直線道路上左側有行道樹，右側有圍牆，受測者須藉由方向盤來操控車子於右側內側車道上，螢幕上有一紅色警示長條圖形，當車子偏離程度愈來愈大時，紅色警示長條圖的面積愈來愈大，反之則愈小，而當車子偏離程度過大甚至接觸到旁邊圍牆會發出漸進式警示聲音，以提醒駕駛者要將車子修正於內側車道上，如此追蹤駕駛直到實驗時間 90 分鐘結束為止。

圖 1 靜態駕駛模擬場景

2.4 實驗設備與材料

實驗設備包括軟硬體設備，a.硬體設備：HP 筆記型電腦、單槍投影機、新型腕式生理監視器--心律大師(ANSWatch®)、駕駛模擬控制方向盤、倒數計時器、體重體脂量測計、及量測記錄暨主觀問卷調查表等。b.軟體設備：高速直線駕駛模擬器、ANSWatch Manager Pro 資料分析系統、Win XP、及 Excel 統計軟體。

2.5 實驗作業與程序

實驗安排於同一時段來進行(9:00~ 11:00AM)，受測者前一天晚上需充分的休息，實驗前 1 小時不得進食任何東西及作激烈運動，實驗前先填寫個人基本資料及量體重(&體脂肪)，充分休息 20 分鐘後量測上述(2).所提之生理參數，量測時間大約 6~7 分鐘，量測結束後立即下載資料(含 5-sec & 5-min 波形圖)(參考圖 19~20)，以避免資料被覆蓋及確認資料之

客觀性，如無問題則執行靜態駕駛任務，靜態駕駛任務結束後再執行生理參數的量測及下載資料(含 5-sec & 5-min 波形圖)，實驗完成後填寫主觀問卷資料；實驗時序如圖 2 所示。

圖 2 實驗時序圖

2.6 生理參數之量測記錄及分析

本研究是利用台灣科學地公司所開發的新型腕式生理監視器--心律大師(ANSWatch®)(如圖 3 所示)來執行生理參數之量測；若量測血壓及心率變異(HRV)(BP+HRV)，則可在大約六分鐘內獲得八個生理參數，包括：收縮壓(SYS)、舒張壓(DIA)、心博率(HR)、心率變異(HRV，自律神經總活性)、LF(NU)(交感神經活性)、HF(NU)(副交感神經活性)、LF/HF(交感副交感平衡性指標)、及不規則心跳數等生理參數，測試完畢，上述生理參數顯示於 LCD 上，也可用 RECALL 按鍵瀏覽過去測試資料，量測儀器約可儲存 50 組測試資料。

圖 3 新型腕式生理監視器--心律大師(ANSWatch®)

駕駛任務前及駕駛任務 90 分鐘結束後各量測一次，量測時需將新型腕式生理監視器--心律大師(ANSWatch®)適當佩戴於受測者左手腕上，量測高度約略與心臟位置同高，量測時間大約 6~7 分鐘，在量測過程中受測者不得有任何的移動，以確保量測數據的品質與客觀性。

根據心律大師使用手冊及該公司所提供之技術資料，血壓(BP：縮收壓、舒張壓)採用習知之震盪法(Oscillatory Method)，經人體試驗依水銀血壓校正後準確度為±8 mmHg，心率變異(HRV)依據 1996 年歐美國際標準(Task Force of the European Society of Cardiology and

North American, 1996)[17]將手腕橈動脈擷取之 5 分鐘血壓脈波訊號採用時域(Time Domain)及頻域(Frequency Domain)分析兩種方法，經人體試驗依醫院用心電圖機(ECG; Agilent A3 Patient Monitor)校正後準確度為±5%.心律大師在分析過程中並依照標準將非由自律神經引起之不規則心跳(例如：身體移動、咳嗽、或心律不整(Cardiac Arrhythmia)等)排除於 HRV 分析之外，以提高心率變異各參數之準確度。心率變異(HRV)各參數定義及計算如下所述：(Task Force of the European Society of Cardiology and North American, 1996)[17]

a. HRV：自律神經功能總活性指標。(單位：ms)
b. TP：在頻譜分析中，NN 間距之總變異性， TP=VLF(AU)+LF(AU)+HF(AU)。(頻率介於 0.0 ~ 0.4 Hz) (單位：ms^2)
c. VLF(AU)：在頻譜分析中極低頻成份。(頻率介於 0.0 ~ 0.04 Hz) (單位：ms^2)
d. LF(AU)：在頻譜分析中低頻成份。(頻率介於 0.04 ~ 0.15 Hz) (單位：ms^2)
e. LF(NU)：低頻成份所佔百分比{LF(NU)=LF (AU) / [LF(AU)+HF(AU)]}，即交感神經活性指標。
f. HF(AU)：在頻譜分析中高頻成份。(頻率介於 0.15 ~ 0.4 Hz) (單位：ms^2)
g. HF(NU)：高頻成份所佔百分比{HF(NU)=HF(AU) / [LF(AU)+HF(AU)]}，即副交感神經活性指標。
h. LF/HF：低頻成份 LF(AU)/高頻成份 HF(AU)，即本文所述的交感/副交感平衡性指標。
i. VLF/HF：極低頻成份/高頻成份。
j. RMMSD：相鄰峰峰(NN)間距之差的平方總 和之平均值的方根。(單位：ms)

2.7 統計分析

本研究使用統計學上小樣本 t 分配成對數據之假設檢定(單尾)，檢定生理參數值在駕駛任務前後變化的程度與方向，駕駛任務前後是否有顯著差異？顯著水準 α 設定為 0.05(顯著)及 0.01(非常顯著)。

三、結果

駕駛任務前後之量測結果如表 2 所示。

表 2 駕駛任務前後之生理指標平均值變化

生理指標	駕駛前平均值	駕駛後平均值	t 值	p 值
SYS	113.80±9.01	113.85±9.24	-0.06	0.4764
DIA	73.45±1.88	73.60±1.93	-0.44	0.3325
HR	70.20±11.35	65.80±8.64 **	2.81	0.0056
TP	2190.85±1419.03	3674.40±2028.51 **	-5.33	1.91E-05
HRV	44.55±14.73	58.75±16.49 **	-6.39	1.98E-06
LF(AU)	468.45±302.75	716.70±434.58 **	-3.22	0.0023
LF (NU)	46.30±17.17	54.35±14.50 *	-2.38	0.0140
HF(AU)	580.00±518.10	591.50±383.40	-0.4	0.3468
HF(NU)	53.70±17.17	45.65±14.50 *	2.38	0.0140
VLF(AU)	1142.4±983.89	2366.2±1584.31 **	-5.35	1.83E-5
LF/HF	1.10±0.84	1.44±0.86 *	-1.83	0.0415
VLF/HF	1.97±2.12	4.00±3.85 *	-2.49	0.0111
RMMSD	39.05±16.74	46.90±20.53 *	-2.25	0.0182
左掌溫	36.54±0.85	35.45±1.72 **	3.05	0.0033
右掌溫	36.61±0.78	35.69±1.74 **	2.88	0.0048

* : P<0.05，** : P<0.01

由表 2 知：心博率(HR)**、心率變異(HRV)**、總功率 TP(AU)**、副交感神經活性 HF(NU)*、交感神經活性 LF(AU)**& LF(NU)*、極低頻功率 VLF(AU)**、LF/HF*、VLF/HF*、RMMSD*、左手掌溫度**、及右手掌溫度**等生理指標於駕駛後有顯著差異；而收縮壓(SYS)、舒張壓(DIA)、及副交感神經活性 HF(AU)於駕駛後沒有顯著差異。(* : P<0.05； ** : P<0.01)

3.1 血壓(Blood Pressure)

由表 2 及圖 4~5 知收縮壓(SYS)及舒張壓(DIA)於駕駛任務後只有微幅上升，並沒有顯著的差異。

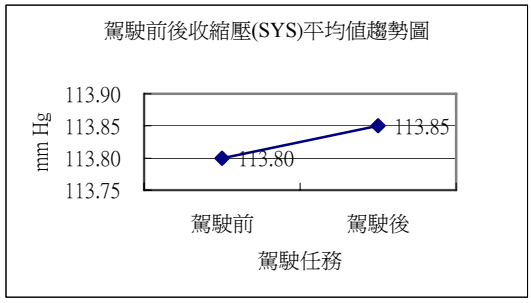

圖 4 駕駛前後收縮壓(SYS)平均值趨勢圖

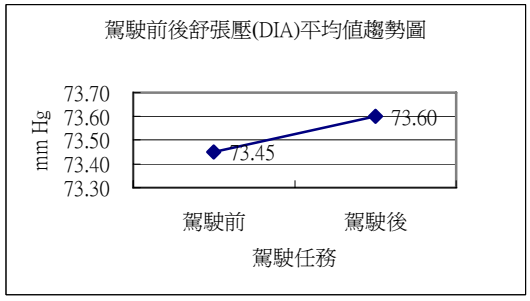

圖 5 駕駛前後舒張壓(DIA)平均值趨勢圖

3.2 心博率(Heart Rate)

由表 2 及圖 6 知心博率(HR)**於駕駛任務後有顯著下降的趨勢。(**：P<0.01)

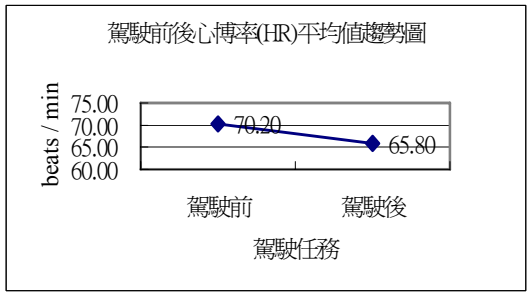

圖 6 駕駛前後心博率(HR)平均值趨勢圖

3.3 心率變異(Heart Rate Variability)

由表 2 及圖 7 知心率變異(HRV)**於駕駛任務後有顯著上升的趨勢。(**：P<0.01)

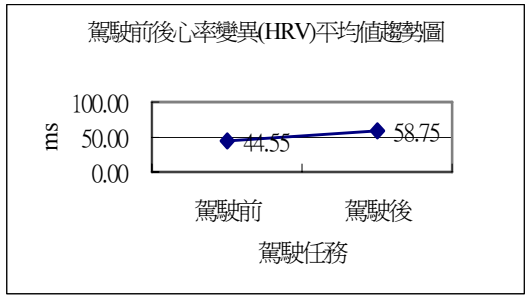

圖 7 駕駛前後心率變異(HRV)平均值趨勢圖

3.4 總功率(Total Power)

由表 2 及圖 8 知總功率 TP(AU)**於駕駛任務後有顯著上升的趨勢。(**：P<0.01)

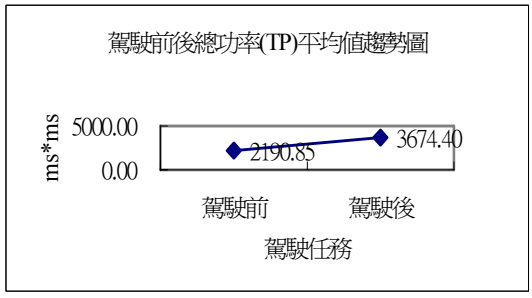

圖 8 駕駛前後總功率 TP(AU)平均值趨勢圖

3.5 交感神經活性指標 LF(AU)&LF(NU)

由表 2 及圖 9~10 知交感神經活性指標 LF(AU)**與 LF(NU)*於駕駛任務後有顯著上升的趨勢。(*：P<0.05，**：P<0.01)

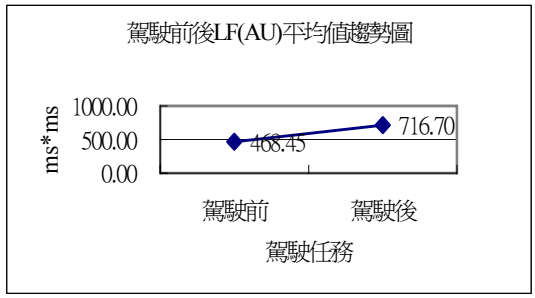

圖 9 駕駛前後 LF(AU)平均值趨勢圖

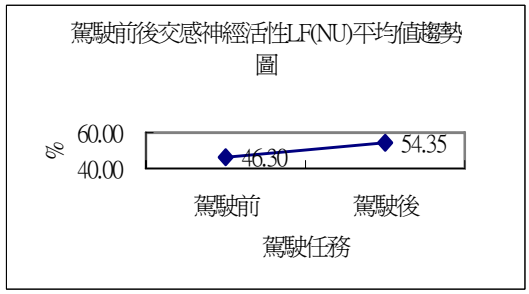

圖 10 駕駛前後 LF(NU)平均值趨勢圖

3.6 副交感神經活性指標 HF(AU)&HF(NU)

由表 2 及圖 11~12 知副交感神經活性指標 HF(AU)於駕駛任務後有微幅上升的趨勢；而 HF(NU)*有顯著下降的趨勢。(*：P<0.05)

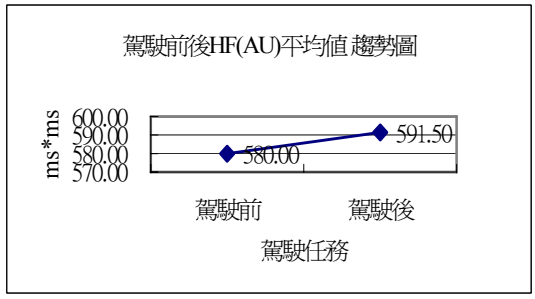

圖 11 駕駛前後 HF(AU)平均值趨勢圖

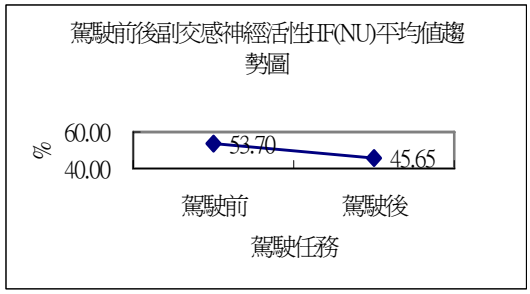

圖 12 駕駛前後 HF(NU)平均值趨勢圖

3.7 極低頻功率 VLF(AU)

由表 2 及圖 13 知極低頻功率 VLF(AU)**於駕駛任務後有顯著上升的趨勢。(**：P<0.01)

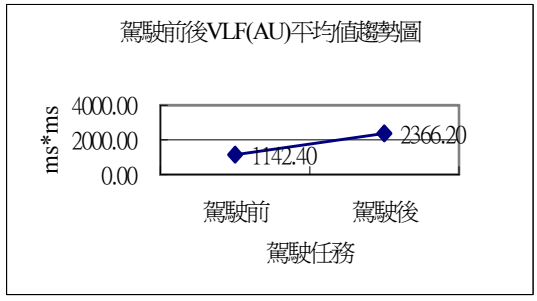

圖 13 駕駛前後 VLF(AU)平均值趨勢圖

3.8 交感/副交感平衡性指標 LF/HF

由表 2 及圖 14 知 LF/HF*於駕駛任務後有顯著上升的趨勢。(*：P<0.05)

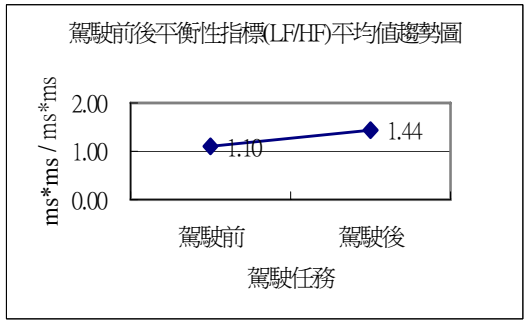

圖 14 駕駛前後 LF/HF 平均值趨勢圖

3.9 比值 VLF/HF

由表 2 及圖 15 知 VLF/HF*於駕駛任務後有顯著上升的趨勢。(*：P<0.05)

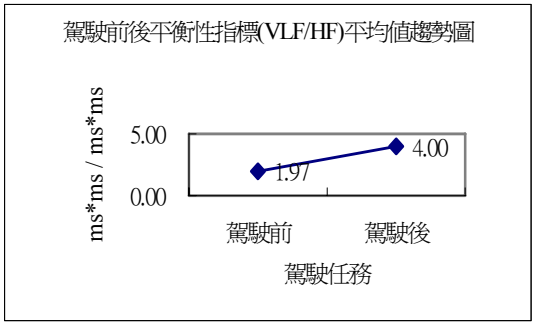

圖 15 駕駛前後 VLF/HF 平均值趨勢圖

3.10 相鄰間距標準差 RMMSD

由表 2 及圖 16 知 RMMSD*於駕駛任務後有顯著上升的趨勢。(*：P<0.05)

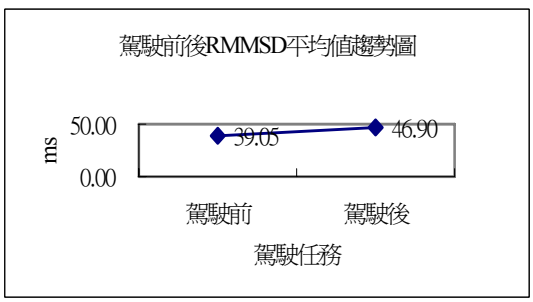

圖 16 駕駛前後 RMMSD 平均值趨勢圖

3.11 手掌表面溫度

由表 2 及圖 17~18 知左右手掌表面溫度指標於駕駛任務後有顯著下降的趨勢。(**：P<0.01)

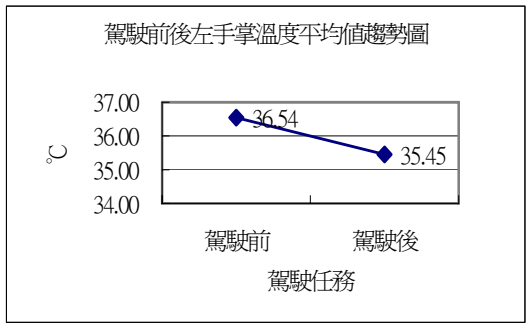

圖 17 駕駛前後左手掌溫度平均值趨勢圖

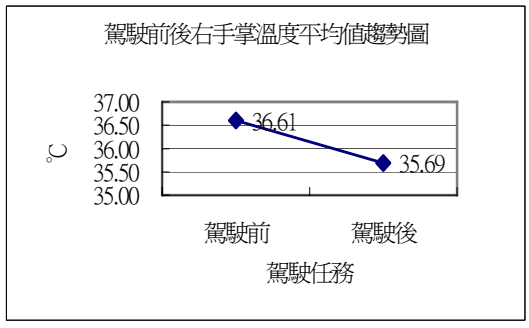

圖 18 駕駛前後右手掌溫度平均值趨勢圖

四、討論

由表 2 知：心博率(HR)**、心率變異(HRV)**、總功率 TP(AU)**、交感神經活性 LF(AU)** & LF(NU)*、副交感神經活性 HF(NU)*、極低頻功率 VLF(AU)**、LF/HF*、VLF/HF*、RMMSD*、左手掌溫度**、及右手掌溫度**等生理指標於駕駛任務後有顯著差異；而收縮壓(SYS)、舒張壓(DIA)、及 HF(AU)於駕駛任務後沒有顯著差異，詳細討論如下所述。(*：$P<0.05$；**：$P<0.01$)

4.1 血壓(Blood Pressure)

Fumio Kobayahi 等學者[6]探討計程車司機在長時間的工作中，針對血壓及心率變異(HRV)的變化作研究，研究發現，在實際道路的駕駛任務與休息期間作比較，執行駕駛任務期間駕駛者收縮壓及舒張壓都有上升的趨勢。而本研究是在實驗室進行，是屬於靜態的模擬實驗，駕駛者所承受的心智負荷較實際的道路駕駛要來得小，也因此導致駕駛者血壓於

駕駛任務前後沒有顯著的差異，這與我們所預期的結果是一致的。

4.2 心博率(Heart Rate)

心博率(HR)**於駕駛作業後呈現下降趨勢；Zengyong Li [19][21]文獻中提到，隨著駕駛時間的增加，駕駛者心博率(HR)有逐漸降低的趨勢，與本研究的結果一致；依據此結果本研究認為在單調的駕駛環境容易造成厭煩及昏睡狀態，且本研究為靜態駕駛模擬對駕駛者並未構成太大的心智或肢體負荷，因此受測者整體生理需求較平日為低，故導致心博率(HR)**有顯著下降的趨勢。(**：P<0.01)

4.3 心率變異(Heart Rate Variability)

心率變異(HRV)於駕駛作業後呈現上升趨勢，但進一步交叉分析發現 HRV**上升幅度從 43ms 升至 53ms，上升的貢獻主要來自交感 LF 及極低頻 VLF(其生理意義未知)；依據此結果本研究認為，駕駛者長時間處於單調的駕駛環境當中，很容易產生厭煩與昏睡狀態，可是受測者又必須：(1)注視前方的螢幕場景、(2)雙手操作方向盤以完成駕駛任務，因此身體會啟動交感神經活性，而從結果知：交感神經活性指標 LF(AU)**與 LF(NU)*的確有上升的趨勢，因此造成 HRV**有顯著上升的趨勢。(**：P<0.01)

4.4 總功率(Total Power)

總功率 TP(AU)**於駕駛任務後有上升的趨勢；TP(AU)為頻譜分析之總功率，數學上相等於時域分析 HRV 之平方，因此討論與上述 HRV 相同。(**：P<0.01)

4.5 交感神經活性指標 LF(AU)&LF(NU)

LF(AU)**及 LF(NU)*均顯著上升，以避免血壓下降，本研究的駕駛任務時間為 90 分鐘，單調的駕駛容易產生厭煩及昏睡狀態的現象，但對本研究多數年輕的駕駛者而言，並未造成太大的精神負荷與出現駕駛疲勞現象，且上午時段受測者精神飽滿，因此交感神經活性指標 LF(AU)**與 LF(NU)*於駕駛任務後有顯著的上升，此結果與 Zengyong Li [19][20][21]及 Kun Jiao [9]等學者所作的研究結論一致，雖然所採用的量測設備不一樣，但所獲得的結論與本研究一致，可說殊途同歸。(*：P <0.05，**：P <0.01)

4.6 副交感神經活性指標 HF(AU)&HF(NU)

由本研究結果發現，駕駛者於駕駛任務後，副交感神經活性指標 HF(AU)幾乎不變，而 HF(NU)*則因 LF(AU)貢獻增加而下降；一般而言，如果身體產生疲勞，副交感神經活性指標 HF(AU)與 HF(NU)應當會有顯著上升的趨勢，但本研究並未獲得此結果，甚至出現 HF(NU)*有顯著下降的趨勢，本研究受測者為年輕的學生，於駕駛任務後並未感覺極度疲勞，且上午時段受測者精神飽滿，因此造成副交感神經活性指標 HF(NU)*顯著下降，此結果與 Zengyong Li [19][20][21] 及 Kun Jiao [9]等學者所作的研究結論一致。(*：P <0.05)

4.7 極低頻功率 VLF(AU)

極低頻功率 VLF(AU)**駕駛任務後上升(註：VLF(AU)之生理意義在 1996 標準中未有界定，國際文獻解釋不一)。(**：P<0.01)

4.8 交感/副交感平衡性指標 LF/HF

LF/HF*顯著上升，是因為交感 LF(AU)增加副交感 HF(AU)不變的結果；此結果與 Zengyong Li [19][20][21]及 Kun Jiao [9]等學者所作的研究結論一致。(*：P<0.05)

4.9 比值 VLF/HF

靜態駕駛任務後，比值 VLF/HF*有顯著上升。進一步分析發現 VLF(AU)**有顯著上升，而 HF(AU)幾乎不變，因此造成比值 VLF/HF 有顯著的上升。(*：P<0.05； **：P<0.01)

4.10 相鄰間距標準差 RMMSD

RMMSD*顯著上升；一般而言，RMMSD 與 HRV 定義雖稍有不同但趨勢一致，因此討論也相同。(*：P<0.01)

4.11 手掌表面溫度

左右手掌表面溫度**有顯著下降的趨勢，由於 90 分鐘的駕駛造成受測者下半身靜脈血液迴流不良、系統微循環變差、交感神經又沒有啟動，因此造成左右手掌表面溫度**有顯著下降的趨勢。(**：P <0.01)

五、結論

本研究結果發現：心博率(HR)**、總功率 TP(AU)**、心率變異(HRV)**、交感神經活性 LF(AU)** & LF(NU)*、副交感神經活性 HF(NU)*、極低頻功率 VLF(AU)**、交感/副交感平衡性指標 LF/HF*、比值 VLF/HF*、RMMSD*、左手掌溫度**、及右手掌溫度**等生理指標平均值於駕駛後有顯著差異。由以上結果推測，由於 90 分鐘的駕駛，使得下半身靜脈血液迴流不良，但由於上午時段受測者通常精神飽滿，身體會啟動交感神經以維持身體的恆定狀態，因此藉由生理參數的量測可了解身體恆定的程度，並且可在未來將偏離恆定狀態的程度定量為駕駛疲勞或昏睡指標之一。(*：P<0.05；**：P<0.01)

未來研究

本研究是甄選年輕族群為受測者，未來可考慮不同年齡族群，例如：中年族群、銀髮族群、女性族群等，比較各族群是否有差異？另外未來也可考慮下午及晚上時段，比較三個時段是否有差異？

備註

(1).生理參數下載：可選擇快速或完整下載

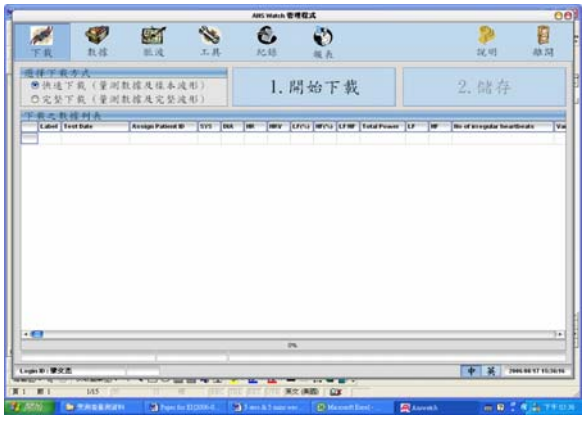

圖 19 生理參數下載視窗

(2).案例

a.下載後生理參數數據視窗：可選擇要顯示的參數

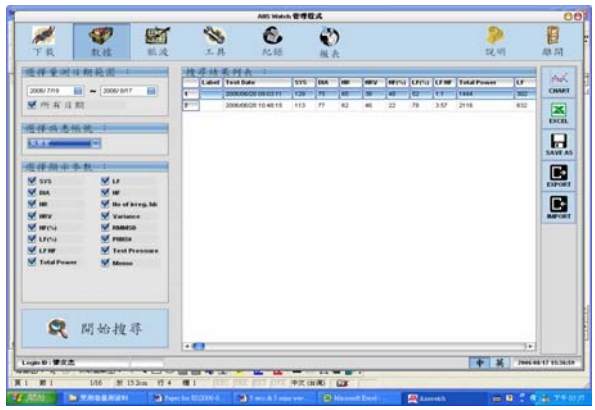

圖 20 (a) 生理參數數據視窗

b.心律大師 5-sec 脈象圖波形

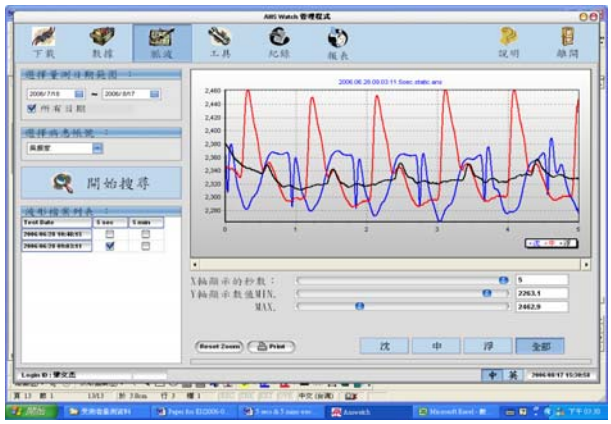

圖 20 (b) 心律大師 5-sec 脈象圖波形視窗

c.心律大師 5-min 心跳動態圖波形

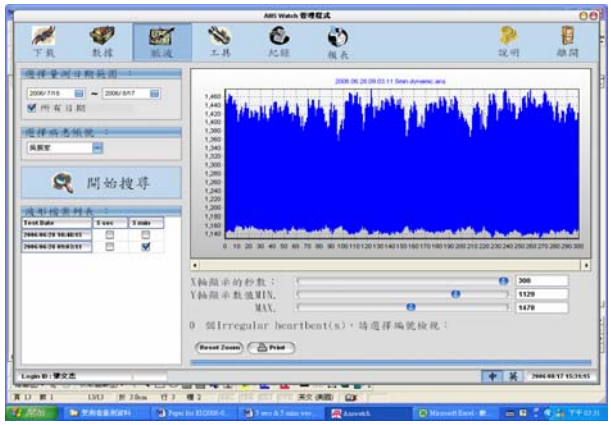

圖 20 (c) 心律大師 5-min 心跳動態圖波形視窗

參考文獻

1. Anne Helene Garde, Bjarne Laursen, Anker Helms Jorgensen, Bente Rona Jensen, Effects of Mental and Physical Demands on Heart Rate Variability During Computer Work, *European Journal Applied Physiology*, **87**, 456-461 (2002).
2. Bo Eklof etc., Venous Thromboembolism in Association with Prolonged Air Travel, *Dermatologic Surgery*, **22**, 637-641 (1996).
3. Elmar Mohr, Jan Langbein, Gerd Nurnberg, Heart Rate Variability-A Noninvasive Approach to Measure Stress in Calves and Cows, *Physiology & Behavior*, **75**, 251-259 (2002).
4. Eva Kaker, Henric Egekvist, Peter Bjerring, Effect of Sensory Stimulation (Acupuncture) on Sympathetic and Parasympathetic Activities in Healthy Subjects, *Journal of the Autonomic Nervous System*, **79**, 52-59 (2000).
5. Fabrice Paganin etc., Venous Thromboembolism in Passengers Following a 12-h Flight: a Case-Control Study, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, **74(12)**, 1277-1280 (2003).
6. Fumio Kobayashi etc., Blood Pressure and Heart Rate Variability in Taxi Drivers on Long

Duty Schedules, *Journal of Occupational Health*, **44**, 214-220 (2002).

7. I.J. Dionne, M.D. White, Angelo Tremblay, The Reproducibility of Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability Before And After a Standardized Meal, *Physiology & Behavior* , **75**, 267-270 (2002).
8. Wahlstrom, M. Hagberg, P.W. Johson, J Svensson, D. Rempel, Influence of Time Pressure and Verbal Provocation on Physiological and Psychological Reactions During Work With a Computer Mouse, *European Journal Applied Physiology*, **87**, 257-263 (2002).
9. Kun Jiao, Zengyong Li, Ming Chen, Chengtao Wang, Shaohua Qi, Effect of Different Vibration Frequencies on Heart Rate Variability and Driving Fatigue in Healthy Drivers, *International Arch. Occupational Environment Health*, **77**, 205-212 (2004).
10. Laurent Fauchier, Dominique Babuty, Marie Laurence Autret, Philippe Poret, Pierre Cosnay, Jean Paul Fauchier, Influence of Duration and Hour of Recording on Spectral Measurement of Heart Rate Variability, *Journal of the Autonomic Nervous System*, **73**, 1-6 (1998).
11. Liao DP, Barnes RW, Chambless LE, Simpson RJ, Sorlie P, Heiss G, Age, Race, and Sex Difference in Autonomic Cardiac Function Measured by Spectral Analysis of Heart Rate Variability-The ARIC Study, *American Journal of The Cardiology*, **76**, 906-912 (1995).
12. Li Zeng Yong, Jlao Kun, Chen Ming, Wang Cheng Tao, Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability of Driver During Simulated Driving, *Chiness Journal of Biomedical Engineering*, **22(6)**, (2003).
13. Markus Mittermayr etc., Formation of Edema and Fluid Shifts During a Long-haul Flight, *Journal of Travel Medicine*, **10(6)**, 334-339 (2003).
14. Nis Hjortskov, Dag Rissen, Anne Katrine Blansted, Nils Fallentin, Ulf Lundberg, Karen Sogaard, The Effect of Mental Stress on Heart Rate Variability and Blood Pressure During Computer Work, *European Journal Applied Physiology*, **92**, 84-89 (2004).
15. Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, Sandrone G, Malfatto A, Power Spectral Analysis of Heart Rate and Arterial Pressure Variabilities as a Marker of Sympathovagal Interacton in Men and Conscious Dog, *Circulation Res*, **58**, 178-193 (1986).
16. Saroj K.L. Lal* , Craig, A Critical of The Psychophysiology of Driver Fatigue, *Biological Psychology*, 55, 173-194 (2001).
17. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability：Standards of Measurement, *Physiological Interpretation, and Clinical use Circulation*, **93**, 1043–1065 (1996).
18. Yang Yu Shu, Yao Zhen Qiang, Li Zeng Yong, Jiao Kun, Oct. Investigation on Correlation Between ECG Indexes and Driving Fatigue, *Machinery Design Manufacture*, **5**, 94-95

(2002).

19. Zengyong Li, Chengtao Wang, Arthur F. T. Mark and Daniel H. K. Chow, Effect of Acupuncture on Heart Rate Variability in Normal Subjects Under Fatigue and Non-Fatigue, European *Journal of Applied Physiology*, (2005).
20. Zengyong Li, Kun Jiao, Ming Chen, Chengtao Wang, Effect of Magnitopuncture on Sympathetic and Parasympathetic Nerve Activities in Healthy Drivers – Assessment by Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability, *European Journal Applied Physiology*, **88**, 404-410 (2003).
21. Zengyong Li, Kun Jiao, Ming Chen, Chengtao Wang, Reducing the Effects of Driving Fatigue with Magnitopuncture Stimulation, *Accident Analysis and Prevention*, **36**, 501-505 (2004).