

以駕駛模擬器探討駕駛前後生理參數之變化 (Part 2)

Variation in Physiological Parameters Before and After a Simulated Driving Task (Part 2)

* 梁文杰¹ 阮約翰¹ 孫德銓² 林明漢³

國立清華大學 工業工程與工程管理學系¹

台灣科學地股份有限公司²

大華技術學院 自動化工程學系³

* d927813@oz.nthu.edu.tw

摘要

本研究主要探討上午、下午及晚上時段在室內靜態模擬駕駛環境下駕駛任務前後生理參數的變化，藉由新型腕式生理監視器-心律大師(ANSWatch®)及體溫計共量測包括血壓、心搏率、心率變異及手掌溫等 11 項生理參數。結果顯示不同時段生理參數之變化趨勢有所差異；從上午結果知，由於連續駕駛使得下半身靜脈血液迴流不良，造成體溫、心搏率等下降，但因受測者精神飽滿，體內自律神經啟動交感以維持身體的血壓之恆定狀態；但到了下午及晚上身體並未啟動交感，而是啟動副交感進入休息昏睡狀態，收縮壓因而顯著下降，增加駕駛意外的風險，因此藉由本研究多重生理參數的量測可了解身體維持恆定的程度，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。

關鍵詞：駕駛疲勞、生理參數、心率變異、恆定狀態、心律大師

Abstract

The objective of study was to monitor physiological parameters before and after indoor simulated driving task conducted in the morning, afternoon, and evening sessions. Blood pressures, heartbeat, and heart rate variability were measured using a new wrist monitor ANSWatch® based upon radial pulse waves. Distinct trends were found among three driving sessions. For morning, driving action accompanied by lower body poor circulation caused decrease in palm temperatures and heart rate, but blood pressures was maintained by activation of sympathetic nervous system. In contrast, systolic pressure was lowered in the afternoon and evening sessions. Para-sympathetic (rather than sympathetic) nerve was activated prompting the body to enter a sleepy state, which greatly increases driving accident risks. The measurement of physiological parameters in the study had gained great insight into mechanisms of homeostasis and provides foundation in the future work to quantify driving fatigue based upon degree of deviation from homeostatic states.

Keywords: Driving Fatigue、Physiology Parameters、Heart Rate Variability (HRV)、Homeostasis、ANSWatch

1.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：長途空中旅行者、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恆定狀態[1]，並非每一個人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。

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、下午及晚上時段駕駛者在連續 90 分鐘的室內靜態模擬駕駛作業後心率變異等生理指標之變化趨勢。

2.方法

本研究採取人因工程中的實驗性研究法，在實驗室收集資料主要是考量安全、成本及變項可獲得控制，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對心率變異造成影響[2]，本研究甄選 60 位男性受測者，皆為大學部或碩士班學生，年齡範圍為 23±3 歲，將受測者分成 A、B 及 C 三組，各組為 20 人，所有受測者皆無因為疾病而接受藥物治療且健康良好，受測者前一晚不能熬夜，且實驗前 1 小時不得進食任何食物及作激烈運動，以確保實驗數據的客觀性。

表 1 受測者特徵資料

項 目	平均 值
年 齡	22.78±1.98 (歲)
身 高	172.90±5.91 (公分)
體 重	69.83±9.12 (公斤)
體脂肪	21.98±5.56 (%)

2.2 實驗變項

本研究自變項為：駕駛時間，依變項為：生

理參數，生理參數包括：BP(SYS/DIA)、HR、HRV、TP(AU)、LF(AU)、LF(NU)、HF(AU)、HF(NU)、VLF(AU)、LF/HF、VLF/HF、RMMSD、及左右掌溫。另外性別、年紀、環境溫度也受到控制，以確保實驗客觀性；藉由控制上述變項，進而了解駕駛前後生理參數(依變項)之變化趨勢。

2.3 實驗設備與材料

實驗設備包括：a.硬體設備-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、計時器、體重(脂)計、及量測記錄暨主觀問卷調查表等；b.軟體設備-直線駕駛模擬器、ANSWatch Manager Pro 資料分析系統、Win XP、及 Excel 統計軟體。

2.4 實驗作業與程序

將三組受測者分別安排於不同時段來進行實驗，A 組於上午(8:30~ 11:00AM)、B 組於下午(2:00~ 4:30PM)、及 C 組於晚上時段(7:30~ 10:00PM)來進行實驗，受測者前一晚需充分休息，實驗前 1 小時不得進食任何食物及作激烈運動，實驗前先填寫個人基本資料及量體重，休息 20 分鐘後開始量測生理參數，量測時間大約 6 分鐘，量測結束後下載資料，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，駕駛結束後再量測生理參數及下載資料，最後填寫主觀疲勞問卷；實驗程序如圖 1 所示。



圖 1 實驗程序

2.5 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 2 所示，來執行生理參數之量測；若量測血壓及心率變異(BP+HRV)，則可在大約 6 分鐘內獲得 8 個生理參數[4]，包括：SYS、DIA、HR、HRV、LF(NU)、HF(NU)、LF/HF、及 Irregular Heartbeats 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 2 新型腕式生理監視器--心律大師(ANSWatch®)

駕駛前後以坐姿各量測一次，量測時需將新型腕式生理監視器(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 分鐘，在量測過程中受測者不得有任何的移動，以確保量測數據的客觀性。

2.6 統計分析

本研究採用單因子變異數分析以檢定三時段間是否有差異，及以 t 分配成對數據之假設檢定(單尾)，檢定生理參數在駕駛前後變化的程度與方向，駕駛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)。

3. 結果

3.1 不同時段駕駛前後之生理參數變化

上午、下午及晚上三時段受測者駕駛前後之生理參數量測結果如表 2~4 所示。

3.1.1 上午時段駕駛前後之生理參數變化

本時段安排 A 組人員在上午 8:30-11:00 進行實驗，其結果如表 2 所述。(* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$)

表 2 上午時段駕駛前後之生理參數變化

生理參數	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(AU)	2190.85±	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

由表 2 知：上午時段 HR **、HRV **、TP(AU) **、HF(NU) *、LF(AU) ** & LF(NU) *、VLF(AU) **、

LF/HF *、VLF/HF *、RMMSD *、左掌溫 **、及右掌溫 ** 等生理參數於駕駛後有顯著差異；而 SYS、DIA、及 HF(AU) 於駕駛後則沒有顯著差異。

3.1.2 下午時段駕駛前後之生理參數變化

本時段安排 B 組人員在下午 2:00-4:30 進行實驗，其結果如表 3 所述。(* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$)

表 3 下午時段駕駛前後之生理參數變化

生理參數	駕駛前平均值	駕駛後平均值	t 值	p 值
SYS	117.80±8.19	113.50±7.51 *	1.79	0.0447
DIA	73.80±2.24	73.85±2.01	-0.11	0.4568
HR	73.45±10.53	68.80±10.88 **	3.52	0.0011
TP(AU)	2517.35±2031.97	3223.00±2125.80 *	-2.12	0.0237
HRV	46.95±18.15	54.10±17.66 *	-2.49	0.0111
LF(AU)	811.65±844.14	801.10±556.49	0.07	0.4725
LF(NU)	59.95±14.29	54.10±16.70 *	2.16	0.0219
HF(AU)	595.85±635.24	724.30±588.83	-1.30	0.1046
HF(NU)	40.05±14.29	45.90±16.70 *	-2.16	0.0219
VLF(AU)	1109.85±787.85	1697.6±1270.5 *	-2.53	0.0102
LF/HF	1.82±1.01	1.48±0.99 *	1.86	0.0392
VLF/HF	1.86±1.99	2.34±1.47	0.06	0.4764
RMMSD	37.95±16.94	51.20±26.44 **	-2.80	0.0057
左掌溫	36.74±0.83	35.85±1.77 **	3.57	0.0010
右掌溫	36.86±0.79	36.12±1.85 **	2.80	0.0057

由表 3 知：下午時段 SYS *、HR **、TP(AU) *、HRV *、LF(NU) *、HF(NU) *、VLF(AU) *、LF/HF *、RMMSD **、左掌溫 **、及右掌溫 ** 等生理參數於駕駛後有顯著差異；而 DIA、LF(AU)、HF(AU)、及 VLF/HF 生理參數於駕駛後沒有顯著差異。

3.1.3 晚上時段駕駛前後之生理參數變化

本時段安排 C 組人員在晚上 7:30-10:00 進行實驗，其結果如表 4 所述。(* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$)

表 4 晚上時段駕駛前後之生理參數變化

生理參數	駕駛前平均值	駕駛後平均值	t 值	p 值
SYS	118.40±8.36	111.95±8.30 *	1.85	0.0121
DIA	74.15±2.37	73.05±2.76 *	1.40	0.0481
HR	71.95±8.12	66.85±8.30 **	5.78	5.32E-6
TP(AU)	2464.35±1574.13	3373.90±1899.24	-2.66	0.0077
HRV	47.35±15.30	55.90±16.19 *	-2.00	0.0043
LF(AU)	687.45±553.20	774.25±593.36	-0.69	0.2493
LF(NU)	55.15±14.63	54.70±16.61	0.11	0.4568
HF(AU)	540.35±429.08	676.55±485.45	-1.57	0.0665
HF(NU)	44.85±14.63	45.30±16.61	-0.11	0.4568
VLF(AU)	1236.55±922.27	1923.10±1152.27 *	-3.06	0.0032
LF/HF	1.52±1.06	1.57±1.08	-0.24	0.4257
VLF/HF	2.29±2.82	2.84±2.03	-0.47	0.2977
RMMSD	41.95±16.35	55.25±27.59 **	-3.44	0.0014
左掌溫	37.01±0.75	35.43±1.85 **	3.72	0.0004
右掌溫	37.13±0.56	35.87±1.82 **	2.86	0.0032

由表 4 知：晚上時段 SYS *、DIA *、HR **、TP(AU) **、HRV *、VLF(AU) *、RMMSD **、左掌

溫**、及右掌溫**等參數於駕駛後有顯著差異；而 DIA、LF(AU) & LF(NU)、HF(AU) & HF(NU)、LF/HF 及 VLF/HF 參數於駕駛後沒有顯著差異。

3.2 生理參數之變異數分析(ANOVA)

針對三個不同時段各生理參數作單因子變異數分析，以了解不同時段間對生理參數值差異是否有顯著的影響，其結果如表 5 所述。

表 5 不同時段對各生理參數之變異數分析(*: P<0.05)

生理參數	F-Value	p-Value	臨界值
SYS	1.549883	0.221085	3.158846
DIA	1.969388	0.148923	3.158846
HR	0.163013	0.849974	3.158846
TP	1.624275	0.206042	3.158846
HRV	2.001144	0.144567	3.158846
LF(AU)	1.185415	0.313040	3.158846
LF(NU)	4.449630	0.016008*	3.158846
HF(AU)	0.303275	0.739580	3.158846
HF(NU)	4.449630	0.016008*	3.158846
VLF(AU)	2.068056	0.135814	3.158846
LF/HF	2.506790	0.090481	3.158846
VLF/HF	3.743705	0.031163*	3.158846
RMMSD	0.620488	0.541274	3.158846
左掌溫	0.914460	0.4065310	3.158846
右掌溫	0.615877	0.5437220	3.158846

由表 5 結果知，不同時段對於 HF(NU)、LF(NU) 及 VLF/HF 有顯著的差異(P<0.05)；據此知不同時段本身即存在變異，因此執行實驗時需排除時段所造成的變異，以維持實驗之客觀性。

3.3 主觀疲勞問卷調查

各時段實驗結束後要求受測者接受主觀疲勞問卷調查，共有 14 題問項[6]，各問項之評價刻度為 1(無或輕微)~7(明顯或嚴重)，如表 6 及 7 所述。

表 6 主觀疲勞症狀問卷調查

No	症狀	No	症狀
1	身體疲勞程度	8	肩膀僵硬程度
2	身體懶散程度	9	腰痛程度
3	身體想躺下程度	10	下半身僵硬發麻程度
4	煩躁程度	11	眼睛疲勞程度
5	體力程度	12	想睡覺程度
6	心智反應遲緩程度	13	想嘔吐程度
7	頭痛程度	14	手腳發抖程度

表 7 主觀疲勞刻度及描述

刻度	疲勞程度描述
1	一點都不會累(Not tired at all)
2	不太會累(Minimally tired)
3	有一點累(Somewhat tired)
4	感覺會累(Tired)
5	感覺很累(Considerably tired)
6	非常累(Very tired)
7	極度累(Extremely tired)

3.3.1 主觀疲勞問卷調查各問項平均分數

各時段 20 人主觀問卷調查各問項之平均分數如圖 3 所示。

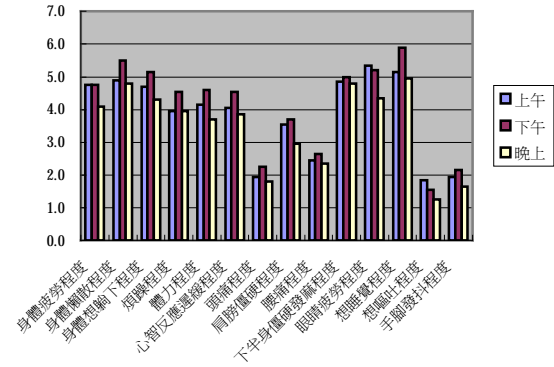


圖 3 不同時段主觀疲勞問卷調查各問項平均分數

由圖 3 知，對大部份的問項而言，下午時段各問項的平均分數都高於其它時段，其中又以「想睡覺程度」之平均分數 6.0 最高，因此可推測下午時段受測者主觀上普遍較為疲勞。

3.3.2 受測者主觀疲勞問卷調查之總平均分數

由圖 4 知各時段綜合 14 題問項之 20 人受測者總平均分數，其中以下午時段之總平均分數 57.5 分為最高，同 3.2.1 結果，可推測下午時段受測者主觀上普遍較為疲勞。

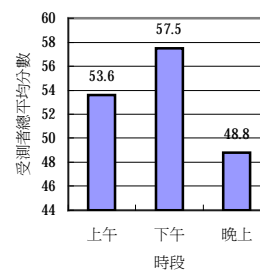


圖 4 不同時段受測者主觀疲勞問卷調查總平均分數

3.3.3 主觀疲勞問卷調查之變異數分析(ANOVA)

對不同時段之主觀疲勞作單因子變異數分析，以了解不同時段間對主觀疲勞是否有顯著的影響，其結果如表 8 所述。

表 8 不同時段對主觀問項之變異數分析(*: P<0.05)

No	問項	F-value	p-Value	臨界值
----	----	---------	---------	-----

1	身體疲勞程度	1.839061	0.168274	3.158846
2	身體懶散程度	1.512963	0.228968	3.158846
3	身體想躺下程度	1.249773	0.294303	3.158846
4	煩躁程度	0.861190	0.428084	3.158846
5	體力程度	3.055559	0.054879	3.158846
6	心智反應遲緩程度	1.638474	0.203293	3.158846
7	頭痛程度	0.809878	0.449965	3.158846
8	肩膀僵硬程度	1.281585	0.285474	3.158846
9	腰痛程度	0.207731	0.813038	3.158846
10	下半身僵硬發麻程度	0.087125	0.916684	3.158846
11	眼睛疲勞程度	2.506047	0.090543	3.158846
12	想睡覺程度	2.480052	0.092734	3.158846
13	想嘔吐程度	1.926761	0.154985	3.158846
14	手腳發抖程度	0.975017	0.383387	3.158846
	問項總合	3.568254	0.034668*	3.158846

由表 8 結果知，不同時段對各問項雖然沒有顯著差異，但對總合卻出現顯著的差異($P<0.05$)，據此本研究認為，整體而言不同時段對受測者主觀疲勞有所差異，且以下午主觀上較為疲勞。

4. 討論

由上述結果知，不同時段受測者連續駕駛後所呈現的生理參數之變化趨勢有所差異，由於存在這樣的差異，因此推測不同時段開車時身體恆定狀態的程度是不同的，我們從主客觀兩個角度來探討，其個別生普遍理參數詳細討論如下所述。(*: $P<0.05$; **: $P<0.01$)

4.1 血壓(SYS/DIA)

本研究屬靜態模擬，駕駛者所承受的心智負荷較實際駕駛要來得小，因此血壓並沒有上升的趨勢；結果顯示上午時段收縮壓於駕駛前後沒有顯著差異，該時段受測者精神飽滿，交感神經啟動完整(LF 上升)，身體得以保持較佳的恆定狀態；但到了下午及晚上時段，由於長時間下半身無法移動、靜脈無法迴流、造成系統性循環不良、再加上午後及晚上疲勞昏睡，身體進入休息昏睡狀態(副交感啟動，見討論 4.5 及 4.6)，因此導致 SYS*有顯著下降的趨勢，甚至到了晚上 DIA*也有顯著下降的趨勢。

4.2 心搏率(HR)

不論哪一個時段 HR**於駕駛後有下降趨勢；Zengyong Li [4][5]提到，隨著駕駛時間的增加，駕駛者 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 HR**有顯著下降的趨勢。

4.3 心率變異(HRV)

不論哪一個時段 HRV 於駕駛作業後都有上升趨勢，且進一步交叉分析發現上午時段 HRV**上升幅度較大(43 升至 53ms)，且上升的貢獻主要來自交感 LF 及極低頻 VLF(其生理意義未知)；但到了下午及晚上時段 HRV*上升幅度趨緩(下午：47 升至 54ms；晚上：47 升至 55ms)，且上升的貢獻主要來自副交感 HF 及極低頻 VLF；綜合上述及圖 3~4 主觀疲勞問卷結果知，下午及晚上時段受測者已出現駕駛疲勞昏睡的傾向。

4.4 總功率[TP(AU)]

上午、下午及晚上時段 TP(AU)於駕駛後有非常顯著**及顯著*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。

4.5 交感神經活性指標[LF(AU)&LF(NU)]

上午時段 LF(AU)**及 LF(NU)*有非常顯著及顯著上升，以避免血壓下降；反觀下午時段駕駛作業後 LF(AU)有下降趨勢，而 LF(NU)*則因 HF(AU)貢獻增加[LF(AU)與 HF(NU)合為 100%]而有顯著下降的趨勢；到了晚上時段 LF(AU) 輕微上升(未達統計意義)而 LF(NU)則幾乎不變。綜合上述及圖 3~4 主觀疲勞問卷結果知，下午及晚上時段受測者已開始產生駕駛疲勞昏睡的傾向，此時身體的恆定狀態較差。

4.6 副交感神經活性指標[HF(AU)&HF(NU)]

上午時段 HF(AU)幾乎不變，而 HF(NU)則因 LF(AU)貢獻增加而下降；反觀下午及晚上時段駕駛後 HF(AU)輕微上升，而 HF(NU)只有下午時段有顯著*上升的趨勢。據此結果本研究認為同 4.5. 結論，即受測者已開始產生駕駛疲勞昏睡的傾向。

4.7 極低頻功率[VLF(AU)]

上午及下午、晚上時段 VLF(AU)駕駛作業後有非常顯著**及顯著*上升的趨勢(註：VLF(AU)之生理意義在 1996 標準[3]中未有界定，國際文獻解釋不一)。

4.8 交感/副交感平衡性指標(LF/HF)

上午時段 LF/HF*的顯著上升是因為交感增加及副交感不變的結果；反觀下午 LF/HF*顯著下降，則是交感不變及副交感增加的結果；而晚上 LF/HF 輕微上升(未達統計意義)則是交感及副交感同時輕微增加的結果。

4.9 比值 VLF/HF

上午時段比值 VLF/HF**為顯著上升，而下午及晚上比值 VLF/HF 輕微上升(未達統計意義)；進一步分析發現上午 VLF(AU)上升幅度較下午為高，因此造成比值 VLF/HF**顯著上升。

4.10 相鄰間距標準差(RMMSD)

上午及下午、晚上時段 RMMSD 指標有顯著**及非常顯著*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。

4.11 左右掌溫

不論哪一個時段左右掌溫**都有顯著下降的趨勢，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、因此造成左右掌溫**有顯著下降的趨勢。

5. 結論

由上述結果知：不同時段之生理參數變化趨勢有所差異；從上午時段結果推測，由於連續駕駛使得下半身靜脈血液迴流不良，造成體溫、心搏率等下降，但因受測者精神飽滿，體內自律神經啟動交感以維持身體血壓之恆定狀態[1]；但到了下午及晚上身體並未啟動交感，而是啟動副交感進入休息昏睡狀態，收縮壓因而顯著下降，增加駕駛意外的風險，又由主觀疲勞問卷結果知，下午時段實驗後受測者主觀上普遍較為疲勞，本研究從主觀疲勞認知及客觀生理量測上彼此得到印證，因此藉由本研究多重生理參數的量測可了解身體維持恆定的程度，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。

6. 建議

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或者導入駕

駛疲勞改善對策，以減緩駕駛疲勞，並且藉由本文所提生理參數來量化評估其有效性。

參考文獻

1. Martini Bartholomew 著，林自勇、鄧自娟、陳瑩玲、鄭麗菁、蔡桂蘭、黃桂祥、連文彬譯，(2003)，*解剖生理學*，全威圖書有限公司，台北，初版，頁 6-14。
2. Liao DP, Barnes RW, Chambless LE, Simpson RJ, Sorlie P, Heiss G, (1995), 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, pp. 906-912.
3. 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, pp. 1043-1065.
4. Zengyong Li, Chengtao Wang, Arthur F. T. Mark and Daniel H. K. Chow, (2005), Effect of acupuncture on heart rate variability in normal subjects under fatigue and non-fatigue, *European Journal of Applied Physiology*.
5. Zengyong Li, Kun Jiao, Ming Chen, Chengtao Wang, (2004), Reducing the effects of driving fatigue with magnitopuncture stimulation, *Accident Analysis and Prevention*, 36, pp. 501-505.

致謝

本研究由國科會計畫 NSC 95-2221-E-007-176 補助支持，特此誌謝。

