

在模擬靜態駕駛環境下探討下午時段駕駛者駕駛任務前後生理參數之變化 VARIATION IN PHYSIOLOGICAL PARAMETERS BEFORE AND AFTER AN INDOOR SIMULATED DRIVING TASK IN THE AFTERNOON

梁文杰¹ 阮約翰¹ 孫德銓² 林明漢³

¹國立清華大學 工業工程與工程管理學系

²台灣科學地股份有限公司

³大華技術學院 自動化工程學系

一、中文摘要

本研究主要探討下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)、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、相鄰峰峰間距之標準差 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，SYS*、HR**、LF(NU)*、LF/HF*、兩手掌溫度**顯著下降；HRV*、TP*、HF(NU)*、VLF(AU)*及 RMMSD**顯著上升；而 DIA、LF(AU)、HF(AU)、及 VLF/HF 沒有顯著差異。由於 90 分鐘的駕駛疲勞，加上下半身無法移動，靜脈血液迴流不良，造成體溫、心跳、血壓等下降，但下午時段受測者易入昏睡狀態，身體並未啟動交感神經以維持恒定狀態，反而啟動副交感神經進行休息。因此藉由本研究多重生理參數的量測可了解身體恒定的控制機制，並在未來將偏離恒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、恒定狀態、心律大師

Abstract

The objective of this study was to monitor variation in physiological parameters before and after an indoor simulated driving task conducted in the afternoon. The physiological parameters included systolic pressure (SYS), diastolic pressure (DIA), total power (TP), heart rate (HR), heart rate variability (HRV or SDNN), sympathetic activity indices LF (AU) & LF (NU), parasympathetic activity indices HF (AU) & HF(NU), very low frequency (VLF), Sympatho-vagal balance index (LF/HF), the ratio of very-low-frequency band to

high-frequency band (VLF/HF), Square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent peak-peak intervals RMMSD, and the surface temperature of each palm. Physiological parameters were measured using a new wrist patient monitor ANSWatch® which incorporated an unique biosensor within the cuff for the precise recording of pulse waves produced by the radial artery. The study showed that SYS*, HR**, LF(NU)*, LF/HF*, and the surface temperatures of both palms** decreased while TP*, HRV*, HF(NU)*, VLF(AU)*, and RMMSD** increased following the 90-min simulated driving task. These changes in indexes were all statistically significant. In contrast, changes were found in DIA, LF(AU), HF(AU), and VLF/HF indices but the magnitudes did not reach significant levels. Driving fatigue accompanied by poor circulation in the immobilized lower body was thought to cause these physiological changes. Instead of activating the sympathetic nervous system to maintain homeostasis, as found in the morning session study, the body entered a resting/sleepy state while increasing the parasympathetic activity for this afternoon session study. We concluded that measurement of these physiological parameters had gained great insight into the controlling mechanisms of homeostasis which provides an opportunity in the future work to quantify driving fatigue based upon degree of deviation from normal equilibrium states. (*：P<0.05、**：P<0.01)

Keywords: Simulated Driving、Driving Fatigue、Physiology Parameters、Heart Rate Variability、Homeostasis、ANSWatch

二、緣由與目的

駕駛作業是大家所熟知並且日常生活中普遍的經驗，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恆定狀態(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。

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)來探討下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。本研究上午時段的實驗結果已另外發表(中西醫研討會 2006)。

三、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。

(1).受測者

為了避免性別及年齡因子對心率變異造成影響，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 23±2.1 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	23.00±2.10(歲)
身	高	173.47±4.88(公分)
體	重	73.22±10.37(公斤)
體	脂肪	23.55±6.47(%)

(2).實驗變項

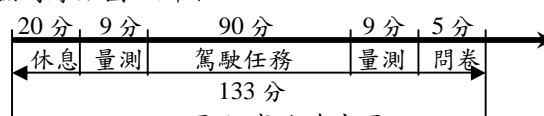
本研究自變項包括：性別(男性)、年紀(23±2.1 歲)、環境溫度(22±2℃)、駕駛時間(90 分鐘)；依變項包括：血壓(BP)、心博率(HR)、心率變異(HRV)、總功率(TP)、交感神經活性 LF(NU)與 LF(AU)、副交感神經活性 HF(NU)與 HF(AU)、極低頻功率 VLF(AU)、交感/副交感平衡性指標 LF/HF、比值 VLF/HF、相鄰峰峰間距之標準差 RMMSD、及左右手掌表面溫度等生理參數。本研究針對上述自變項作控制，進一步了解依變項之變化程度與方向。

(3).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、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。

(4).實驗作業與程序

實驗安排於同一時段來進行(2:00 ~ 4:30PM)，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)，休息 20 分鐘後量測上述(2).所提之生理參數，量測時間約 6~7 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任務，駕駛結束後執行生理參數的量測及下載資料，實驗完成後則填寫主觀問卷資料；實驗時序如圖 1 所示。



(5).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)。

四、結果與討論

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	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	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

*: P<0.05, **: P<0.01

由表 2 知駕駛任務前後之生理指標平均值變化，其中收縮壓(SYS)*、心博率(HR)**、心率變異(HRV)*、總功率(TP)*、交感神經活性 LF(NU)*、副交感神經活性 HF(NU)*、極低頻功率

VLF(AU)*、LF/HF*、RMMSD**、左掌溫**、及右掌溫**等生理指標於駕駛後有顯著差異；而舒張壓(DIA)、交感神經活性 LF(AU)、副交感神經活性 HF(AU)、及 VLF/HF 生理指標於駕駛後沒有顯著差異，詳細討論如下所述。(*: P<0.05; **: P<0.01)

(1).血壓(Blood Pressure)

Fumio Kobayahi 等學者(2002)針對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，研究發現執行駕駛作業期間駕駛者收縮壓及舒張壓都因工作緊張而有上升的趨勢。而本研究是屬於靜態的實驗室模擬，駕駛者所承受的心智負荷較實際的道路駕駛要來得小，且因為下半身無法移動、靜脈無法回流、造成系統性循環不良、再加上午後疲勞昏睡，進而導致收縮壓*有顯著下降的趨勢。本研究上午時段收縮壓於駕駛前後則沒有顯著差異(中西醫研討會 2006)，出現如此差異本研究認為，上午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，但到了下午時段，身體進入休息昏睡狀態(副交感啟動，見討論(5)及(6))，因此導致收縮壓*顯著下降。(*: P<0.05)

(2).心搏率(Heart Rate)

心搏率(HR)*於駕駛作業後呈現下降趨勢(與上午時段類似)；Zengyong Li(2004,2005)文獻中提到，隨著駕駛時間的增加，駕駛者心搏率(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較為低，故導致心搏率(HR)**有顯著下降的趨勢。(**: P<0.01)

(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，與上午時段類似，但進一步交叉分析發現上午時段 HRV**上升幅度較大(43ms 升至 53ms)(中西醫研討會 2006)，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)；但到了下午時段 HRV*上升幅度趨緩(47ms 升至 54ms)，且上升的貢獻主要來自副交感 HF 及極低頻 VLF；因此本研究認為下午時段受測者已出現駕駛疲勞昏睡的傾向。(*: P<0.05; **: P<0.01)

(4).總功率(Total Power)

總功率(TP)於駕駛任務後有上升的趨勢；TP 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。

(5).交感神經活性指標 LF(AU)&LF(NU)

下午時段駕駛作業後交感神經活性指標 LF(AU)幾乎沒有變化而 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；反觀上午時段 LF(AU)**及 LF(NU)*均

顯著上升，以避免血壓下降(中西醫研討會 2006)。依據此結果下午時段受測者已開始產生駕駛疲勞昏睡的現象，而且身體的恆定狀態較差。(*: P<0.05; **: P<0.01)

(6).副交感神經活性指標 HF(AU)&HF(NU)

駕駛後副交感神經活性指標 HF(AU)輕微上升，HF(NU)*呈顯著上升趨勢；反觀上午時段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(中西醫研討會 2006)，依據此結果本研究認為與(5).結論相同，亦即受測者已開始產生駕駛疲勞昏睡的現象。(*: P<0.05)

(7).極低頻功率 VLF(AU)

極低頻功率 VLF(AU)*駕駛任務後上升(與上午時段相似)(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<0.05)

(8).交感/副交感平衡性指標 LF/HF

LF/HF*顯著下降，這是交感不變副交感增加的結果；反觀上午時段 LF/HF*的顯著上升則是因為交感增加副交感不變的結果(中西醫研討會 2006)。(*: P<0.05)

(9).比值 VLF/HF

比值 VLF/HF 輕微上升(未達統計意義；上午時段則為顯著上升)；進一步分析發現 VLF(AU)*上升程度較 HF(AU)為高，因此造成比值 VLF/HF 上升。(*: P<0.05)

(10).相鄰峰峰間距標準差 RMMSD

RMMSD**顯著上升(與上午時段相似)；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)

(11).手掌表面溫度

左右手掌表面溫度**顯著下降的趨勢(與上午時段相似)，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)

六、結論

本研究結果發現：收縮壓(SYS)*、心搏率(HR)**、心率變異(HRV)*、總功率(TP)*、交感神經活性 LF(NU)*、副交感神經活性 HF(NU)*、極低頻功率 VLF(AU)*、LF/HF*、RMMSD**、左掌溫**、及右掌溫**等生理指標於駕駛後有顯著差異。由上述結果推測，由於 90 分鐘的駕駛，使得受測者下半身靜脈血液迴流不良，且正值下午時段身體並未啟動交感，而是啟動副交感神經進入休息昏睡狀態，增加駕駛意外的風險，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)

七、未來研究與展望

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？另外未來也可考慮晚上時段，比較上午、下午及晚上三個時段生理參數之變化是否有差異？

八、參考文獻

- [1].Anne Helene Garde, Bjarne Laursen, Anker Helms Jorgensen, Bente Rona Jensen, 2002, Effects of Mental and Physical Demands on Heart Rate Variability During Computer Work, *European Journal Applied Physiology*, Vol. 87, pp. 456-461.
- [2].Elmar Mohr, Jan Langbein, Gerd Nurnberg, 2002, Heart Rate Variability-A Noninvasive Approach to Measure Stress in Calves and Cows, *Physiology & Behavior*, Vol. 75, pp.251-259.
- [3].Eva Kaker, Henric Egekvist, Peter Bjerring, 2000, Effect of Sensory Stimulation (Acupuncture) on Sympathetic and Parasympathetic Activities in Healthy Subjects, *Journal of the Autonomic Nervous System*, Vol. 79, pp. 52-59.
- [4].Fumio Kobayashi etc., 2002, Blood Pressure and Heart Rate Variability in Taxi Drivers on Long Duty Schedules, *Journal of Occupational Health*, Vol. 44, pp. 214-220.
- [5].J. Wahlstrom, M. Hagberg, P.W. Johson, J Svensson, D. Rempel, 2002, Influence of Time Pressure and Verbal Provocation on Physiological and Psychological Reactions During Work With a Computer Mouse, *European Journal Applied Physiology*, Vol. 87, pp. 257-263.
- [6].Kun Jiao, Zengyong Li, Ming Chen, Chengtao Wang, Shaohua Qi, 2004, Effect of Different Vibration Frequencies on Heart Rate Variability and Driving Fatigue in Healthy Drivers, *International Arch. Occupational Environment Health*, Vol. 77, pp. 205-212.
- [7].Laurent Fauchier, Dominique Babuty, Marie Laurence Autret, Philippe Poret, Pierre Cosnay, Jean Paul Fauchier, 1998, Influence of Duration and Hour of Recording on Spectral Measurement of Heart Rate Variability, *Journal of the Autonomic Nervous System*, Vol. 73, pp. 1-6.
- [8].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*, Vol. 76, pp. 906-912.
- [9].Li Zeng Yong, Jiao Kun, Chen Ming, Wang Cheng Tao, 2003, Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability of Driver During Simulated Driving, *Chinese Journal of Biomedical Engineering*, Vol. 22, No. 6.
- [10].Nis Hjortskov, Dag Rissen, Anne Katrine Blansted, Nils Fallentin, Ulf Lundberg, Karen Sogaard, 2004, The Effect of Mental Stress on Heart Rate Variability and Blood Pressure During Computer Work, *European Journal Applied Physiology*, Vol. 92, pp. 84-89.
- [11].Pagani M, Lombardi F, Guzzetti S, Rimoldi O, Furlan R, Pizzinelli P, Sandrone G, Malfatto A, 1986, Power Spectral Analysis of Heart Rate and Arterial Pressure Variabilities as a Marker of Sympathovagal Interacton in Men and Conscious Dog, *Circulation Res*, Vol. 58, pp. 178-193.
- [12].Saroj K.L. Lal* , Craig, 2001, A Critical of The Psychophysiology of Driver Fatigue, *Biological Psychology*, 55, pp.173-194.
- [13].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*. 1996; 93: 1043-1065
- [14].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*.
- [15].Zengyong Li, Kun Jiao, Ming Chen, Chengtao Wang, 2003, 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*, Vol. 88, pp. 404-410.
- [16].Zengyong Li, Kun Jiao, Ming Chen, Chengtao Wang, 2004, Reducing the Effects of Driving Fatigue with Magnitopuncture Stimulation, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, pp. 501-505.

