

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

計畫編號：CN9645

以腦波評估提神飲料對疲勞之影響

執行期間：96年1月1日至96年12月31日

整合型計畫

個別型計畫

計畫總主持人：

計畫主持人：鄭世岳

子計畫主持人：

中華民國九十七年三月三十一日

以腦波評估提神飲料對疲勞之影響

摘要

疲勞不但影響人體健康亦增加意外事故的發生的機率，尤其是系統對人員之要求較高之作業，如在高速公路駕車或從事危險性機械操作，若人員因疲勞而降低對系統變化之偵測及反應能力，將導致事故之發生。從神經學的觀點來探討疲勞，發現人在疲勞狀態，大腦對執行刺激-反應之能力降低。由人類腦波(Electroencephalogram; EEG)可得知其意識活動之高低，藉以評估其精神狀態。本研究以 18 至 22 歲之學生為受測者，在其接受睡眠剝奪後飲用咖啡等提神飲料，再進行腦波測試，並量測其心跳、血壓，實驗結果發現，飲用咖啡後除心跳達統計上顯著差異(變慢)，血壓變化並未達統計上之顯著差異，由心跳、血壓之變化不易看出提神效果。飲用咖啡後大腦額葉(F3-F4)之 δ 、 θ 、 α 等低頻腦波振幅顯著降低(達統計上之顯著性)，額葉-頂葉中央及中心葉(Fz-Pz and Cz-Gnd)之 δ 、 θ 、 α 波振幅亦有降低，額葉-頂葉中央及枕葉 (Fz-Pz & O1-O2)之 β_2 波振幅增加，尤其是枕葉部位增加量接近統計上之顯著性。枕葉(O1-O2)屬視覺區，其腦波振幅在飲用咖啡後皆有增加，表示其清醒度增加，由前述之腦波變化顯示精神狀態有顯著改善，表示咖啡有顯著之提神效果。本次飲用咖啡之咖啡因未加以定量，所以未能評估飲用不同劑量之咖啡與腦波變化量之相關性，後續研究擬對飲用一定劑量咖啡因與生理指標做相關性之探討。

關鍵詞：疲勞、睡眠剝奪、腦波、提神飲料

一、研究動機與目的

工商發達的社會，競爭激烈工作壓力大，過勞死之案例時有所聞，疲勞不但影響人體健康亦增加意外事故的發生的機率，尤其是系統對人員之要求較高之作業，若人員因疲勞而降低對系統變化之偵測及反應能力，將導致事故之發生。在國內十大死因之一——車禍，已有許多研究支持睡眠缺乏所引起之疲勞和車禍的發生有直接或間接的關係(Connor et al., 2002; Horne & Reyner, 1999; Sagberg, 1999; Stutts et al., 2003)。在台灣許多長途駕駛之司機為了消除疲勞，飲用咖啡、維士比等提神飲料來消除疲勞。但提神飲料是否真能消除疲勞，消除疲勞的效果如何，不能單從自覺症狀來評斷，需藉由客觀、準確的科學量測方法來加以量化。EEG(Electroencephalogram)意思為電的腦部圖像，簡稱腦波圖。EEG 是由頭皮表面電極紀錄得到，其成分相當複雜，看起來是連續而不規則的電位波動，由人類腦波圖譜(Electroencephalogram)可得知其意識活動之高低，藉以評估其精神狀態，人在疲勞的時候其意識活動較為遲緩，其腦波型態出現慢波成分居多，更具體而言，在降低警覺下，低頻 alpha 及 theta 波活動增加，可能反映在大腦皮質活動之減少，因此 alpha 及 theta 振幅的大小，可提供受測者感受疲勞水準之適當的指標。本研究之目的在於探討受睡眠剝奪致疲勞後，飲用咖啡等提神飲料後之提神效果，藉由心跳、血壓及腦波測試來量化評估疲勞程度，藉以評估咖啡等提神飲料對消除疲勞之效果。

二、文獻回顧與探討

有多位學者(Gevins et al., 1997; Matousek et al., 1983; Makeig et al., 1995)指出疲勞時會增加 Diffuse θ 波，此外，在利用 EEG 來量測警覺程度(Alertness)的研究中，發現當受測者在疲倦想睡的情形下，其 α Power 有增加的情形(Makeig et al., 1995)。Corsi-Cabrera et al.(1996)發現睡眠剝奪會使得 C3、C4 上整體的 EEG power 增加，藉以評估疲倦想睡之程度。

Reyner & Horne (2002)研究 "Functional Energy Drink"(含咖啡因之提神飲料)對於疲勞駕駛者之影響，飲用"Functional Energy Drink"之受測者，在接受限制五小時之睡眠條件後，分別進行飲用"Functional Energy Drink"者與不飲用者之腦波測試，發現飲用"Functional Energy Drink"之受測者之模擬駕車碰撞次數較低，腦波圖譜 $\alpha + \theta$ Power 亦顯著降低，顯示其意識水準較高。

依日本橋本邦衛教授之研究指出，人類大腦之意識水準可以分為五階段(如表一)，然在日常的正規作業，大部份均處在水準 II(正常而鬆弛狀態)，就人因工程觀點宜使大腦之意識水準維持 II 階段，才不會

發生人為失誤，但在非正規作業時宜將其轉換為水準Ⅲ(正常而清楚狀態)。若β波為優勢波時人可靠度最高，此時人之生理狀態處於積極活動。若α波甚至θ波為優勢波時其意識水準低落，人可靠度明顯下降。

表一 意識水準和人可靠度之關係(橋本邦衛)

水準	腦波形狀	意識狀態	注意作用	生理狀態	人可靠度(信賴度)
0	δ波	無意識失神	零	睡眠腦發作	0
I	θ波	下意識 Sub-normal	不注意	疲勞，單調 嗜睡，醉酒	< 0.9
II	α波	正常 normal 鬆弛 relaxed	心向內 Passive	起居安靜、休憩 正常作業時	0.99~0.999999
III	β波	正常 normal 清醒 clear	注意向前 active	積極活動時	> 0.999999
IV	β波或 紡錘波	過度緊張 Hyper-normal	凝集1點 停止判斷	感情興奮時 緊急防衛反應	< 0.9

Scheffers 等人在 1999 年之研究發現於夜晚持續醒著不睡，偵測錯誤的能力會隨著醒著時間增長而變差，同時錯誤率隨時間增長而增高。其研究發現睡眠剝奪者在執行偵測能力(以事件關聯負波ERN表示)測試時，其腦波ERN振幅顯著小於未受睡眠剝奪者，表示偵錯能力高低可藉由腦波事件關聯電位之ERN振幅大小看出。不管心智條件的低下是由於受睡眠剝奪或其他外在因素所致，腦波事件關聯電位之分析評估與量化偵錯能力之心智條件有強烈之相關性。

三、研究方法與步驟

為評估疲勞後飲用提神飲料之提神效果，本研究以咖啡為測試樣品，使受測者進行睡眠剝奪致疲勞後飲用 250 CC 之罐裝咖啡，在飲用咖啡前、後進行心跳、血壓及腦波量測，實驗進行步驟(參閱圖一)如下：

1.徵求並篩選受測對象

徵求並篩選無腦部外傷或腦部疾病之視力正常或矯正後正常之自願受測者，進行實驗測試，並付給每人每次 500 元之禮卷為酬勞費，共計有 15 位受測者參與本實驗。

2.睡眠剝奪

實驗參與者在經歷連續 24 小時不睡覺之睡眠剝奪後進行本實驗，睡眠剝奪期間須從實驗前一天晚間十一時至隔天早上七時，紀錄史丹佛睏睡量表(Stanford Sleepiness Scale)，本量表含七組睏睡狀態不同層次的描述詞，1 為清醒，7 為睏睡。此量表用於睡眠剝奪時，實驗參與者每小時評估其睏睡程度之用，以了解其在睡眠剝奪過程中主觀睏睡度的變化。

3.腦波測定

受測者飲用事先準備之 250 CC 之罐裝咖啡後 15 分鐘，以血壓計量測心跳、血壓，同時以電生理設備(腦波儀)(圖二~四)進行腦波量測。

腦波測定之程序如下：

(1)電極及受測者頭皮處理

頭皮分泌油脂，增加與電極間之電阻，記錄會受到干擾。要得到優質的腦波記錄，須要將頭皮處理好。要受試者在記錄前一天將頭洗乾淨，不要塗抹髮油或噴髮膠。要黏貼電極的位置，以酒精或丙酮清潔，再用棉棒沾磨砂膏揉擦去除油脂及角質。檢查電極表面是否乾淨，連接點是否鬆動，保護膠皮有無破損。以黏漿覆蓋電極並壓緊黏貼於頭皮上或臉部(眼四周)，並固定之。將電極(帽)另一端插入電極連接盒的對應插孔。以注射筒由電極帽上之各電極注入孔一一灌注導電膠，測量各電極之阻抗(impedance)，使阻抗在 1-5kΩ之間。

(2)決定記錄時的相關參數

放大器的頻率過濾(frequency filtering)，放大器另一個重要功能是過濾訊號。一般過濾的範圍是 0.1 到 30Hz，並使用 notch filter 選擇性的過濾 60Hz 的訊號(非生物訊號)。

(3)類比轉換數位的取樣率(sampling rate)

取樣率要能真確反映資料乃根據 Nyquist 標準，取樣率必須至少是訊號中最高頻率的兩倍大，本研究以 400Hz 為取樣頻率。

(4)腦波訊號處理

去除 artifacts(眼動、心跳、肌肉活動、阻斷、線路頻率 60Hz 雜訊)。根據實驗的設計將相關嘗試(trials)合併。將每位受試者的腦波平均，資

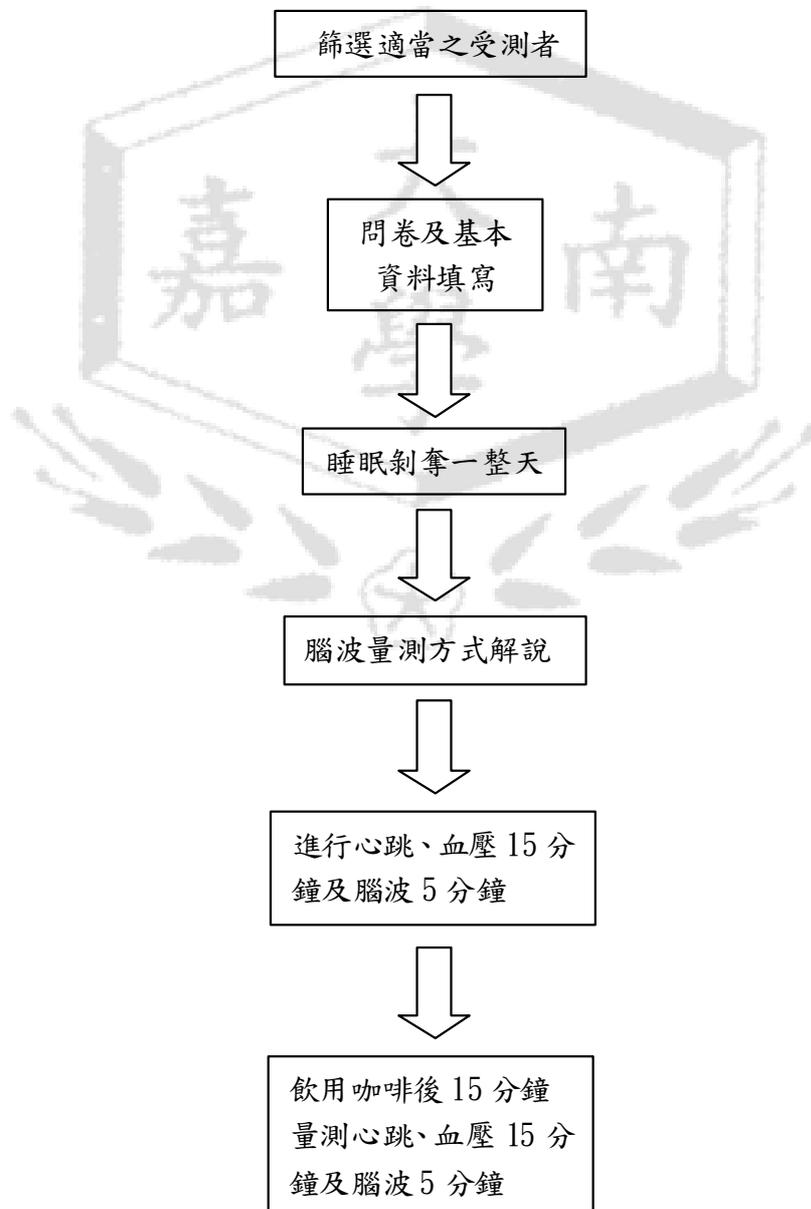
料常態化(normalization)、重新參照(re-reference)、濾波(filter)、檢視波形與進行統計分析。

4. 腦波頻譜分析

量測腦波經由 Power Lab 5.2 for Window 軟體紀錄及分析腦波，以 1~30Hz 帶通濾波(Band pass filter)進行腦波雜訊濾除。以內建傅立葉轉換(Fast Fourier Transform; FFT)功能將腦波紀錄轉換為腦波振幅頻譜(EEG spectrum)。

5. 疲勞程度分析

以 Office 2003 Excel 軟體進行統計分析，以 t 檢定(成對母體平均數差異檢定)進行心跳、血壓及腦波差異分析。



圖一 實驗進行流程



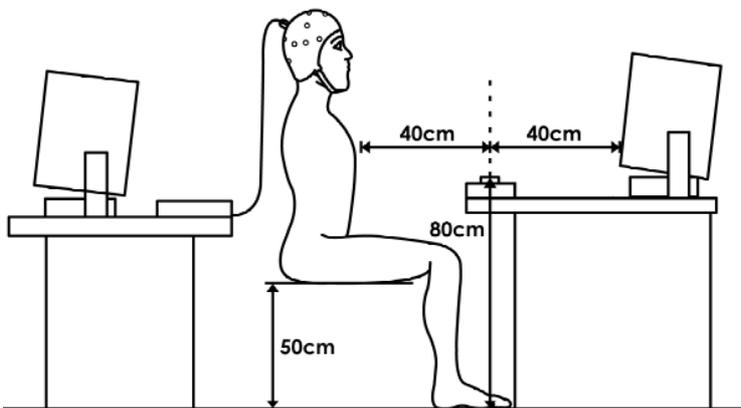
圖二 國際標準 10/20 電極帽



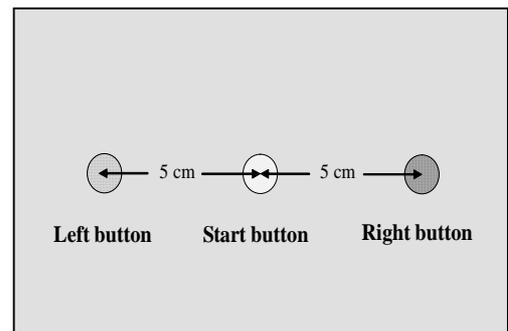
圖三 電極帽佩帶情形



圖四 ADInstruments – PowerLab 電生理信號量測儀



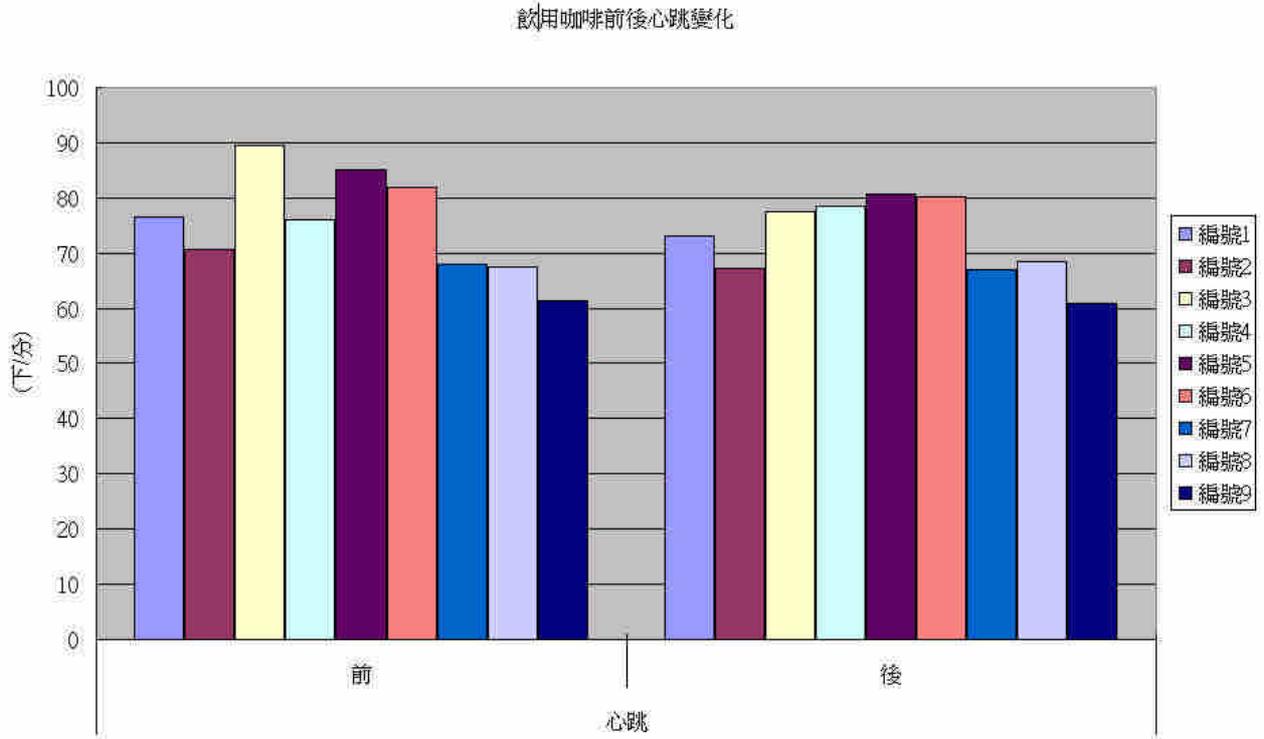
圖五 測試設備配置圖



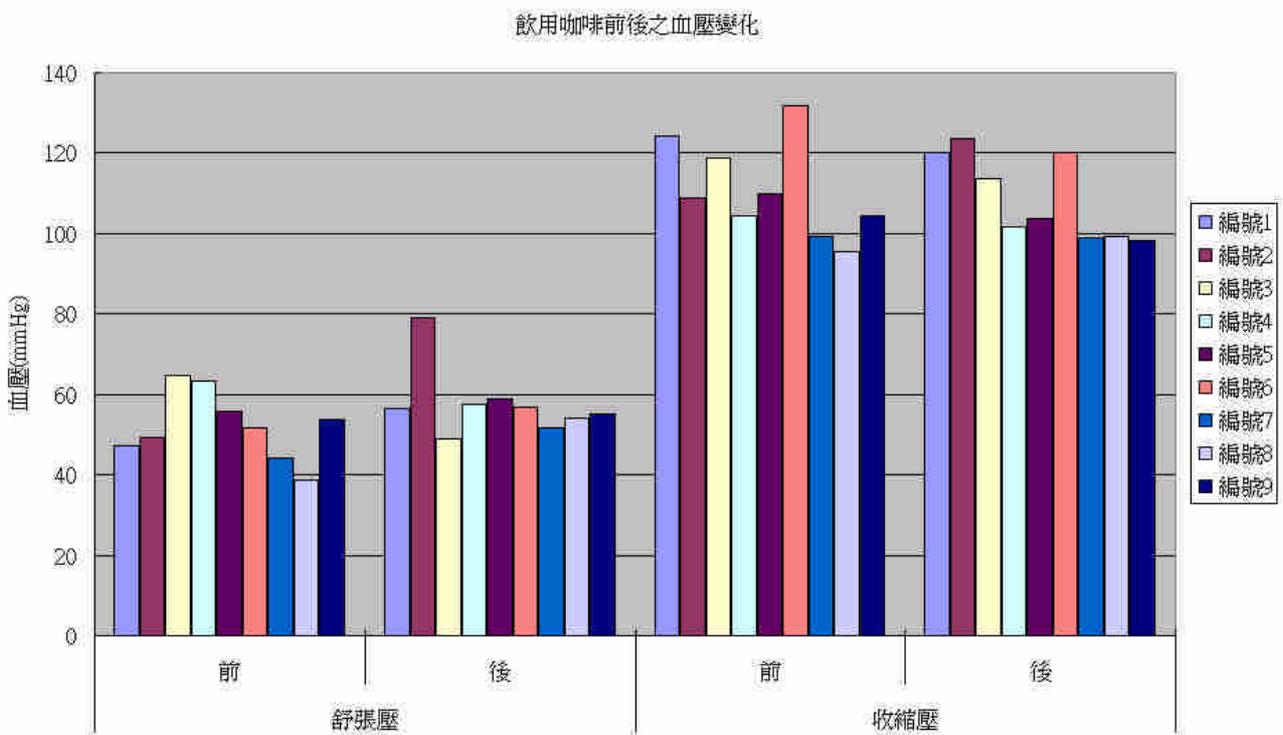
圖六 測試盒控制鈕示意圖

四、結果

(一)心跳與血壓量測



圖七 飲用咖啡前後心跳變化



圖八 飲用咖啡前後血壓變化

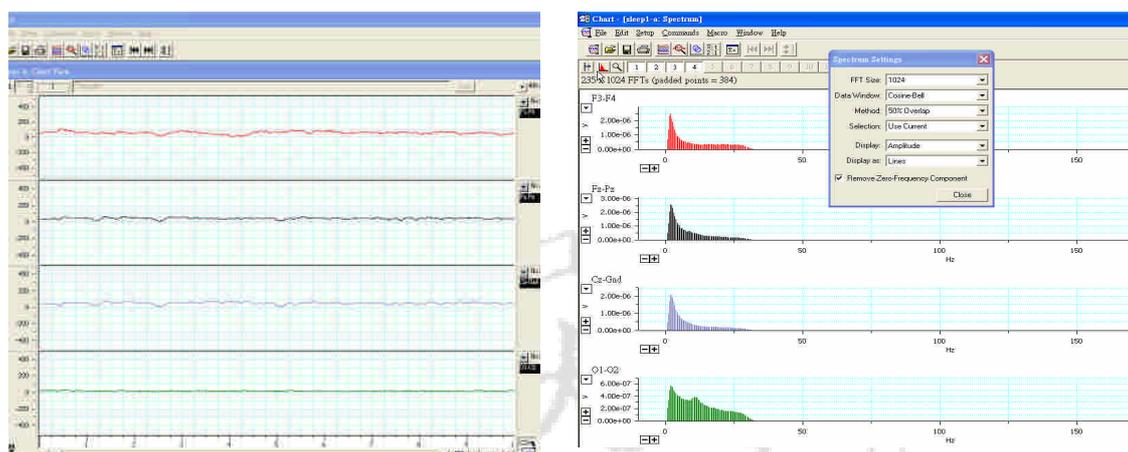
表二 一天睡眠剝奪後飲用咖啡前後之心跳、血壓變化及 T 檢定結果

編號	心跳			舒張壓			收縮壓		
	前	後	差異	前	後	差異	前	後	差異
1	76.6	73.2	-3.4	47.2	56.4	9.2	124.4	120	-4.4
2	70.6	67.2	-3.4	49.2	79.2	30	108.8	123.4	14.6
3	89.6	77.4	-12.2	64.8	48.8	-16	118.8	113.6	-5.2
4	76	78.6	2.6	63.2	57.6	-5.6	104.4	101.6	-2.8
5	85.2	80.6	-4.6	55.8	59	3.2	109.8	103.8	-6
6	82	80.2	-1.8	51.6	56.8	5.2	131.8	120	-11.8
7	68	67	-1	44	51.6	7.6	99.2	98.8	-0.4
8	67.6	68.4	0.8	38.8	54	15.2	95.6	99.2	3.6
9	61.4	60.8	-0.6	53.6	55.2	1.6	104.4	98.4	-6
平均	75.2	72.6	-2.6	52.0	57.6	5.6	110.8	108.8	-2
T-test 之 P-Value	0.050*			0.113			0.220		

1. *表示有統計上之顯著差異($P < 0.05$)。
2. 紅色表示減少，藍色表示增加。

(二)腦波紀錄及分析

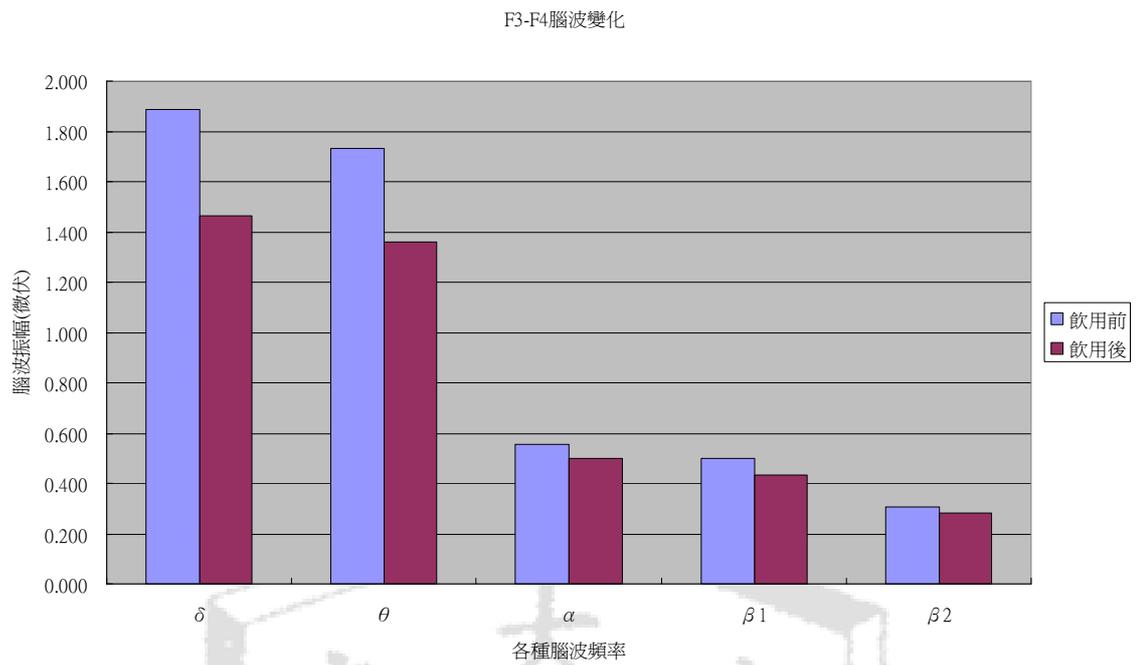
- 1.腦波測定紀錄存檔。
- 2.以 1~30Hz 帶通濾波(Band pass filter)進行腦波雜訊濾除。
- 3.將腦波時間(time domain)域變化轉換為頻率域(frequency domain)變化。
- 4.將腦波頻譜轉成數位檔。
- 5.以 t 檢定(成對母體平均數差異檢定)進行腦波差異分析。



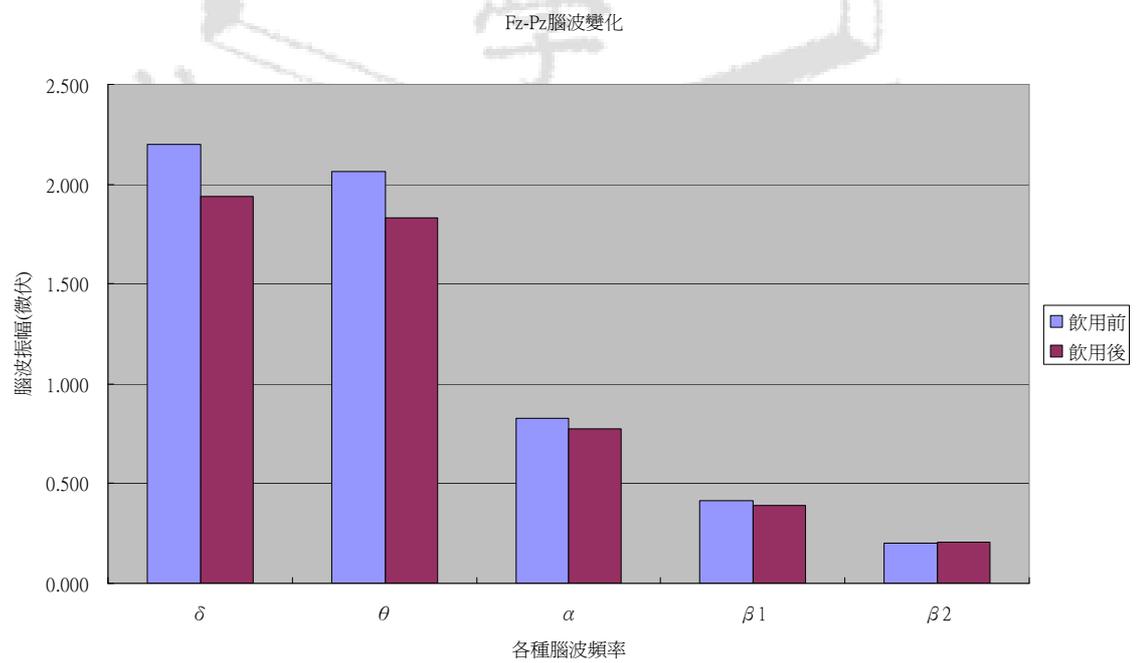
a. 腦波時間域(time domain)變化

b. 腦波頻率域(frequency domain)變化

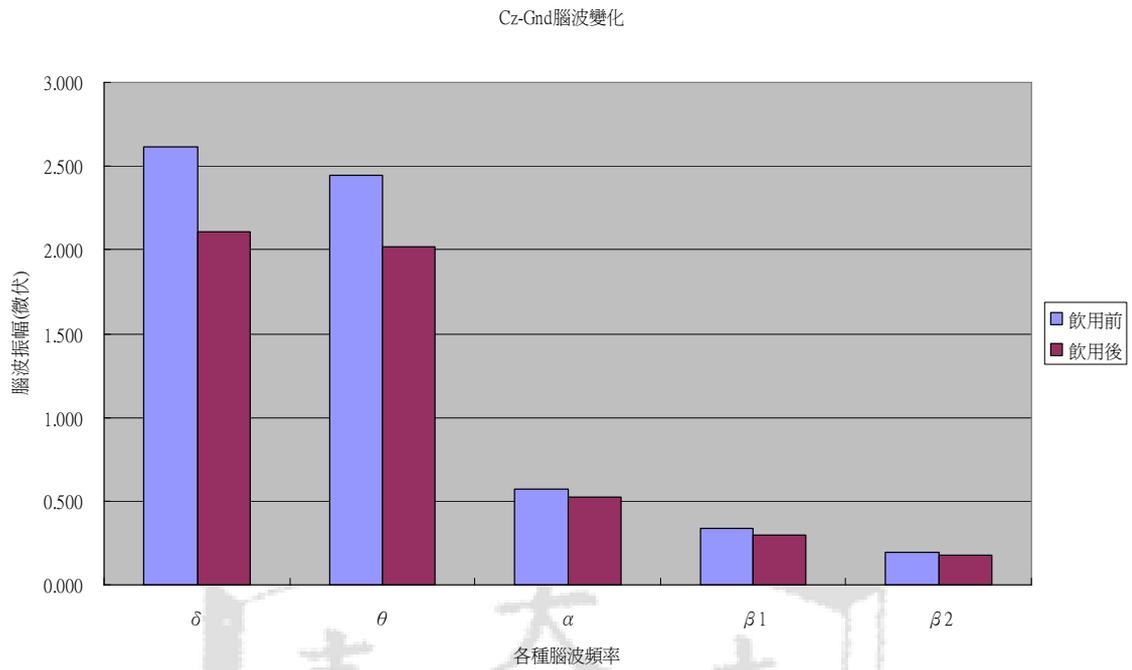
圖九 腦波頻譜分析。a.原始腦波紀錄 b.經頻譜分析之腦波振幅頻帶(0~30Hz)



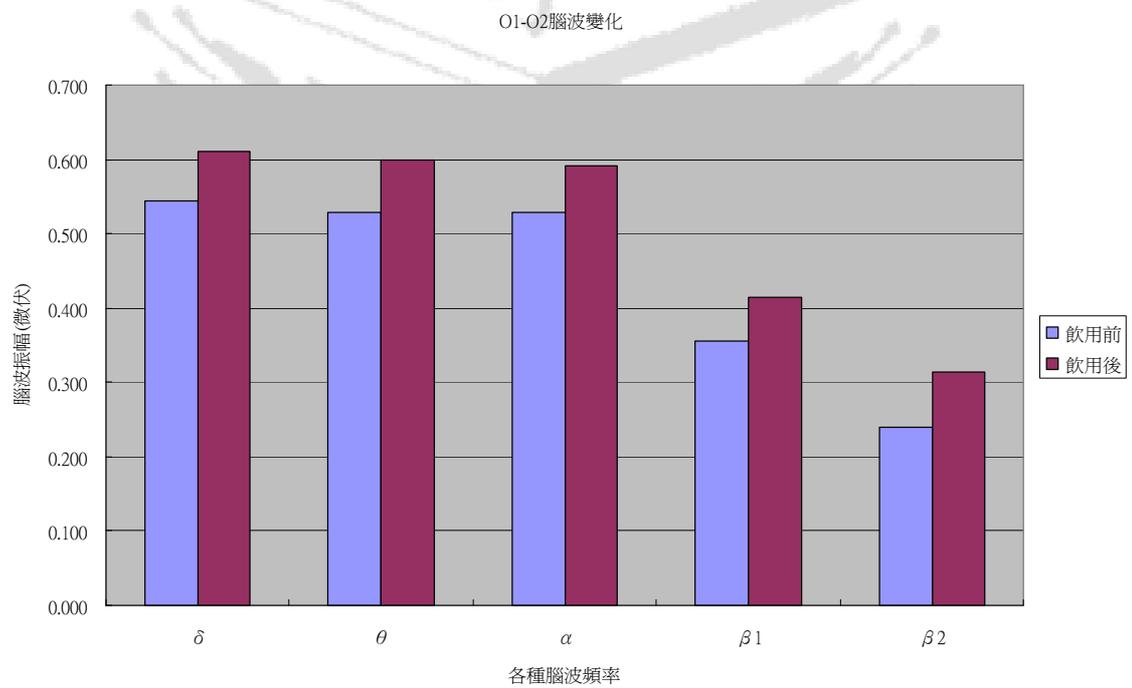
圖十 飲用咖啡前後 F3-F4 之腦波振幅變化



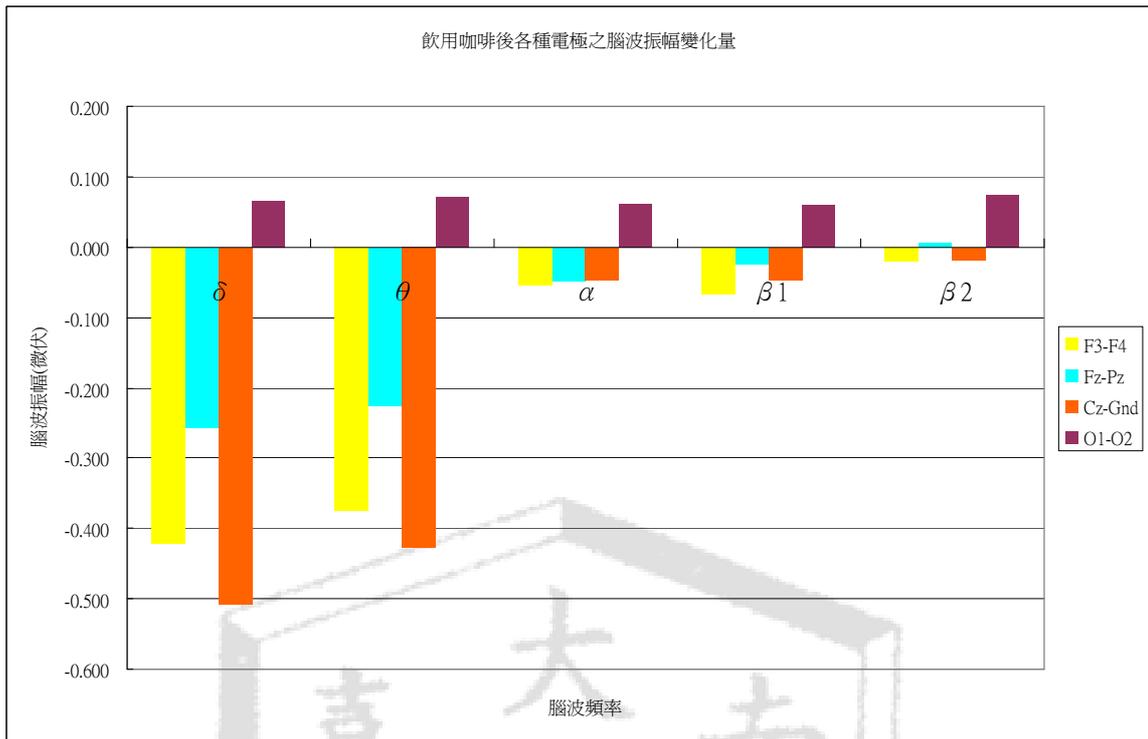
圖十一 飲用咖啡前後 Fz-Pz 之腦波振幅變化



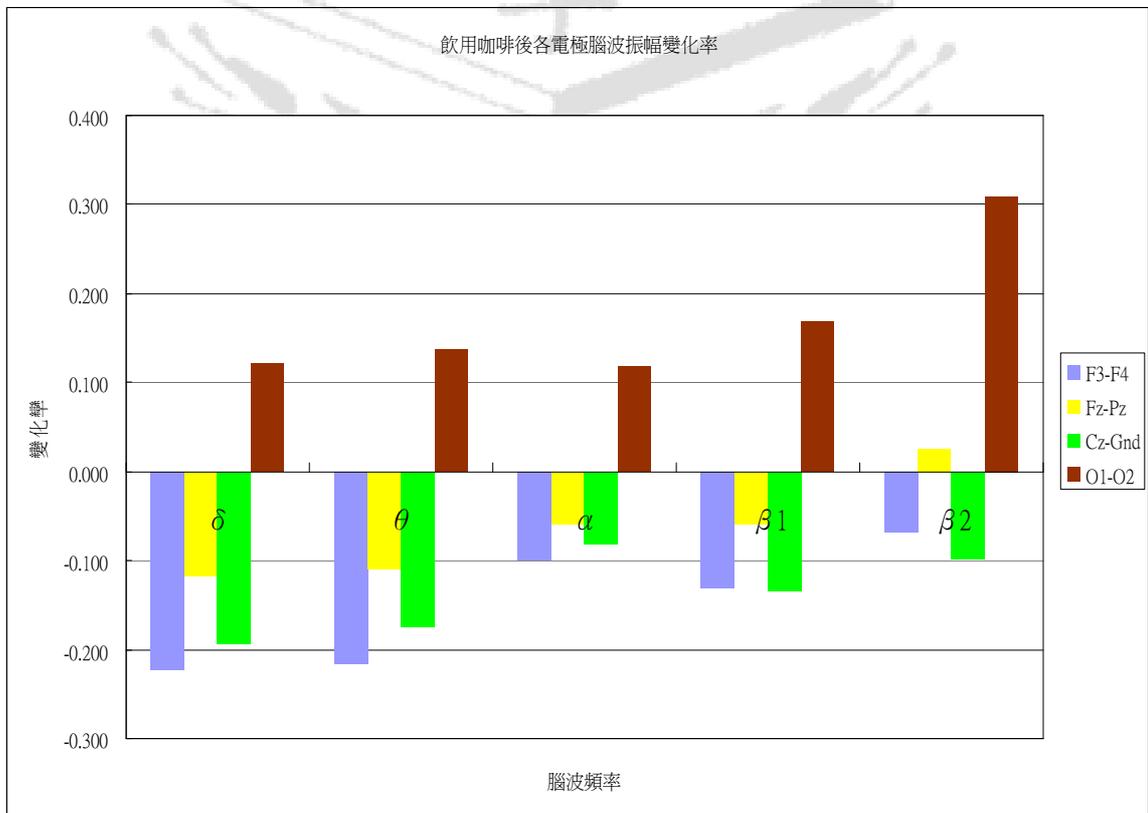
圖十二 飲用咖啡前後 Cz-Gnd 之腦波振幅變化



圖十三 飲用咖啡前後 O1-O2 之腦波振幅變化



圖十四 飲用咖啡後各電極之腦波振幅變化量



圖十五 飲用咖啡後各電極之腦波振幅變化率

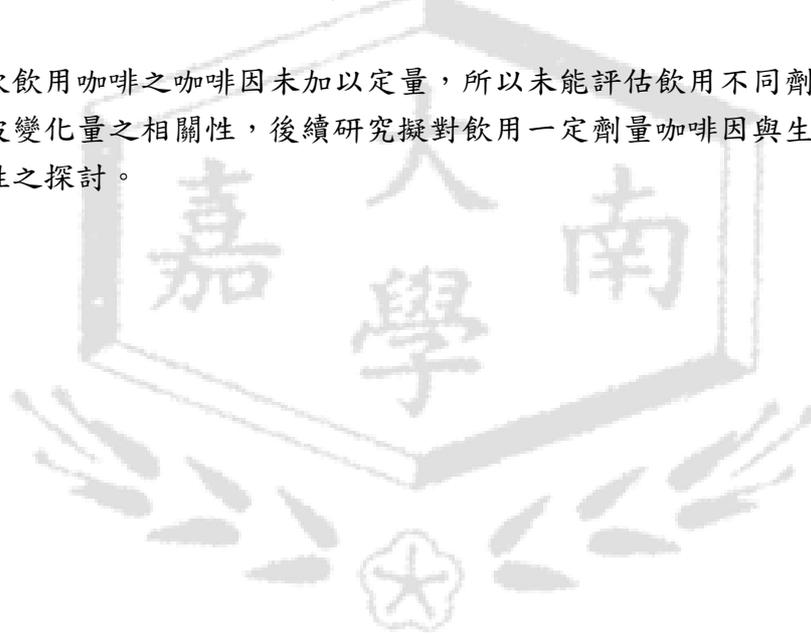
表三 一天睡眠剝奪後飲用咖啡前後之腦波頻率變化及 T 檢定結果

測試 頻率	飲用咖啡前之腦波振幅(μV)				飲用咖啡後之腦波振幅(μV)				腦波振幅變化(μV)				T-test 之 P-Value			
	F3-F4	Fz-Pz	Cz-Gnd	O1-O2	F3-F4	Fz-Pz	Cz-Gnd	O1-O2	F3-F4	Fz-Pz	Cz-Gnd	O1-O2	F3-F4	Fz-Pz	Cz-Gnd	O1-O2
δ (0.4~4Hz)	1.887	2.197	2.612	0.544	1.464	1.940	2.106	0.611	-0.422	-0.257	-0.507	0.066	0.00498*	0.20146	0.11299	0.28256
θ (4~8Hz)	1.733	2.061	2.445	0.528	1.358	1.834	2.017	0.600	-0.375	-0.226	-0.428	0.072	0.01040*	0.22984	0.14850	0.26478
α (8~14Hz)	0.555	0.825	0.572	0.529	0.500	0.776	0.524	0.592	-0.055	-0.049	-0.047	0.062	0.02529*	0.13630	0.01750*	0.17316
β1 (14~20Hz)	0.501	0.416	0.341	0.355	0.435	0.390	0.295	0.415	-0.066	-0.025	-0.046	0.060	0.13118	0.11997	0.00382*	0.12461
β2 (20~30Hz)	0.304	0.199	0.193	0.239	0.283	0.204	0.174	0.313	-0.021	0.005	-0.019	0.074	0.29381	0.31726	0.09769	0.05687

1. *表示有統計上之顯著差異(P<0.05)。
2. 紅色表示腦波振幅減少，藍色表示腦波振幅增加。
3. 飲用咖啡後大腦額葉(F3-F4)之δ、θ、α等低頻腦波振幅顯著降低，枕葉腦波振幅有增加之現象，雖未達統計上之顯著性，但由前述之腦波變化顯示精神狀態有顯著改善，表示咖啡有顯著之提神效果。

五、結論

1. 飲用咖啡後除心跳達統計上顯著差異(變慢)，血壓變化並未達統計上之顯著差異，由心跳、血壓之變化不易看出提神效果。
2. 飲用咖啡後大腦額葉(F3-F4)之 δ 、 θ 、 α 等低頻腦波振幅顯著降低(達統計上之顯著性)。
3. 額葉-頂葉中央及中心葉(Fz-Pz & Cz-Gnd)之 δ 、 θ 、 α 波振幅亦有降低。
4. 額葉-頂葉中央及枕葉 (Fz-Pz & O1-O2)之 $\beta 2$ 波振幅增加，尤其是枕葉部分增加量接近統計上之顯著性。
5. 枕葉(O1-O2)屬視覺區，其腦波振幅在飲用咖啡後皆有增加，表示其清醒度增加。
6. 由前述之腦波變化顯示精神狀態有顯著改善，表示咖啡有顯著之提神效果。
7. 本次飲用咖啡之咖啡因未加以定量，所以未能評估飲用不同劑量之咖啡與腦波變化量之相關性，後續研究擬對飲用一定劑量咖啡因與生理指標做相關性之探討。



參考文獻

1. 中文部分

- (1) 陳耀茂，可靠性法與應用，台北市，雙葉書廊。
- (2) 洪蘭、曾志朗譯(B. J. Underwood, J. J. Shaughnessy 著)，心理學實驗研究法，台北市，遠流出版社。
- (3) 洪蘭，發展的認知神經科學，台北市，信宜基金出版社，2001。
- (4) 楊鴻裕，睡眠剝奪對錯誤知覺反應的影響，碩士論文，中正大學心理研究所，2004。
- (5) 陳巧雲，以檢視腦波型態探討衝動性暴力行為與大腦抑制機制，碩士論文，中正大學犯罪防治研究所，2004。
- (6) 林昱廷，EEG 於心理工作壓力量測之評估研究，碩士論文，清華大學工業工程與工程管理系，2002。

2. 外文部分

- (1) Barrett, E., The Use of Anticonvulsants in Aggression and Violence, *Bulletin*, 29(1), 75-81,1993.
- (2) Cerezuela, Gemma Pastor, Tejero, Pilar, Choliz, Mariano, Wertheim's hypothesis on 'highway hypnosis': empirical evidence from a study on motorway and conventional road driving. *Accident analysis and prevention* 36, pp. 1045-1054, 2004.
- (3) Connor, J., Norton, R., Ameratunga, S., Robinson, E., Civil, I., Dunn, R., Bailey, J., & Jackson, R., Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: population based case control study. *British Medical Journal*, 324, 1125, 2002.
- (4) Flor-Henry P, Lang RA, Koles ZJ, Frenzel RR : Quantitative EEG studies of pedophilia. *Int. J. Psychophysical* 10, 253-258,1991.
- (5) Frost, R. O., Burish, T. G., and Holmes, D. S., Stress and EEG-Alpha, *Psychophysiology*, 15(5), pp. 394-397, 1978.
- (6) Greenwood, M. and Woods, H M., The Incidence of Industrial Accident upon Individuals with Special Reference to Multiple Accident, Medical Research Committee, Industrial Fatigue Research Board, Report No. 4, HMSO, London, 1919.
- (7) Hagen, E. W. (Ed.), *Human Reliability Analysis, Nuclear Safety*. 17, 315-326, 1976.
- (8) Horne, J., & Reyner, H., Vehicle accidents related to sleep: a review. *Occupational and Environmental Medicine*, 56, 289-294, 1999.
- (9) Christensen, J. M., Howard, J. M. and Stevens, B. S., Field Experience in Maintenance, in *Human Detection and Diagnosis of System Failures* (edited by J. Rasmussen and W. B. Rouse), pp111-133, Plenum Press, New York, 1981.

- (10) Kok, A., Effects of Degradation of Visual Stimuli on Components of the Event-Related-Potentials (ERP) in Go/Nogo Reaction Tasks, *Biological psychology*, 23, 21-38, 1986.
- (11) Marc R. Nuwer, Quantitative EEG: I. Techniques and Problem of Frequency Analysis and Topographic Mapping, *Journal of Clinical Neurophysiology*, 5(1): pp.1-43, 1988.
- (12) Patrick D. T. O'Connor, Quantifying Uncertainty in Reliability and Safety Studies, *Microelectron Reliability*, vol. 35, Nos 9-10, pp. 1347-1356, 1995.
- (13) Ricardo D. Blasco, Jose M. Prieto, Jose M. Cornejo, Accident Probability after Accident Occurrence, *Safety Science*, 41, pp 481-501, 2003.
- (14) Sagberg, F., Road accidents caused by drivers falling asleep. *Accident Analysis & Prevention*, 31, 639-649, 1999.
- (15) Scheffer MK., Coles MGH, Bernsein P, Gehring WJ, and Donchin E, Event-Related Processing during a Period of Extended Wakefulness, *Psychophysiology*, 36, 149-157, 1999.
- (16) Shaw, L. and Sichel, H. S., *Accident Proneness*, Pergamon Press, Oxford.
- (17) Salminen, Simo and Heiskanen, Markku, Correlation between Traffic, Occupational, Sports and Home Accidents, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 29, No 1, pp 33-36, 1997.
- (18) Stutts, J. C., Wilkins, J. W., Osberg, J. S., & Vaughn, B. V., Driver risk factors for sleep-related crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 321-331, 2003.
- (19) V. Gerdes, HRA Techniques: A Selection Matrix, *Microelectron Reliability*, vol. 35, Nos 9-10, pp. 1215-1231, 1995.