

量測在清醒狀態下的腦波值評估睡眠品質

陳金鈴
朝陽科技大學資訊工程系
教授
clc@cyut.edu.tw

黃傑霖
朝陽科技大學資訊工程系
研究生
wmw0127@gmail.com

唐詠雯
中山醫學大學物理治療學系
助理教授
tangyw@csmu.edu.tw

中文摘要

失眠已成為現代人嚴重的健康問題，不管是壯年或是老年人，甚至是青少年都有失眠症狀逐漸增多的趨勢。

Polysomnography(PSG)是睡眠品質偵測的一項工具，但由於需要到特定醫療院所做診斷，在數據的擷取需要花費的時間很長，因此本研究希望透過較方便且快速又簡便的偵測，達到評估睡眠品質的效果。

本研究發現使用一個簡單的量測方法也可以測得出一個可靠的睡眠品質數據，藉以幫助想要隨時了解自身睡眠品質狀況而且又不想耗費大量時間做睡眠品質偵測的使用者，經由本實驗證實其偵測到的睡眠品質分數與傳統測量結果並無太大差異。

關鍵詞：腦波、失眠、睡眠品質、PSQI

Abstract

Insomnia has become a serious health problems for humans. It is not only a problem of middle age or older. Especially for teenagers also have gradually increased the symptoms of insomnia.

Polysomnography (PSG) is a tool to detect the sleep quality. However, it needs to make the particular diagnosis in hospitals, and retrieve the data would take a long time. In this study, we hope our proposed method can provide more conveniently, quickly and easily to detect the sleep quality.

This study found that the use of a simple measuring method can also find a reliable measure of sleep quality data. In order to help those who want to realize their sleep quality conditions and the users need not to spend a lot of time to detect the sleep quality. We can find that the sleep quality score there are not many differences with traditional measurement.

Keywords : EEG, Insomnia, Sleep Quality, PSQI

1. 引言

睡眠對大多數的人來說是一個再自然不過的事情，但對失眠患者來說，得到一個良好的睡眠品質卻是一件可遇而不可求的事情。失眠不僅反映了夜間的睡眠品質，也會對生理、情緒、專注度等產生影響。而造成失眠的原因有很多種，諸如疾病、心理因素、藥物、食品等[1]都有可能引起失眠的症狀。

目前傳統偵測睡眠品質最快速又簡單的方式是透過 Buysse 等人[2]所發布之匹茲堡睡眠品質量表(Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI)，但又有學者認為光用 PSQI 問卷診斷睡眠品質太過於主觀，因其問卷內容都是依照受測者所認為的去回答並不能以客觀的方式來為睡眠品質做評分，因此用睡眠多項生理檢查(PSG)[3]加以輔助所輸出睡眠品質的客觀性，而 Spiegelhalder 學者[4]與 Kushida 學者[5]針對偵測睡眠品質的方法是透過 PSG 做睡眠品質的偵測，而 Aloba 等學者[6]是使用 PSQI 做為他們研究中對睡眠品質偵測上的依據。其中 PSG 更是做睡眠品質偵測的一項重要指標。

在林慧慈學者[7]的研究報告中所提到在清醒時其失眠患者會有較高的 Theta 波，正常者則在 Delta 波方面是多於失眠患者[8, 9]，而 Freedman 與 Sattler 學者[10, 11]在研究的結論中也提出失眠患者在入睡時比正常睡眠者有較多的 Beta 波與較少的 Alpha 波。

PSG 可以測得的數據種類有很多例如：Electroencephalogram (EEG)、Electrooculogram (EOG)、Electromyogram (EMG)、Electrocardiogram (ECG)等，其中又以量化腦波(EEG)最常被使用，根據這些數據藉以判別受測者的睡眠狀況，但做這些資料收集不只所需的時間太過冗長，更要配戴許多的感測儀器。

Perlis 等人[12]測得失眠患者在睡前有較高的高頻率腦波活動，可能反映出失眠患者睡

眠時在認知運作的過度活躍，我們通常稱之皮質激發(cortical arousal)，而皮質激發可能是遭遇短暫壓力所引發的，但是時間一長神經系統將會受到過度激發，所造成的結果則是失眠患者在睡眠過程中對知覺與訊息過度處理，便會使他們開始出現難以入睡或時常醒來。

因此本研究希望提供針對受測者在睡前的狀態下能透過一個簡易的腦波儀藉以測得出一個可靠的睡眠品質數據，不必再經過整晚的測量以及帶上一大堆連接設備進行睡眠品質監測。

2. 方法

2.1. 問卷評估

本實驗問卷以 Buysse 等人所發布之匹茲堡睡眠品質量表(PSQI)為參考範例，其 PSQI 總分 5 分或 5 分以上則被認為有失眠症狀，其問卷內容主要是回顧受測者上個月的睡眠概況，其中包含 7 個要素[2]：

- (1)睡眠品質：個人覺得自己過去一個月的睡眠品質的滿意度。計分方式：非常滿意(0 分)、尚可(1 分)、不滿意(2 分)、非常不滿意(3 分)。
- (2)睡眠潛伏期：指個人過去一個月，在就寢後需要多少時間才能真正入睡。計分方式：A 題無法在 30 分鐘入睡，分數計算：從來沒有(0 分)、一週少於一次(1 分)、一週一次或兩次(2 分)、一週超過三次以上(3 分)。
B 題上床後通常多久可以睡著，分數計算：≤15 分鐘(0 分)、16~30 分鐘(1 分)、31~60 分鐘(2 分)、>60 分鐘(3 分)。
A 題分數與 B 題分數相加後給予標準配分(0 分=0 分；1~2 分=1 分；3~4 分=2 分；5~6 分=3 分)，如 A 題 2 分 B 題 1 分 2+1=3 經過標準配分，則睡眠潛伏期得分為 2 分。
- (3)睡眠時數：指過去一個月平均每晚的實際睡眠時數。計分方式：>7 小時(0 分)、6~7 小時(1 分)、5~6 小時(2 分)、<5 小時(3 分)。
- (4)睡眠效率：計算方式是真正入睡時間除以就寢至醒來間，躺在床上的時間所得到數值即為睡眠效率。計分方式：≥85%(0 分)、75%~84%(1 分)、65%~74%(2 分)、<65%(3 分)。

(5)睡眠困擾：指過去一個月會干擾個人睡眠頻率的生理因素，包含：起床上廁所、呼吸不順、咳嗽、打鼾、覺得身體過冷或過熱、做惡夢、不知名疼痛及其他因素。計分方式：以上項目總合給予標準配分(0 項=0 分、1~9 項=1 分、10~18 項=2 分、19~27 項=3 分)。

(6)安眠藥物使用：是指過去一個月使用個人處方或非處方藥物幫助睡眠。計分方式：從來沒有(0 分)、一週少於一次(1 分)、一週一次或兩次(2 分)、一週超過三次以上(3 分)。

(7)白天功能運作：是指過去一個月是否在日常生活習慣無法保持清醒與平常無法保持熱心態度處理事情。計分方式：需把兩個問題加總，從來沒有(0 分)、一週少於一次(1 分)、一週一次或兩次(2 分)、一週超過三次以上(3 分)。

2.2. 測量儀器

本研究所使用之測量腦波訊號儀器是由神念科技(NeuroSky)[13]所開發的一款名叫腦立方移動版(Mindwave Mobile)的腦波儀器，其可通過放置在頭皮上的感測器，測量到大腦神經元所發出的生物電信號的模式和頻率，感測器位在 F_{pz} 的位置上，在通過 NeuroSkyThinkGear 感測器技術採集腦部模擬電信號，即我們通常所說的腦電波，然後將類比信號轉換為數位信號，從而使各種應用可以利用這些參數進行交互控制其可接收到的訊號包含：Alpha、Beta、Theta 和 Delta 波，將這些訊號使用 C#撰寫的演算法程式加以運算。

下表 1[14]描述了腦電波的頻段劃分以及不同類型腦電波所反映出的腦部精神狀態。

表 1 腦電波頻段與精神狀態

腦波類型	頻率範圍	精神狀態
Delta 波	0.1Hz 到 3Hz	沉睡,非快速動眼睡眠,無意識狀態
Theta 波	4Hz 到 7Hz	直覺的,創造性的,回憶,幻想,想像,淺睡
Alpha 波	8Hz 到 12Hz	放鬆但不困倦,平靜,有

		意識地
低頻 Beta 波	12Hz 到 15Hz	運動感覺節律,即輕鬆又專注,有協調性
中頻 Beta 波	16Hz 到 20Hz	思考,對於自我和周圍環境意識清楚
高頻 Beta 波	21Hz 到 30Hz	警覺,激動

2.3. 演算法

Alpha 波：頻率為 8 到 12 Hz 的慢速波，人在意識清醒且身體在放鬆狀態時 Alpha 波屬於優勢波；而在運動及焦慮時會逐漸減少。

Beta 波：頻率為 12 到 30 Hz 的快速、低振幅波，是屬於在清醒時呈現的腦波狀態，與思考、焦慮、運算、注意力有關。

Delta 波：頻率為 0.1 到 3 Hz 的慢速、高振幅波，是屬於在無意識狀態下的腦波狀態，與無夢、無知覺有直接的影響。

Theta 波：頻率為 4 到 7 Hz，主潛意識，影響人的態度、信念、行為等。

以上為四大腦波類型的一些介紹，其中 Alpha 與 Beta 波是屬於在清醒狀態時所呈現腦波狀態較明顯之腦波，而 Delta 與 Theta 波則處於較無意識狀態下的腦波型態。由於本實驗希望在清醒狀況下透過測量腦電波達到能評估睡眠品質，因此會把在無意識狀態下的腦波型態也就是 Delta 與 Theta 的訊號值做一些縮減，也就是放大 Alpha 與 Beta 波的影響。

本實驗的過程會做 15~20 分鐘的檢測，而腦波儀器是每一秒做一次讀取腦波的動作，

因此當檢測完畢時需要把檢測過程中每一秒所測得的 Alpha、Beta、Delta 和 Theta 波記錄下來並做加總且平均，以便執行演算法運算。

參考之前學者[7-11]所研究的結果，進而提出下列公式(1)用來作為腦波儀偵測睡眠品質之演算法。

$$\text{Sleep Quality} = \frac{(\text{Beta}/2) + (\text{Theta}/20)}{(\text{Alpha}/2) + (\text{Delta}/20)} * 100 \quad (1)$$

下圖 1 為偵測睡眠品質演算法，其中 Alpha、Beta、Delta 和 Theta 分別代表在偵測過程中 4 個腦波類型個別的平均值。

2.4. 數據分析

為探討 Sleep Quality 與 PSQI 總得分我們把兩項分數放入 Excel 欄位中，以皮爾森卡方檢定(Pearson's correlation)[15]檢視變項之間的相關性質，其皮爾森係數主要的功用是在分析兩個連續變項間的相關程度，結果的分析就須從相關係數 r 來探討，r 值介於 -1 ~ +1 之間，若 r > 0 則我們稱兩者間有正相關，越靠近 +1 代表相關性越大，r < 0 我們稱兩者間有負相關，若 r = 0 我們則稱兩者間無相關。

2.5. 實驗流程

本次實驗透過邀請一些受測者進行施測，一開始受測者在睡前需填寫 PSQI 問卷，根據上個月的睡眠概況填寫 7 個主題內容，並依據上面所提到的配分方法計算此次填寫 PSQI 問卷的總分，其總分 ≥ 5 分之受測者則納入本實驗的樣本受測者，在填寫完問卷後穿戴上 Mindwave Mobile 進行 15 ~ 20 分鐘的腦波量測，再經由下圖 1 的演算法運算求得睡眠品質 Sleep Quality 分數，最後觀察多人的量測結果，觀察由本次實驗所提出的計算睡眠品質演算法的得分是否與測完 PSQI 問卷的總得分有相關性。

```

float Delta, Theta, Alpha, Beta, Sleep_Quality;
float[] T_Delta = new float[86400];
float[] T_Theta = new float[86400];
float[] T_Alpha = new float[86400];
float[] T_Beta = new float[86400];
int PSQI = 22;
int count = 0;
//當開始偵測時執行以下執行緒
void _thinkGearWrapper_ThinkGearChanged(object sender, ThinkGearChangedEventArgs e)
{
    BeginInvoke(new MethodInvoker(delegate
    {
        //先判斷是否有輸入PSQI分數
        if (PSQI != 22)//若有輸入則計算以下參數
        {
            //把讀到的值放入陣列變數
            T_Delta[count] = e.ThinkGearState.Delta;
            T_Theta[count] = e.ThinkGearState.Theta;
            T_Alpha[count] = (e.ThinkGearState.Alpha1 + e.ThinkGearState.Alpha2);
            T_Beta[count] = (e.ThinkGearState.Beta1 + e.ThinkGearState.Beta2);
            count++;
        }
        else//無輸入PSQI分數
        {
            MessageBox.Show("請先輸入PSQI分數");
        }
    }));
    Thread.Sleep(1000);//讓執行緒暫停一秒，一秒後再讀取一次腦波值
}

private void btn_Report_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //當偵測結束時把前面所記錄之各腦波值做運算
    Delta = Theta = Alpha = Beta = 0;
    //將前面所偵測的腦波值相加並取平均
    for (int i = 0; i < count; i++)
    {
        Delta += T_Delta[i];
        Theta += T_Theta[i];
        Alpha += T_Alpha[i];
        Beta += T_Beta[i];
    }
    Delta = Delta / count;
    Theta = Theta / count;
    Alpha = Alpha / count;
    Beta = Beta / count;
    Sleep_Quality = (((Beta / 2) + (Theta / 20)) / ((Alpha / 2) + (Delta / 20))) * 100;
    count = 0;
}

```

圖 1 腦波儀偵測睡眠品質演算法

3. 結果

3.1 實驗環境

受測者可以在自己熟悉的環境裡做此次的測驗，這是為了怕受測者在不熟悉的環境會因為過度緊張而導致受測數值受到影響。

硬體設備：Mindwave Mobile、桌上型電腦(Intel Core I5-4570，金士頓 DDR3 8G-1600 *1)、藍芽傳輸器。

軟體設備：Windows 7(64 bits)、Visual Studio 2012、Microsoft Excel 2012。

測量問卷：匹茲堡睡眠品質量表(PSQI)。

3.2 實驗數據

受測樣本為 10 人，樣本基本資料為性別、年齡、BMI 如表 2 所示，其受測者所測驗 PSQI 以及 Sleep Quality 分數如表 3 所示。

表 2 受測者基本資料

受測者	性別	年齡	BMI
A	男	22	21.88 kg/m ²
B	男	22	21.38 kg/m ²
C	男	22	22.34 kg/m ²
D	女	22	20.19 kg/m ²
E	男	22	21.2 kg/m ²
F	女	21	20.36 kg/m ²
G	男	23	21.32 kg/m ²
H	男	23	20.93 kg/m ²
I	男	23	21.45 kg/m ²
J	男	22	20.32 kg/m ²

表 3 受測者 PSQI 分數與 Sleep Quality 分數

受測者	PSQI	Sleep Quality
A	9	42.87
B	13	61.9
C	16	77.2
D	10	48.3
E	8	41.3
F	9	45.66
G	7	36.85
H	5	27.44
I	6	30.78
J	11	55.32

3.3 數據分析

本實驗之所以放入受測者的年齡以及 BMI 值是因為學者[16, 17]提出這些因素可能

會影響睡眠品質的好壞，如年齡過高會導致 PSQI 值上升，同理 BMI 值過高或過低也會有所影響，因此我們把可能會影響受測者的因素特別加以確認，本實驗所找之受測者的年齡、BMI 值並不會成為影響 PSQI 睡眠品質分數的問題所在。

把所有受測者所得 PSQI 總分與 Sleep Quality 做皮爾森卡方檢定，其 PSQI 總分與 Sleep Quality 呈現顯著正相關其 r 值=0.997。

最後本研究把受測者所測得 PSQI 得分除以 PSQI 的最高分數(21 分)所得之分數乘以 100 作為與 Sleep Quality 分數所相對應區間如下表 4，此表是為了方便受測者尋找其 Sleep Quality 所對應之 PSQI 分數，如 Sleep Quality 分數為 4.75 則對應到 PSQI 分數為 0 分，而本實驗讓受測者戴上 Mindwave Mobile 經由演算法所測得的分數乘以 100 與 PSQI 失眠嚴重性的分數做比較，PSQI 分數與經由演算法測得的數據都乘以 100 是因為要讓數據變得更好判讀。

表 4 PSQI 睡眠品質評分

PSQI 分數	PSQI 比較分數 (PSQI 除 21 乘 100)	PSQI 分數	PSQI 比較分數 (PSQI 除 21 乘 100)
0	0	11	52.38
1	4.76	12	57.14
2	9.52	13	61.90
3	14.28	14	66.67
4	19.04	15	71.43
5	23.81	16	76.19
6	28.57	17	80.95
7	33.33	18	85.71
8	38.10	19	90.48
9	42.86	20	95.24
10	47.62	21	100.00

比較各個受測者所得到的 PSQI 比較分數與透過 Mindwave Mobile 腦波儀經由演算法所測量出的 Sleep Quality 做比較如下表 5 所示。

表5 受測者的PSQI比較分數與 Sleep Quality

受測者	PSQI 比較分數	Sleep Quality
A	42.86	42.87
B	61.90	61.9
C	76.19	77.2
D	47.62	48.3
E	38.10	41.3
F	42.86	45.66
G	33.33	36.85
H	23.81	27.44
I	28.57	30.78
J	52.38	55.32

經由比較發現受測者經由腦波儀演算法所得的 Sleep Quality 值均落在該受測者的 PSQI 比較分數區間內。

4. 結論

從實驗結果說明在測量睡眠品質步驟上可以從以前使用 PSG 的方式簡化成以利用 Mindwave Mobile 配合相對應偵測睡眠品質之演算法作偵測，其偵測出的分數與 PSQI 分數經由皮爾森卡方檢定其呈現高度相關性，其轉換比較數值並無太大的差異，可節省的時間將大大的縮短。

但由於樣本數量過小，我們可以認為這是一個初步的試驗結果，其應該要尋找更多合格的受測者做此測驗。然而，目前的研究結果可以幫助相當在意自己每次睡眠品質狀態的人可以自由地安排時間做測驗，也可以在自己覺得舒適安全的空間裡進行偵測，並不用再花大量的時間在不熟悉的場景偵測自己的睡眠品質狀態，這將有助於做失眠治療之病患，可以隨時隨地的對自己的失眠情況檢測，以更明確的數字告知醫生治療的情況，幫助醫師在治療過程中多一項可靠的參考數據，未來將可以結合心律變異測量來探討其相關性，增加 Sleep Quality 的可靠性。

參考文獻

- [1] C. D. Rodgers, D. H. Paterson, D. A. Cunningham, E. G. Noble, F. P. Pettigrew, W. S. Myles, and A. W. Taylor, "Sleep deprivation: effects on work capacity, self-paced walking, contractile properties and perceived exertion," *Sleep*, vol. 18, no. 1, pp. 30-38, 1995.
- [2] D. J. Buysse, C. F. Reynolds, 3rd, T. H. Monk, S. R. Berman, and D. J. Kupfer, "The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research," *Psychiatry Res*, vol. 28, no. 2, pp. 193-213, 1989.
- [3] C. W. Whitney, D. J. Gottlieb, S. Redline, R. G. Norman, R. R. Dodge, E. Shahar, S. Surovec, and F. J. Nieto, "Reliability of scoring respiratory disturbance indices and sleep staging," *Sleep*, vol. 21, no. 7, pp. 749-757, 1998.
- [4] K. Spiegelhalder, W. Regen, B. Feige, J. Holz, H. Piosczyk, C. Baglioni, D. Riemann, and C. Nissen, "Increased EEG sigma and beta power during NREM sleep in primary insomnia," *Biological Psychology*, vol. 91, no. 3, pp. 329-333, 2012.
- [5] C. A. Kushida, M. R. Littner, T. Morgenthaler, C. A. Alessi, D. Bailey, J. Coleman, Jr., L. Friedman, M. Hirshkowitz, S. Kapen, M. Kramer, T. Lee-Chiong, D. L. Loube, J. Owens, J. P. Pancer, and M. Wise, "Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: an update for 2005," *Sleep*, vol. 28, no. 4, pp. 499-521, Apr, 2005.
- [6] O. O. Aloba, A. O. Adewuya, B. A.

- Ola, and B. M. Mapayi, "Validity of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) among Nigerian university students," *Sleep Medicine*, vol. 8, no. 3, pp. 266-270, 2007.
- [7] 林慧慈、徐榮隆、蕭百勝、邱泓文，”以腦波及心律變異性分析為基礎之失眠評估”，*醫療資訊雜誌*，第18期，第4卷，pp. 1-12，2009。
- [8] A. D. Krystal, J. D. Edinger, W. K. Wohlgemuth, and G. R. Marsh, "NREM sleep EEG frequency spectral correlates of sleep complaints in primary insomnia subtypes," *Sleep*, vol. 25, no. 6, pp. 630-640, 2002.
- [9] C. H. Bastien, M. LeBlanc, J. Carrier, and C. M. Morin, "Sleep EEG power spectra, insomnia, and chronic use of benzodiazepines," *Sleep*, vol. 26, no. 3, pp. 313-317, 2003.
- [10] R. R. Freedman, "EEG power spectra in sleep-onset insomnia," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, vol. 63, no. 5, pp. 408-413, 1986.
- [11] R. R. Freedman, and H. L. Sattler, "Physiological and psychological factors in sleep-onset insomnia," *J Abnorm Psychol*, vol. 91, no. 5, pp. 380-389, 1982.
- [12] M. L. Perlis, D. E. Giles, W. B. Mendelson, R. R. Bootzin, and J. K. Wyatt, "Psychophysiological insomnia: the behavioural model and a neurocognitive perspective," *J Sleep Res*, vol. 6, no. 3, pp. 179-188, 1997.
- [13] (2014) 神念科技公司官方網站. [Online]. Available: <http://neurosky.com/zh-Hant/>
- [14] H. Berger, "Über das elektrenkephalogramm des menschen," *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, vol. 87, no. 1, pp. 527-570, 1929.
- [15] K. Pearson, "X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling," *Philosophical Magazine Series 5*, vol. 50, no. 302, pp. 157-175, 1900.
- [16] D. J. Buysse, A. Germain, M. L. Hall, D. E. Moul, E. A. Nofzinger, A. Begley, C. L. Ehlers, W. Thompson, and D. J. Kupfer, "EEG spectral analysis in primary insomnia: NREM period effects and sex differences," *Sleep*, vol. 31, no. 12, pp. 1673-1682, 2008.
- [17] S. Castillo-Pérez, V. Gómez-Pérez, M. C. Velasco, E. Pérez-Campos, and M.-A. Mayoral, "Effects of music therapy on depression compared with psychotherapy," *The Arts in Psychotherapy*, vol. 37, no. 5, pp. 387-390, 2010.