ƒ ‹ F | Œfia‹ ˙'e›ß• |–M^D‹ ª¤s›p e ƒ¤"G‡ł§i

⁄l›p e⁄@¡G⁄H¯Ø,£„q„ˇ«H,„… «‹⁄§« ¥ (¢»)

›p e^ §O¡G ƒX«‹ ›p e

›p e‰s,„¡GNSC93-2212-E-038-002-

ıƒ · ¶¡¡G93 ƒ~08 ⁄°01 ⁄ Ø 94 ƒ~07 ⁄°31 ⁄Ø

ıƒ ‡ ƒ ¡G» O ¥´ ˙⁄j ˙¥~‹

›p e¥ Ro⁄H¡G " de¤£

ƒ ƒP¥ Ro⁄H¡G… B §‰

‡ł§i^ «‹¡G" °†‡ł§i

‡ B † zŁ¡fG¡¥»›p e¥ i ⁄ ‰ ¶‹ d,

⁄⁄ ¥` Œ 95 ƒ~1 ⁄°16 ⁄Ø

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫■ 成 果 報 告
□ 期中進度報告

利用人工智慧建立醫療自動化之人體模型－ 子計畫一：人體腦電圖信號模型之建立(Ⅲ)

計畫類別：□ 個別型計畫　　■ 整合型計畫
計畫編號：NSC 93－2212－E－038－002－
執行期間：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

計畫主持人：高明見 教授 國立台北醫學大學醫學院外科

共同主持人：劉宏輝 副教授 國立台灣大學醫學院神經科及藥理科

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：■精簡報告　□完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：
□赴國外出差或研習心得報告一份
□赴大陸地區出差或研習心得報告一份
□出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
□國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
□涉及專利或其他智慧財產權，□一年□二年後可公開查詢

執行單位：臺北醫學大學外科、國立臺灣大學醫學院藥理學科暨研究所

中　華　民　國　　94 年　　9 月　　30　日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫名稱: 利用人工智慧建立醫療自動化之人體模型－子計畫一：人體腦電圖信號模型之建立(Ⅲ)

計畫編號：NSC 93－2212－E－038－002－

執行期限：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

計畫主持人：高明見 教授 國立台北醫學大學醫學院外科

共同主持人：劉宏輝 副教授 國立台灣大學醫學院神經科及藥理科

一、中文摘要

複雜的生理訊號可能會傳達獨一無二的動態特徵，使用統計學上的排序去研究分析不同種類的生理訊號。把這個方法應用到由生理控制系統所輸出的腦電圖信號上。本研究中將此方法用於建構人體腦電圖信號模型，分析模擬在開刀期間病人經過麻醉後，隨時間變化的動態特徵。研究中發現在麻醉剛開始時，病人的統計排序所計算出來的數值會慢慢增加到一定的範圍後，麻醉期間則會不太會有變化，而當麻醉藥效慢慢消失後，數值又會開始慢慢減少。從這方面可以看出腦電圖動態受到麻醉深淺所受到的影響。

關鍵詞:開刀房、麻醉、腦電圖、相似度

Abstract

Complex physiologic signals may carry unique dynamical signatures that are related to their underlying mechanisms. We used the method based rank order statistics to investigate the profile of different types of physiologic dynamics. We applied this method to brain waves fluctuations which were the output of a central physiologic control system. In this research, we build the human electroencephalogram (EEG) model by this method. To analyze the dynamical signal during the narcosis of the operation in the domain. We found that distributions of rank maps of the patients become wider at the beginning of narcosis. At deeper narcosis, the distributions of rank maps of the patients will keep wider. When the patient becomes conscious, patient will have narrow distributions of rank maps. We can find the dynamic variation of electroencephalogram by this method.

關鍵詞(keywords):
electroencephalogram 、 similarity 、 distance、operation、anesthesia

二、前言

人體的大腦掌控一切器官的運作，病理學家和科學家莫勤奮不懈的致力於探究大腦的運作。以便能察覺生理機能未來的變化。但是在現行的各種方法中都還有其不足的地方，人類至今依然無法完全了解人體中的秘密。原因就在於人體的構造過於複雜。

生理系統的訊號會因為許多因素而產生複雜的變動以反應其當下的動態。因此，找尋和分析腦電圖所隱藏的動態特徵，在臨床醫學中是有其價值。目前常用

來分析腦波訊號的方法有許多種，頻域分析[1]、雙頻譜分析[2,3]、複雜度分析[4]、能量近似[5]、頻域能量[6]與利用類神經分析與回歸分析所建立的分析方法[7]等許多方法。本研究主想量化病人麻醉的深淺，目前在此方面只有應用雙頻譜分析的雙頻譜腦電波儀(Bispectrum Index, BIS)可以有效的鑑別病人麻醉的深淺，而BIS儀器的研究理論目前還未完全公開，只知道是利用雙頻譜分析(Bispectrum)為基礎。因此，希望利用統計學的方法去偵測並量化腦電圖在時域下的動態特徵。人的大腦控制全身所有的生理運作，其所反映出來的訊號也相當複雜，對於這種複雜的生理訊號，可以藉由重新的透過判斷腦電圖中每兩筆資料間振幅的增加或減少，而以二進位編碼後再經過排序的方法來簡化其腦波所輸出的複雜動態[8]。

在本研究中，將此方法用於開刀時全身麻醉的病人，利用此方法去判斷其開刀的深淺，及開刀過程中腦電圖的變化。建構麻醉過程中的腦電圖模型，進而可供臨床麻醉醫師參考。

三、研究方法

(一) 實驗樣本

資料總共擷取了10位病人開刀過程的訊號，病人的平均年齡為30歲。男女比例為2位男性與8位女性。手術種類為臉部手術，皆為全身麻醉。

(二)訊號處理

由於感測器所擷取的訊號本身會因為傳輸訊號衰減或是外在干擾，故先初步針對訊號的特性加以處理，將錯誤、不合理的數值事先剔除。在經由濾波過濾掉非腦電圖訊號的資料。本研究所使用以下兩種濾波器剔除無意義的訊號。

Threshold Filter：所擷取出來的腦波，經過放大後，電壓振幅幾乎都介於0.8V~1.0V之間，所以我們把此範圍以外的信號都視為不合理或是錯誤的訊號，所以剔除振幅小於0.8和大於1.0的錯誤、不合理的數值。

Band Pass Filter：過濾掉0.5~35Hz以外的訊號，腦波的頻率範圍介於0.5~35Hz，所以用帶通濾波器過濾掉這段頻率範圍以外的訊號[9]。

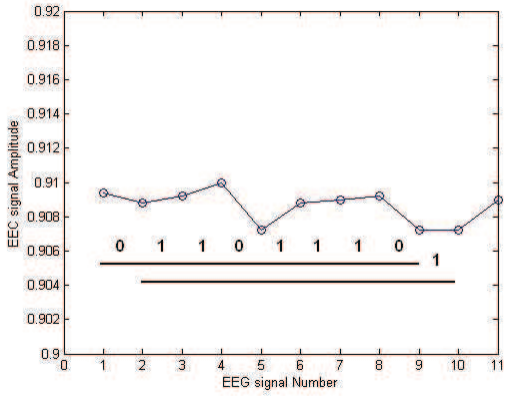
(三)Similarity Analysis原理

Similarity Analysis是一個利用統計學的語言中排序的概念去分析兩筆資料的相似程度。

假設有一組腦波的資料序列{x_0, x_1, x_2 . . . , xn }, 依序取每兩點資料來做比較，其數值有可能增加、減少或是相等，假設減少跟相等為同一狀態，如此一來可以將增加或減少相等分別視為0或1。[10]

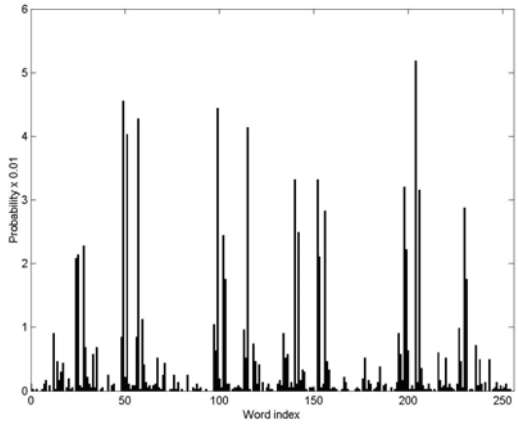
$$I_n = \begin{cases} 0, & \text{if } x_n \le x_{n-1} \\ 1, & \text{if } x_n > x_{n-1} \end{cases} \qquad (1)$$

在此研究中，將訊號處理後腦波序列編碼成二進位序列，8-bit為1個8-bit “word”，所以每一個8-bit word(w_k)都代表一個時間序列中變動，此演算法整個時間序列重新編碼，產生一個*8*-bit words的集合，如圖一所示。腦電圖中不同種類的動態波動，也就會產生不同的*8*-bit words分布[8]。

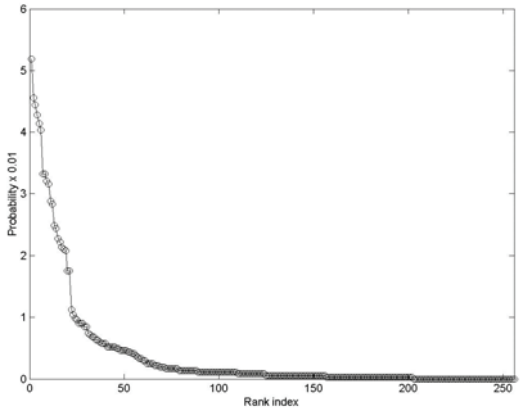


圖一、圖示8-bits二進位的編碼方式。

經過8-bits二進位的編碼，序列會變編碼成0~255的數值，分別去計算每個數值個別出現的次數，就可以得到整個序列的機率分布，如圖二所示。重新照出現的頻率由高至低排列，得到如圖三所示的圖形。因此可以代表原始序列word的統計等級。舉例來說，第一個Rank就表示出現次數最多的數值，相反的，最後一個就是出現最少的數值。



圖二、每8-bits word的機率分布，其Word Index範圍從0到2^8-1.

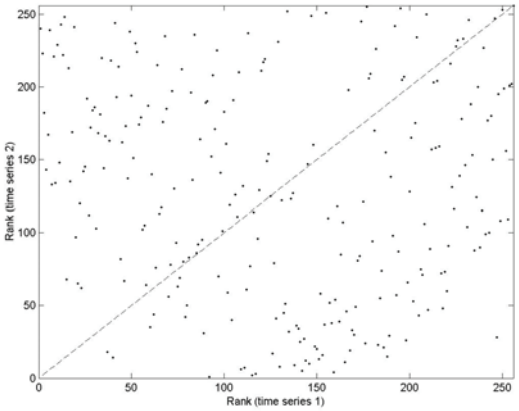


圖三、將圖二依照機率排序，所得的圖形。

為了去定義兩個訊號間similarity的量化指標，畫出第一筆序列的Rank Number對照第二筆序列的Rank Number，如圖四所示。假如兩筆訊號的Rank Order很相似，所畫出來的點就會位於對角線附近。因此，所描繪出來的點與對角線的偏差距離可以用"Distance"去計算兩個訊號間的差異。較大Distance值表示兩筆訊號的相似度較低，反之亦然。可以下述方程式去計算兩個訊號序列S1、S2間的Distance值。[8]

$$D_m(S_1,S_2)=\frac{\sum_{k=1}^{2m}|R_1(w_k)-R_2(w_k)|p_1(w_k)p_2(w_k)}{(2^m-1)\sum_{k=1}^{2m}p_1(w_k)p_2(w_k)} \quad \ldots(2)$$

此處的$p_1(w_k)$和$R_1(w_k)$分別代表在第一筆訊號S_1下Word(w_k)的機率與Rank，而$P_2(w_k)$和$R_2(w_k)$也是類似的。

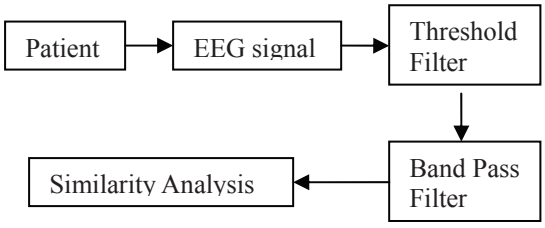


圖四、以兩筆序列的Rank所繪出來的Distance圖形，當點的分布集中圖形中的對角線表示其較相似，反之者較不相似。

在此研究中，將整筆資料以每三分鐘切割成一個區段，將三分鐘內的資料經過隨機的重新排列後。未經過隨機重新排列後的數值與隨機排列的數值做Similarity分析，即可觀察出整個開刀麻醉過程的變化。

(四)資料處理流程

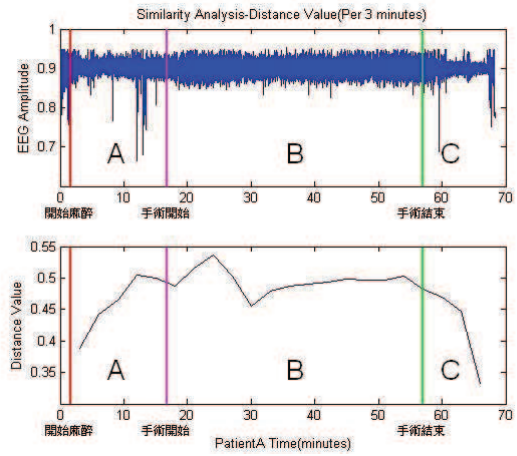
當病人送入開刀房接上儀器後，開始接收病人腦波資料。先經過Threshold Filter去除錯誤、不合理雜訊。在經過Band Pass Filter去除0.5~35Hz以外，無意義的訊號。將濾波完的資料經由Similarity Analysis分析。整體資料處理流程如圖五所示。



圖五、資料處理流程

四、實驗結果

在本研究中發現，當開始麻醉後(誘導期)，Similarity 所分析出來的 Distance 數值，會開始增加到一定範圍內，如圖六中 A 區域；手術期間病人一直處於深層麻醉的狀態(麻醉期)，Similarity 所分析出來的 Distance 數值會維持在一個穩定狀態，表示病人仍處於被麻醉藥物所控制的狀態，如圖六中的 B 區域；當手術即將結束或已結束後，病人會慢慢開始清醒(恢復期)，Similarity 所分析出來的 Distance 數值則會開始下降，如圖六中的 C 區域。



圖六、此圖中，上面的圖形是代表經過濾波後的腦波序列，下圖是計算每三分鐘 Distance 值，所繪出來的圖形。

我們可以將每筆資料經過上述濾波與 Similarity Analysis 後，即可獲得 Similarity Analysis 的 Distance 隨時間變化的狀態。如圖七(a)~(j)。

分別計算誘導期、麻醉期與恢復期之間的平均值，如表一所示。可以發現，大部分的病人在麻醉時的 Distance 數值會是最高的。因為當一個病人經過麻醉之後，其腦部運作應呈出現一個較平緩的狀態，與將此病人的腦波訊號打散後的訊號比較，相差較遠，故 Distance 差較大。而清醒時，腦部的運作應該會較激烈，與將此病人的腦波訊號打散後的訊號比較，相差較遠，故 Distance 差較大。所以麻醉期間的病人所計算出來的數值是最大的。我們經由計算每三分鐘的 Distance 所繪出來的圖形，可以發現病人麻醉深淺的變化。

Patient	Similarity Distance Average Value		
	誘導期	麻醉期	恢復期
A	0.430864	0.417122	0.46501
B	0.423906	0.480021	0.46953
C	0.46729	0.476311	0.44602
D	0.4479	0.466423	0.39398
E	0.46142	0.456563	0.408815
F	0.412815	0.428051	0.40927
G	0.457148	0.486529	0.3312
H	0.388685	0.455775	0.33366
I	0.35993	0.450254	0.35272
J	0.389708	0.455463	0.3472
平均值	0.423967	0.457251	0.395741
標準差	0.03597	0.021962	0.053077

表一、計算十個病人在誘導期、麻醉期與恢復期的平均值與標準差。

五、參考文獻

[1] Drummond J. C., Brann C. A., Perkins D. E., and D. E. Perkins, “A comparison of median frequency, spectral edge frequency, a frequency band power ratio, total power and dominance shift in the determination of depth of anesthesia,” Acta Anaesthe--siologica Scandinavica, vol. 35, pp. 693–699, 1991.

[2] Barnett T. P., Johnson L. C., Naitoh P., Hicks N., and Nute C., “Bispectrum analysis of electroencephalogram signals during waking and sleeping,” Science, vol. 172, pp. 401–402, 1971.

[3] Muthuswamy J. and Roy R. J., “The use of fuzzy integrals and Bispectral analysis of the electroencephalogram to predict

movement under anesthesia," IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 46, pp. 291–302, 1999.

[4] Zhang X.S., Roy R.J., and Jensen E.W., "EEG complexity as a measure of depth of anesthesia for patients", IEEE Trans. on biomedical engineering, vol. 48, no. 12, pp.1424-1433, 2001

[5] Pincus S. M., Gladstone I. M., and Ehrenkranz R. A., "A regularity statistic for medical data analysis," J. Clin. Monit., vol. 7, pp. 335–345, 1991

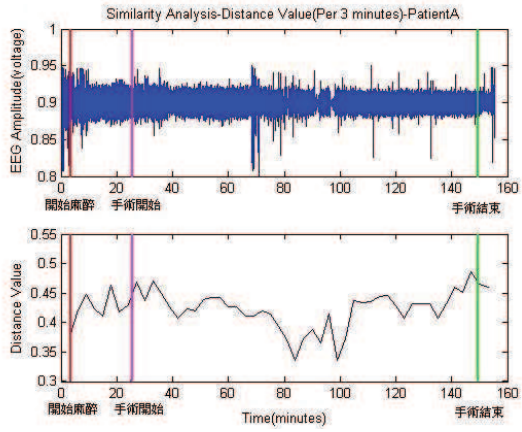
[6] Rezek I. A. and Roberts S. J., "Stochastic complexity measures for physiological signal analysis," IEEE Trans. B

[7] Sharma A., and Roy R.J., "Design of a recognition system to predict movement during anesthesia", IEEE Trans. on biomedical engineering, vol. 44, no. 6, pp. 505-511, 1997

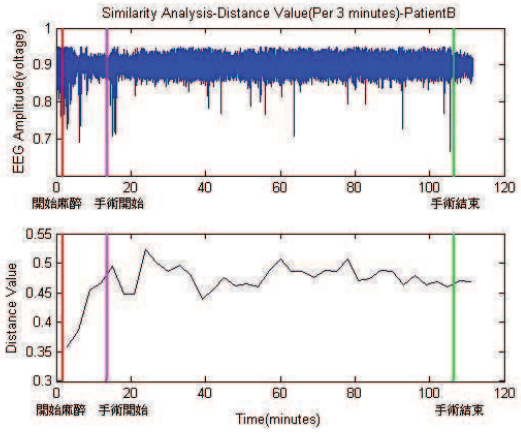
[8] C.C. Yang, S.S. Hseu, H.W. Yien, A.L. Goldberger, C.K. Peng, Linguistic Analysis of the Human Heartbeat Using Frequency and Rank Order Statistics. *Physical Review Letters* 2003 Vol. 90(10), pp. 108103-1-108103-4.

[9] S.D. Stearns and R.A. David, Signal Processing Algorithms In Matlab, 1996, Prentice Hall, New Jersey, USA.

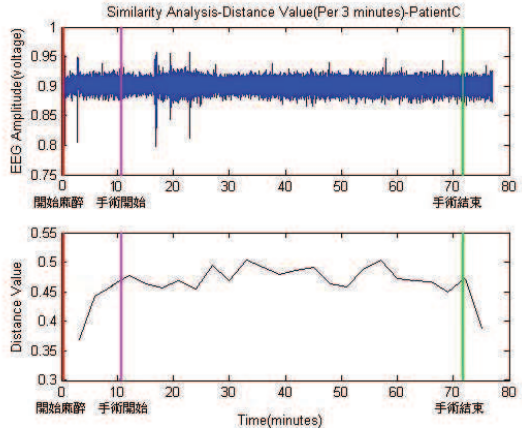
[10] Y. Ashkenazy *et al.*, Magnitude and Sign Correlations in Heartbeat Fluctuations, Phys. Rev. Lett. 86, 1900 (2001).


Similarity Analysis-Distance Value(Per 3 minutes)-PatientA
EEG Amplitude(voltage)
Distance Value
開始麻醉
手術開始
手術結束
Time(minutes)

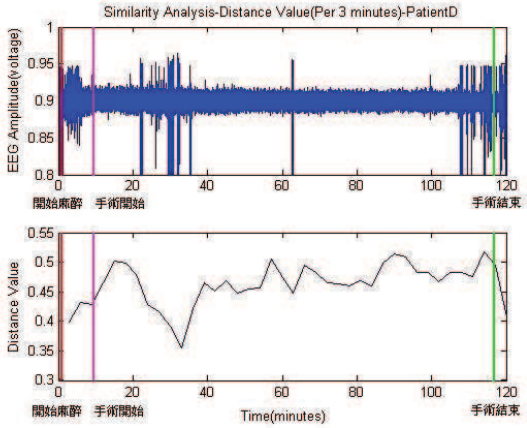
(a)


Similarity Analysis-Distance Value(Per 3 minutes)-PatientB
EEG Amplitude(voltage)
Distance Value
開始麻醉
手術開始
手術結束
Time(minutes)

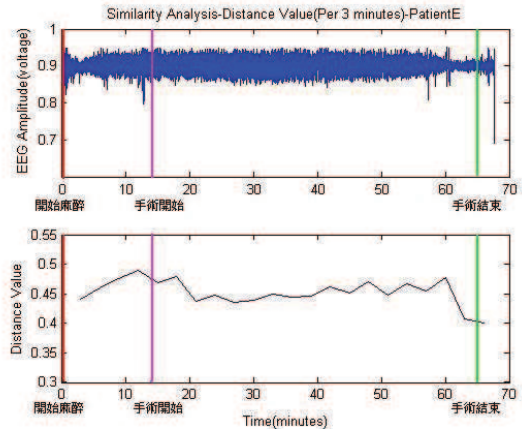
(b)


Similarity Analysis-Distance Value(Per 3 minutes)-PatientC
EEG Amplitude(voltage)
Distance Value
開始麻醉
手術開始
手術結束
Time(minutes)

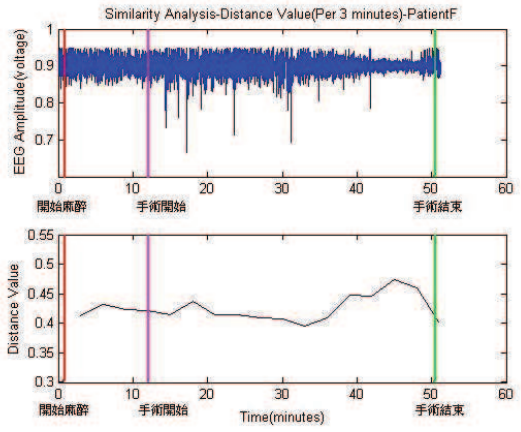
(c)


Similarity Analysis-Distance Value(Per 3 minutes)-PatientD
EEG Amplitude(voltage)
Distance Value
開始麻醉
手術開始
手術結束
Time(minutes)

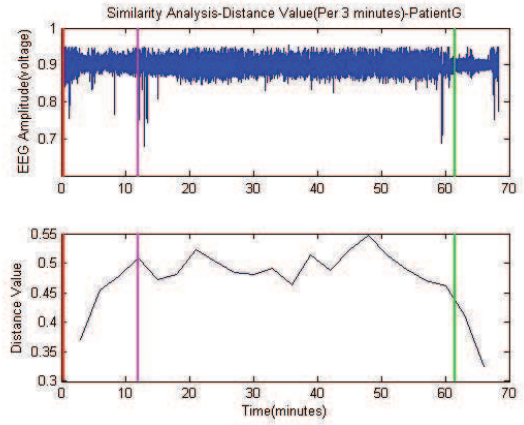
(d)


Similarity Analysis-Distance Value(Per 3 minutes)-PatientE
EEG Amplitude(voltage)
Distance Value
開始麻醉
手術開始
手術結束
Time(minutes)

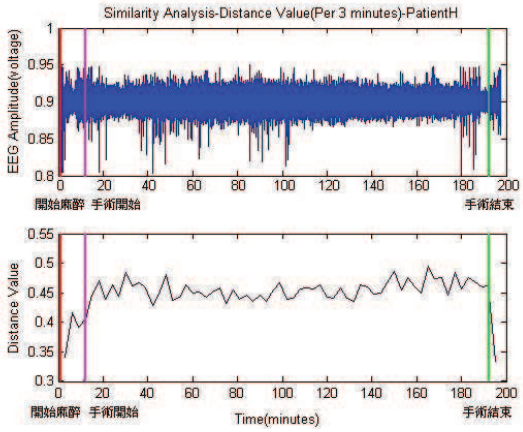
(e)


Similarity Analysis-Distance Value(Per 3 minutes)-PatientF
EEG Amplitude(voltage)
Distance Value
開始麻醉
手術開始
手術結束
Time(minutes)

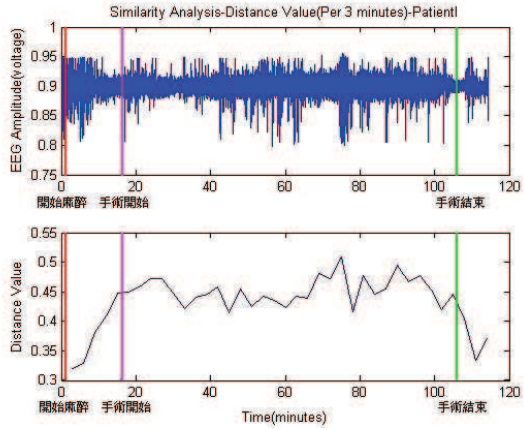
(f)



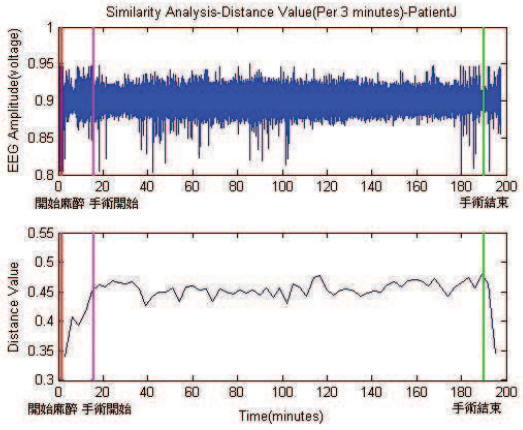
(g)



(h)



(i)



(j)

圖七、每筆資料經過上述濾波與Similarity Analysis後，即可獲得Similarity Analysis的Distance隨時間變化的狀態，(a)~(j)分別為不同病人的分析結果。