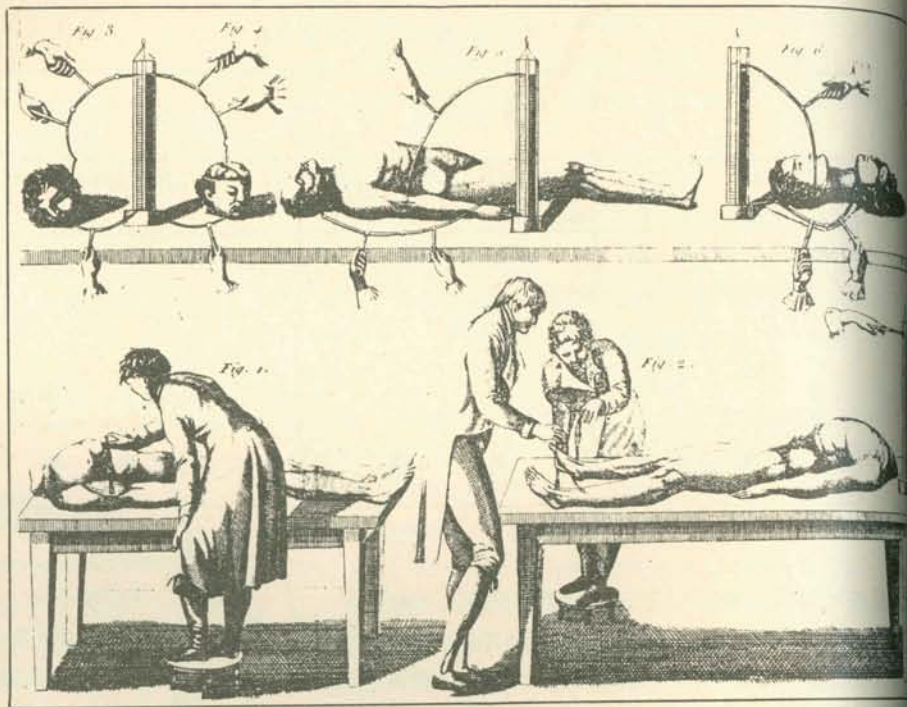


# 腦電圖的發明 應用及展望

台灣大學附設醫院神經精神科 陳榮基

圖1：Aldini用剛切下來的人頭作實驗，想知道人腦是否會產生電流。



人類對動物體放電現象的知識很早就有了，紀元前五、第四世紀時希臘哲人柏拉圖及阿里斯多德就知道原始電魚有使人麻木的作用。到了紀元第一世紀，有人建議使用電魚的電擊來治療頭痛、痛風、麻痺及精神病。1791年Galvani在對電氣與肌肉運動的研究上，證實了神經含有「電」。Galvani的外甥Aldini甚至把剛砍下來的人頭接到伏特計上，試圖量看有沒有電流！（圖1）。1848年，Du Bois-Reymond發現了切斷的周圍神經會產生電流，確定了利用電來觀察神經傳導的方法。一直到1870年代英國的生理學家Caton才直接在兔子與猴子的大腦皮質上用電流計記錄到電流的存在，證實了腦本身有自發的電氣活動，這些電氣活動會受到某些感覺刺激的影響，利用此影響，他找到了與視覺有關的皮質區。

至於對人腦的電氣現象的研究則再晚五十年。1929年德國的精神醫學家Hans Berger利用他的簡單裝置，記錄人的頭皮表面的電氣變化，稱之為腦電波Elektroencephalogramm (EEG)，也就是俗稱的腦波

(brain wave) 的開始。(圖2)。他所利用的是心電圖的技術，所仰仗的是0.1 mV以上的電位變化才可以看出來的Eldelmann電流計，因此他所發表出來的那種每秒十次的小小波紋(名之為 $\alpha$ 波)，始終被懷疑作不是真正腦中所產生的東西，可惜這位被同僚目為稀奇古怪的精神科醫師十五年來的熱心從未得到重視！直到1934年，原來反對他的英國大生理學家Adrian，利用Matthews所作的增幅器，測量放大Adrian自己頭皮上的電極，才證實了Berger所發現的確實是人腦所發出來的電波，遂將那基本的10Hz左右的 $\alpha$ 波命名為Berger波。其後，因為電學的發展，三極真空管放大性能的利用，美國的Grass先生創辦了Grass公司，大量製造可為臨床應用的腦電圖計，再加上1935年美國哈佛大學的Gibbs, Davis及Lennox等發現癲癇病人腦波的特殊變化，1936年英國的Walter應用腦電圖決定腦瘤之部位，才引發了神經學家對腦電圖臨床應用的興趣，於是腦電圖就逐漸在世界各地發展開來。

由最初一條波道的腦電圖計，漸發展為四條、八條、十二、十三，乃至十七條、二十條波道的龐然大物，又漸被電晶體及印版電路(Print in)所取代，腦電圖計的波道雖然增加，而體積却反而縮小了。現在臨床最常用的是八或十二、十波道的機器(圖3)。腦電圖記錄原理，不外乎將21~24個電極埋在頭皮上，每兩個電極接入機器一個波道，將這兩個電極間相差0.1~0.1mV(平均0.03~0.05mV)的電位差，經過真空管或電晶體的放大，最後以電磁鐵帶動筆尖畫在以一定速度跑動的紙上，成為約1~10cm大小的波紋。頭上電極的位置遵照國際十~二十系統。記錄的時間每個病人約三十分鐘左右。

在國內，1954年林宗義教授介紹腦電圖學進入台灣，台大醫學院購買第一部腦電圖器，經過洪祖培教授的發揚光大終於今天在台灣建立了可磨滅的地位，目前有30幾所醫院有此檢查設備。

從最初的半信半疑，進而轉變

認為腦電圖可以神奇的診斷各種腦疾患的幻想，終於演變到今天我們對這門醫學上的一種特殊診斷技術的切實瞭解。我們知道它所能發揮的功能，也知道它的界限，知道它的功能而善加利用，往往可以給予臨床家很大的貢獻。腦電圖對臨床家的貢獻有三點：(1)癲癇和癱瘓的診斷和各種鑑別診斷；(2)腦器質性和腦功能性疾病的鑑別診斷；(3)決定腦部病變的位置。首先腦波可以告訴我們正常或不正常，正常的腦波表示腦皮質的電氣功能正常，病人不可能有急性的大腦皮質或其附近的疾病。在一個臨床上看起來有“意識障礙”的病人，如果他的腦波一再顯示正常，我們大概可以推斷他所患的是一種功能性的疾患，如歇斯底里症或僵直性精神分裂病；如果他的腦波是不正常，我們可以很自然的知道這是腦疾患所引起的一種意識障礙。一個頭痛的病人如果他的腦波一再顯示正常，我們大概不必就心他大腦半球長瘤了，因為大腦半球腫瘤的病人大約有 90 % 可以看到不正常的腦波。一個頭部外傷或患有癲癇的病人如果他的腦波是正常，一般表示他的預後都是比較良好的。不正常的腦波，可以告訴我們是普遍性的不正常還是局部性的不正常，讓我們知道這個病人是普遍性的大腦障礙或局部性的大腦障礙；一個普遍性的不正常腦波可能由於腦膜炎、腦炎、退化性腦疾患、藥物作用或代謝障礙所致的腦功能障礙；如果腦波變化一次比一次厲害，則告訴我們預後可能不良。如果一次比一次進步，則預後較佳。如果看到兩個同期性規則徐波 (bilateral synchronous rhythmic delta bursts) 則可能是後腦窩或腦幹的病變，尤其是腫瘤或顱內壓增高所致，可以使臨床家知所警惕。局部性的腦波變化告訴我們病人大腦半球上有局部性病變的存在，如果這個變化是一次比一次惡化，顯示這是進行性的病變。它可能是腫瘤，膿腫或者是硬腦膜內外的血腫。如果它一次比

一次變好，可能是一種靜止性的病變，譬如腦血管疾患所引起的中風，腦部外傷引起的腦挫傷。腦波如果出現特異性的陣發波：棘波或棘徐波叢，這種波形出現往往告訴我們病人可能有癲癇，而從這些波形的種類及所在位置可以幫助我們鑑別癲癇的種類：譬如說普遍性的棘徐波變化告訴我們病人可能患的是中樞腦性 (centrencephalic) 的癲癇，如大發作或小發作；如果病人出現的是每秒三次的兩側同期性棘徐波叢 (3c/s spike-and-wave complexes) (圖 4)，表示是小發作的癲癇；局部性的棘波或徐波叢可以告訴我們癲癇病變的所在，它可以是顳葉性的癲癇、額葉性的癲癇或中央腦葉性的癲癇。腦波可以說是斷定癲癇病型的最主要工具，而病型的判斷是對癲癇決定其各種有效治療方法的重要依據，同時這種陣發波存在的多寡有無，也可以幫忙我們知道預後或治療的效果。

有時有些特殊的腦波變化可以幫助我們診斷特殊的疾病狀態：譬如高振幅的過同期性速波 (hypersynchronous beta rhythms) 的存在，表示病人受了藥物，尤其是巴比妥之影響；普遍性三相尖波—徐波 (triphasic sharp waves and slow waves) 的存在，表示病人患的是一種代謝性的腦症，最常見的是肝昏迷或尿毒症；週期性固定反覆的普遍性尖棘徐波

圖 3：幾種腦電圖機器。

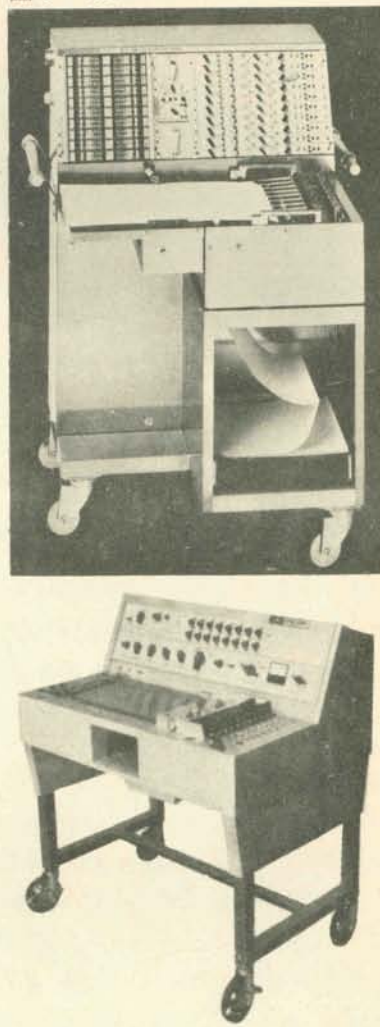
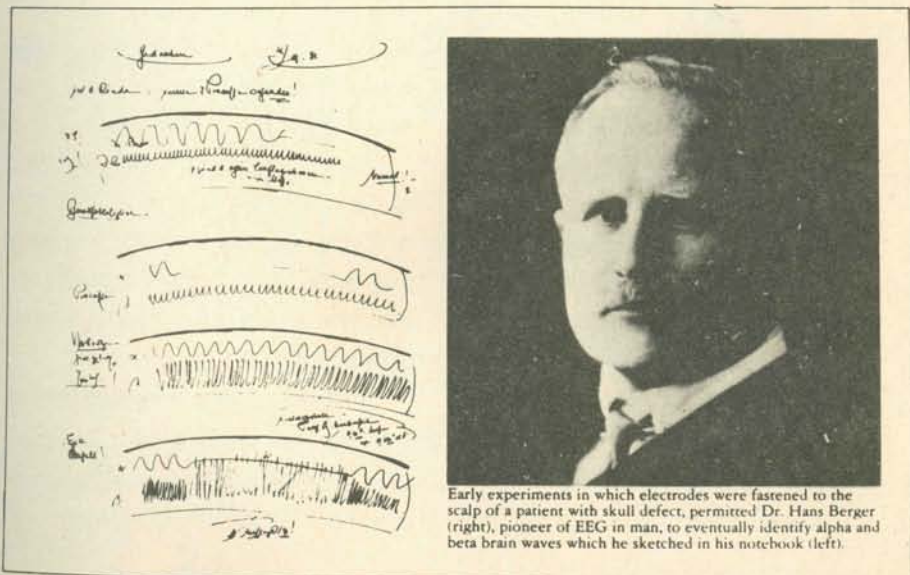


圖 2：腦電圖發明人 Hans Berger 及他在記事本上所描繪的早期實驗的病人的腦波。



Early experiments in which electrodes were fastened to the scalp of a patient with skull defect, permitted Dr. Hans Berger (right), pioneer of EEG in man, to eventually identify alpha and beta brain waves which he sketched in his notebook (left).

形 ( periodic generalized burst of stereotyped sharp waves, spikes and slow waves ) 的出現，可能表示這個大腦皮質與皮質下層及腦幹等功能的普遍障礙，一般表現是預後不良的疾病：譬如小兒亞急性普遍性硬化性泛腦炎 ( subacute sclerosing pan-encephalitis, SSPE ) 的存在；一側性的週期性棘波、尖波、棘徐波或尖徐波的存在，即所謂 PLEDs ( periodic lateralized epileptiform discharges ) 的出現，往往表現一側大腦受到很厲害的損傷，常常見於成人的一側大腦出血的病患；普遍性抑爆型 ( suppression-burst pattern ) 腦波則表示是嚴重的缺氧性腦病的存在，如果病人不是嬰兒，沒有受到麻醉劑、鎮靜劑或低溫麻醉的作用，則他的預後非常不良；普遍性平直沒有腦波存在的記錄，即腦電氣靜止 ( electrocerebral silence ) 的狀態，那就是腦死 ( brain death ) 的狀態；在小兒如果出現無律狀態 ( hypoarrhythmia )，是表示所謂預後非常不良的嬰兒點頭痙攣 ( infantile spasm )，如果出現普遍性不規則緩慢的棘徐波叢 ( slow spike-and-wave complexes )，也表示是預後不良的癲癇性腦症 ( epileptogenic encephalopathy )，這兩種病人癲癇控制困難而智能發育嚴重遲滯。

因為常規腦電圖檢查只有 30 分鐘，並不能代表人腦終日的功能，爲了要提高異常波的出現率，常需要一些賦活法 ( activation methods )，譬如說叫病人做深呼吸以改變血中酸鹼指數或給予閃光刺激，聲音刺激或給予某些藥物以增加異常波的出現率，或者是讓病人睡覺以增加陣發波的出現率。癲癇病人尤其是顳葉性癲癇病人及睡眠期發作的病人，往往常規腦波檢查正常而給予睡眠時較易出現異常的陣發波。小發作的病人作深呼吸時容易出現極特殊的陣發波，即每秒三次的棘徐波叢 ( 圖 4 )。至於顳

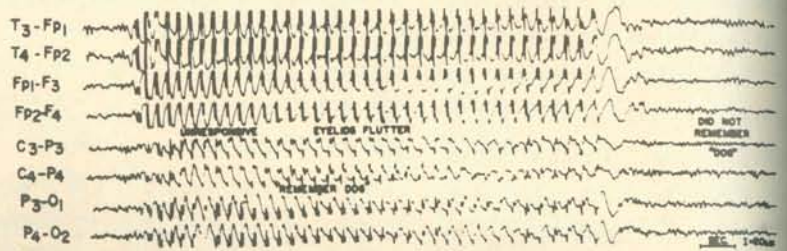


圖 4：腦波一例，小發作病人發作時的每秒三次的棘徐波叢。

葉性癲癇病人的病灶，常常存在於顳葉內面的構造，頭皮表面的電極不太容易偵測，這些變化我們往往可以使用各種深部電極，如蝶骨電極 ( sphenoid electrode ) 或鼻咽電極 ( nasopharyngeal electrode ) 來增加腦波的檢出率。對少數治療困難的癲癇病人作 24 小時的腦電圖記錄，同時測定病人血中抗癲癇藥物濃度的變化，往往可以使我們對病人的病變更爲瞭解，而能作更有效的藥物調節。

利用無線電電極裝置 ( Radio-telemetry ) 使對癲癇、夢遊症及流動性自動症 ( ambulatory automatism ) 病人的研究更增加了腦電圖的檢出率。利用分裂影面 ( split-screen ) 的設備，可以同時記錄癲癇的臨床發作及腦電圖的變化，更便利對癲癇的研究。

除了一般診斷性的檢查外，對於腦功能的研究尤其是藥物及各種不同生理狀態對腦的影響，譬如說：癲癇治療藥物的研究，或者是癲癇賦活藥物的研究，不管是在人體或動物實驗上腦電圖都是最主要的工具。

以上是四十幾年來腦電圖學發達及廣泛使用於臨床診斷的情形。近年來更由於加算電腦 ( averaging computer ) 的發達，利用這種新的電

子儀器把一定的 ( 光、音、電或痛 ) 刺激不斷的給予受試者，不管是正常人、病人或實驗動物，由這些刺激在大腦皮質引起很微小的反應，這些反應用以前的腦電圖器無法測量出，但是反覆刺激利用加算電腦的調整，可以使變化波明顯起來，叫皮質誘發波 ( cortical evoked potentials ) 或皮質誘發反應 ( cortical evoked responses )。這種技術在腦功能的研究上已經有很大的發展，不過在臨床應用上還不太普遍，而可以利用這種技術：如對腳部電刺激所產生的皮質誘發波的消失或存在來幫忙判斷脊髓病變的預後，或者特殊的腦疾患，如一氧化碳中毒的人所造成的光誘發波的消失，視神經疾患如多發性硬化病的視神經炎，聽神經疾患利用光誘發波或聲誘發波來幫忙診斷。

利用頻率分析器 ( frequency analyzer ) 來分析腦電圖中各種不同頻率的多寡，也可以增加診斷的方法。更有進者利用發展中的電腦來幫我們把 30 分鐘的腦電圖濃縮到一兩張紙面的變化，讓醫師可以像心电图一樣的容易判讀的構想，雖然現在還沒有實際臨床利用，但相信不久的將來一定可以實現。