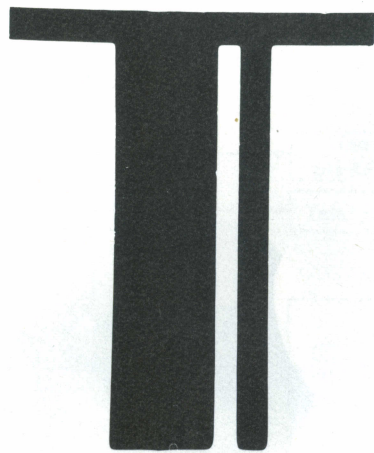


一九七二年英國EMI的Godfrey Hounsfield 設計出一組器械，利用電腦來組合X光線所產生的影像。此項成就更使其獲得了一九七九年的諾貝爾生理醫學獎；此乃自一八九五年發現X射線以來，醫學界之另一大突破！本文謹將此種電腦斷層攝影之原理、應用及展望，配合部份圖解及照片，作一簡單介紹。 吳冠群

# 電腦 斷層 攝影

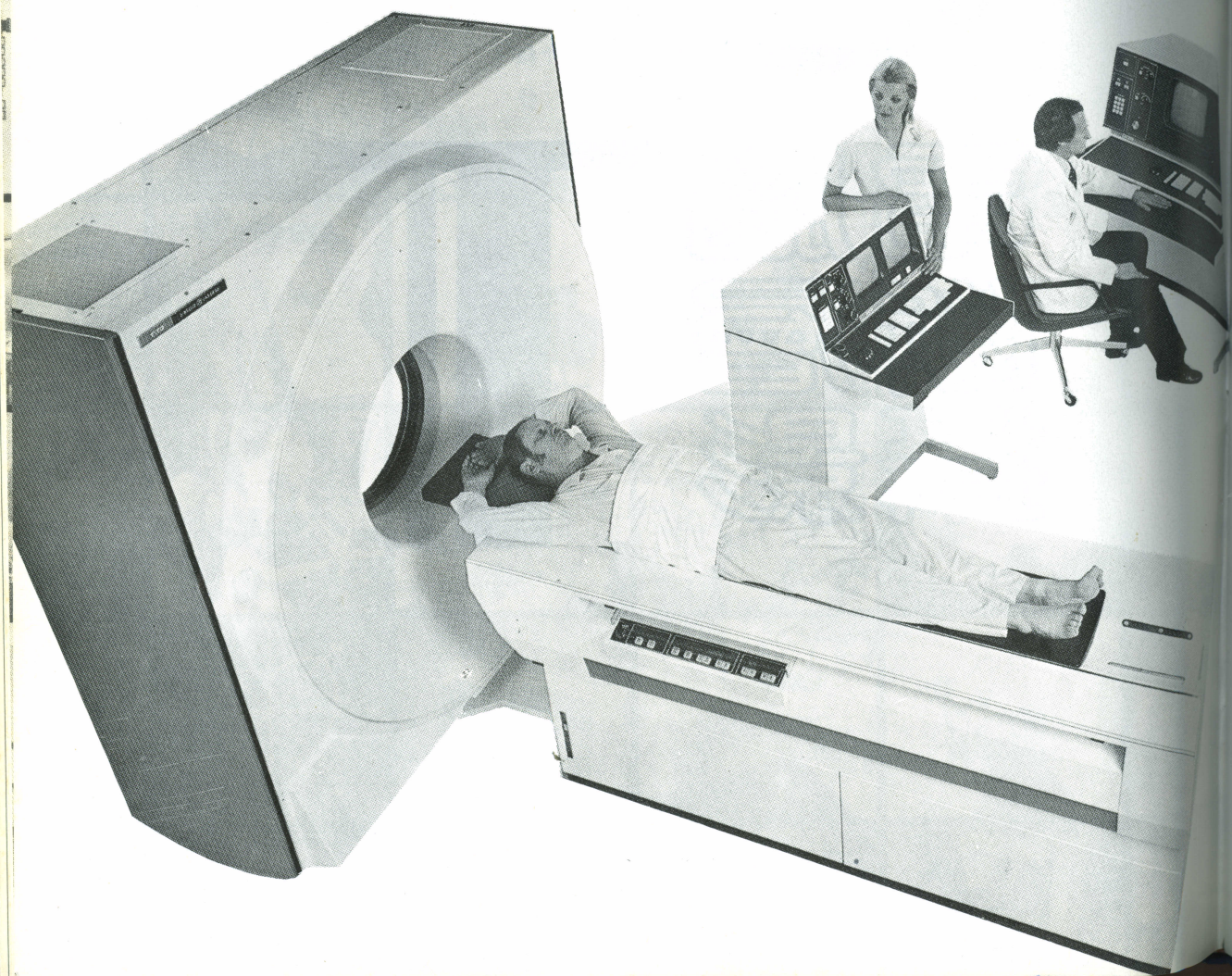




九十多年來，X光線的醫學用途不斷的擴大更新，在影像診斷( Image Diagnosis ) 領域中成爲不可缺少之工具。一九三五年斷層攝影( Tomography or Laminography) 之發明更使人體各種深度的病變有更清晰的診斷。近年來雖然有更新的影像診斷方法，例如同位素掃描等出現，但是尚有很多困難需要克服的，若對比較差的腦組織及其他軟組織就無法很清晰準確的顯示出來；同時，很多檢查都是具有相當的危險性的，如腦室攝影、血管攝影等。一九六〇年以後，電腦應用於醫學的概念開始在醫界萌芽。W.H.Oldendorf(1961 年) 及 A.M.Cormack (1963 年) 分別開始嘗試這種新的構想。直到一九六八年 D.E.Kuhl 嘗試製成了核子醫學影像的掃描機，但是由於影像重建技術的限制，無法突破，而沒有應用於醫學診斷上。一九七

二年英國 EMI 公司 ( EMI, Middle Sex, England ) 工程師 Godfrey Hounsfield 終於成功的推出了第一部臨床頭部診斷用的電腦斷層掃描機 ( CT Head Scanner ) ；不到兩年的光景，美國 R. S.Ledley (1974) 又研究成功了第一部全身用之 CT 掃描機 ( Whole body Scanner ) 。一九七五年通用公司 ( GE ) 爲梅育診所 ( Mayo Clinic ) 推出了第一部乳房檢查用掃描機 ( Breast Scanner or CTM ) 。

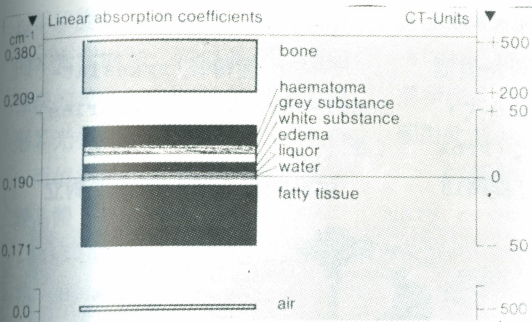
到目前爲止，短短的八年間，CT 掃描機由第一代而發展到了第四代，而且掃描的時間也由最初的五分鐘縮減到兩秒，同時影像的重建則縮減到數秒之短。無可置疑，電腦斷層掃描機的問世，無異是把近代醫學，特別是影像診斷學之發展邁入了一個新的世紀，福祉世人！





## 電腦斷層攝影的原理

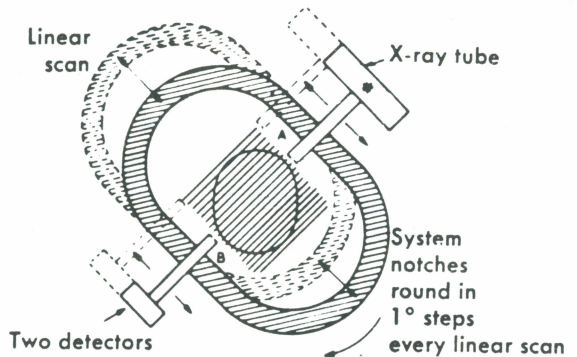
電腦斷層攝影的影像是利用矩陣點或圖點 (Matrix or pixels) 組合成像，而投影在電視影像管中。每一圖點的影像的設計是以X光線通過物質後的衰減值 (attenuation value) 與水之直線衰減係數 (Linear attenuation coefficient of water) 來作對比 (圖一)，因此臨床所需的影像就是此等數值之組合所構成。每一個別圖點之衰減個別總值是由X光源及偵測器所收集的資料來決定



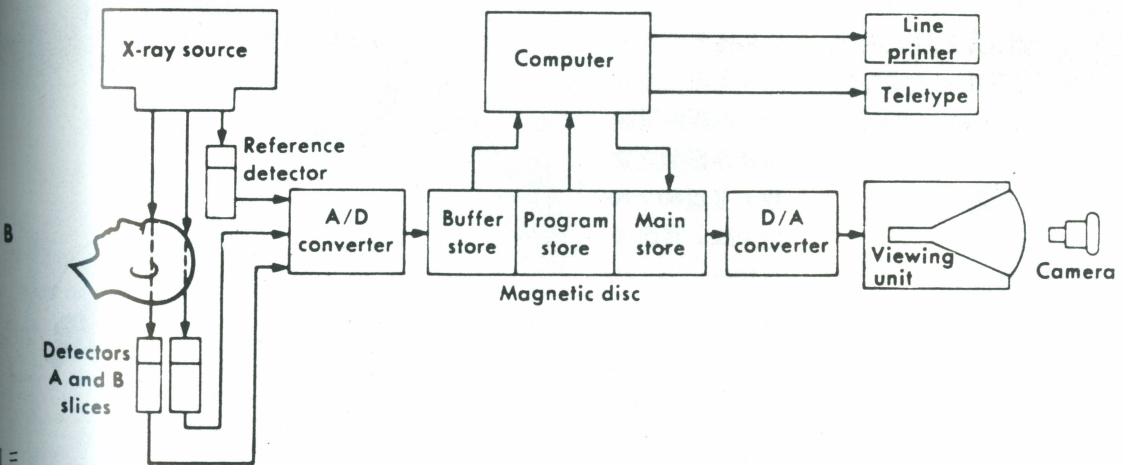
圖一、不同組織之直線衰減係數與CT-Units之對比。

的。收集的程序如圖二所示。

以下是根據原始的平移旋轉式裝置 (圖三)，以一個X光源及二個偵測器的形狀來作簡單的解說。每一個機架的光源及偵器系統會將每個經過組織掃描半徑所生之衰減的矩陣點數組成一個密度側影 (Density profile)。而X光線之體積 (Voxel) 從A來源經過掃描的面積，然後經偵測器來收集 (圖四)。每個密度側影的獲得是將X光線的衰減量或吸收量與掃描半徑內物質的份子作相對性的調節 (Modulation) 後而造成的。這些物質如骨等都具有較大的密度，當X光線經過骨時，大部份之

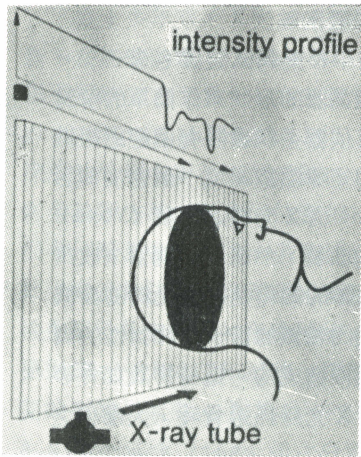


圖二：Schematic drawing of principle of CT scanning — the scanning frame .



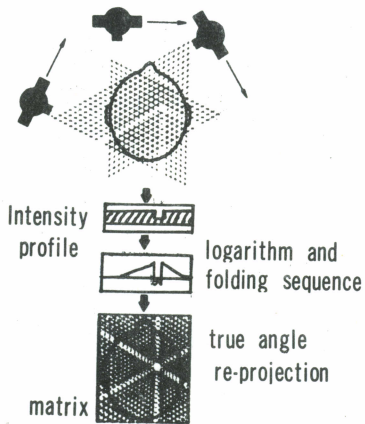
圖三 . Schematic drawing demonstrating the component parts of a CT scan. Below the x-ray source are the detector systems discussed in A. The information is converted to an electrical impulse and transferred to the storage region for processing by the computer. Following processing by the computer, the final attenuation information can be displayed on the viewing unit or the line printer. (Courtesy EMI Medical Inc.)



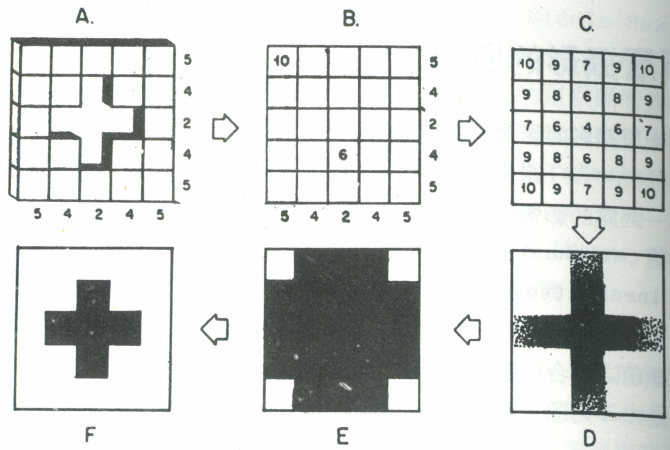


圖四：平行移動一次之掃描面積。

光子 (Photon) 被其較大的密度所阻擋或者吸收掉，因此在 B 點所得之 X 光信號自然變弱；但是在液體或氣體等密度較少的物質經過時所獲得的信號，自然比較強。由以上的方法和理論根據，掃描裝置不斷的旋轉及重覆掃描，便可以得到各個圖點的各项資料，再經過特別裝置的處理，以數學的方法 (algorithm) 經電腦計算出該等物質的衰減值 (與水作比較)，因此這些圖點的值便可在電視影像管中形成電腦斷層影像 (CT image) (圖五)



圖五：電腦斷層影像形成之過程。



圖六：電腦斷層攝影的基本原理。

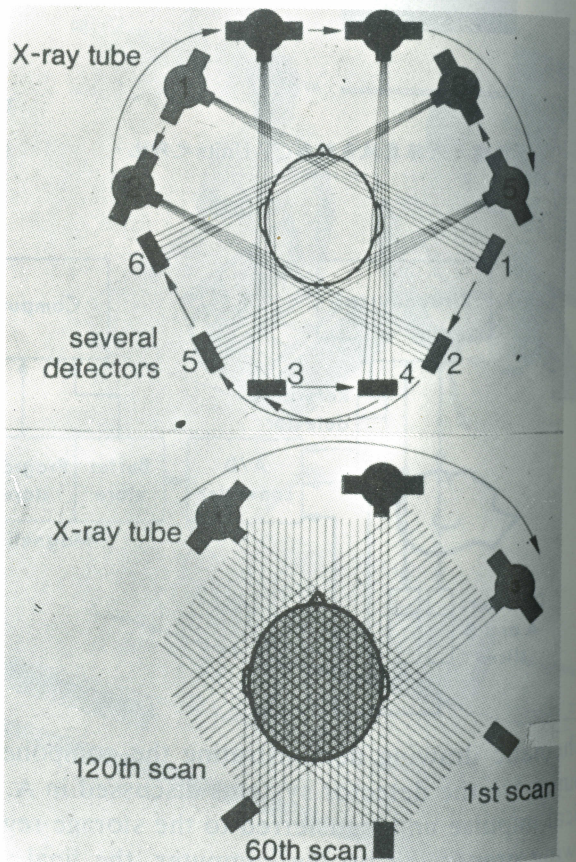
。例如 CT 掃描機 X 光源及偵測器每轉一度可平行移動 160 次，便可以獲得 160 個方程式 (Program)，而每個影像可旋轉 180 度，那麼全部可以得到二萬八千八百個方程式 (160 × 180)。再由以上的裝置 (圖六) 可解得受檢部位的每一個個體體積元素的 X 光線衰減系數，再經由電腦系統作影像之重建，並以 80 × 80 之矩陣，將影像以灰色尺度 (shade of gray) 顯現於電視螢光幕上 (圖五)。

電腦掃描器已邁入第四代了，而且前 CT 機架內掃描運轉的形式，可歸納為三大類：

(一) 平移旋轉式 (translational-rotational gantries)

(圖七)：

此式的 X 光管和偵測器對立



圖七：CT 機架內掃描運轉的平移旋轉式。



於機架的兩邊，作直線平行的移動，橫過於掃描直徑而得到多種判讀資料，然後機架再以不同的角度旋轉。如此重覆移行和旋轉至180度為止。第一代CT均採用此式，它的光源是用鉛筆樣射柱(pencil beam)及單一偵測器，此種形式的掃描裝置的缺點是如此重覆掃描的時間比較長，需時五分鐘左右。

第二代CT掃描器也是同樣以平移旋轉式來運動，但其採用的X光源增加(可以多至12個鉛筆樣的柱)。另外亦有採用扇形X光柱，其角度由10°至30°不等，而偵測所用的晶體由碘化鈉閃爍晶體(Sodium Iodide Scintillation)改為用鉍化鉍晶體(Bismuth germanate crystals)；速度可以減少到18秒。第二代CT掃描機是屬於此

式。

(一)固定旋轉式(Rotational motion)(圖八)：

此種機架使用一轉動的運動方式(360°轉動)，同時光源及偵測器均可隨之轉動。光源是扇形X光柱，其可涵蓋不同的角度，目前所用的度數有10°、12°、30°三種。而偵測器則改用多個氙(Xenon)偵測器，或多個閃爍晶體(Scintillation crystals)，甚至有用全晶體(Solid state)偵測器的。掃描時間已進步至2至10秒了。第三代CT即用此型。

(二)靜態偵測系統(Stationary detector system)(圖九)：

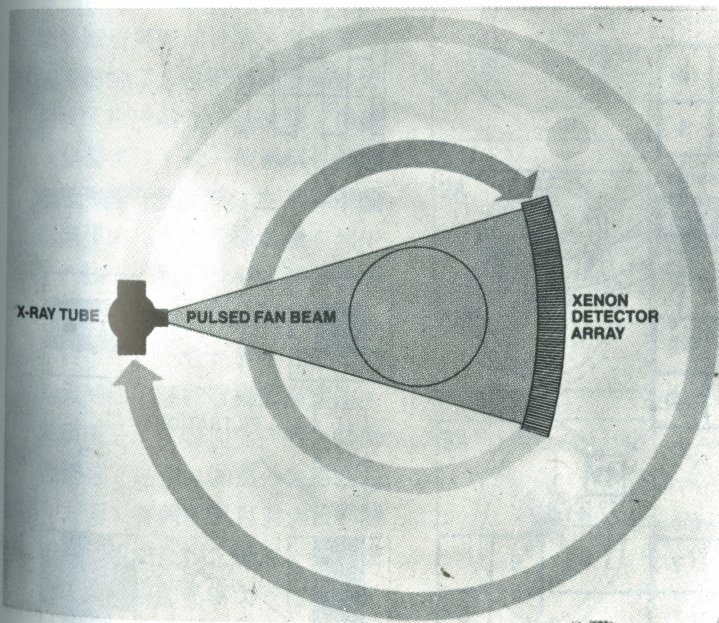
此種機架為旋轉式加上一系列排列的靜態偵測器。X光源為一個寬大可移動的扇形X光柱。偵

測器的設計是排列在機架的圓周上，其數量可以多至500到700個。第四代CT掃描機屬於此型。它的掃描時間和第三代CT掃描機相同，不過其偵測較為準確。

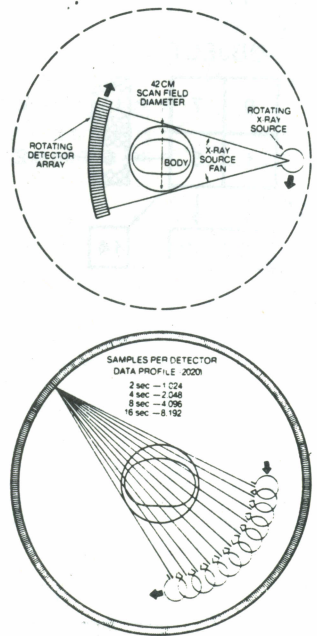
電腦斷層攝影的影像的重建(Image Reconstruction)是採用數學方法(Algorithms)，即包括計算及縱作(Computation and manipulation)二種方法：

(1)反投影法或綜合法(Back projection or summation)(圖十)：此法是將各個角度掃描後所得的側影綜合起來成爲一個圖像，可惜此種方法的清晰度不夠。

(2)重復的方法(Iterative method)(圖十一)：這個方法是開始時，先假設矩陣內之所有

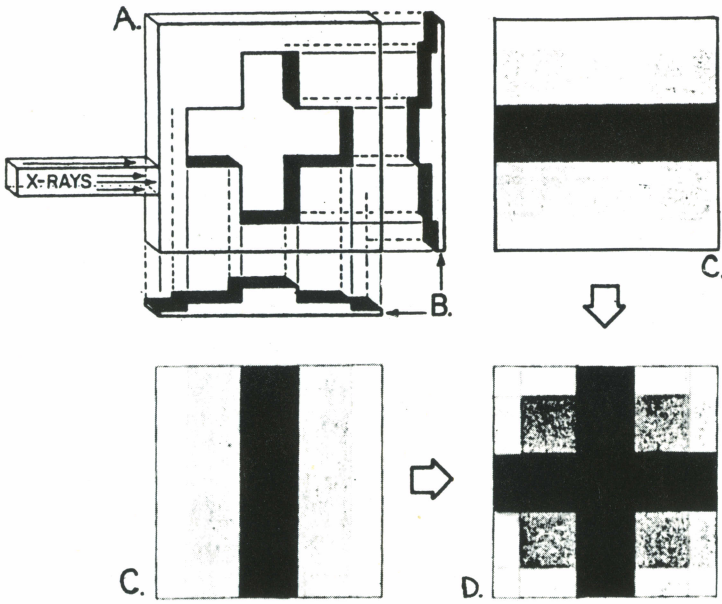


圖八：第三代CT機架，採用轉動式光源及偵測器。



圖九：第四代CT機架，採用一固定式偵測器及一可移動之扇形光源。

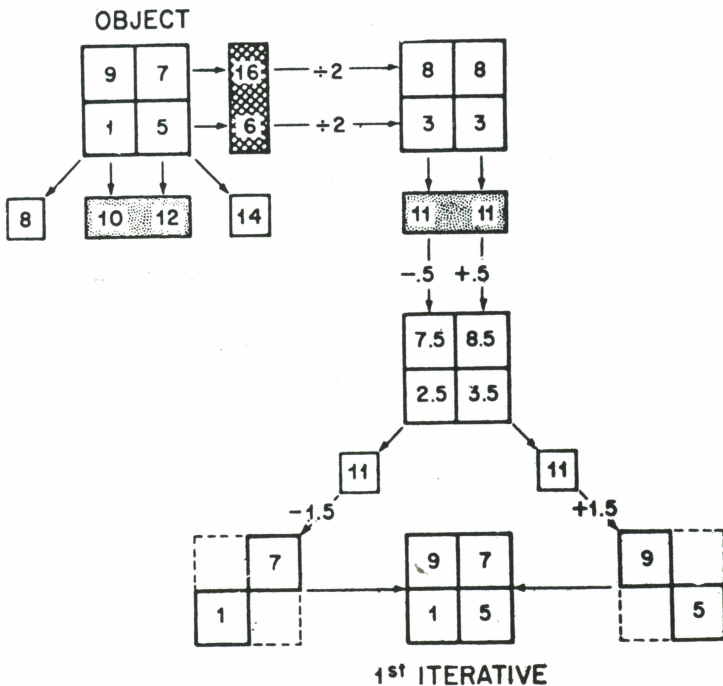




圖十：反投影法。

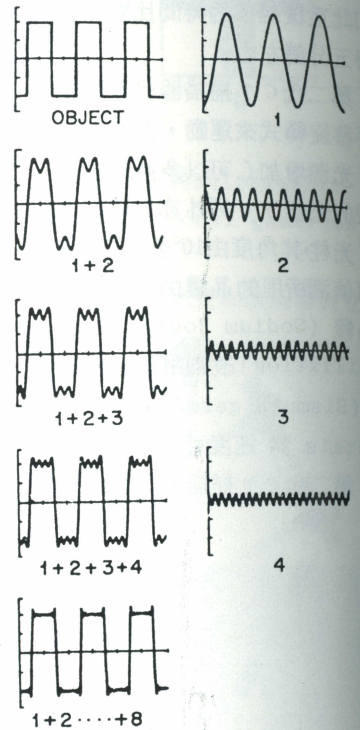
的圖點 (pixels) 都有相同的值，然後將量度得到的值和假設值來比較，並不斷加以修正，直到兩者的值相同或在許可的範圍內為止 (如圖七)。

(3)分析法 (Analytic Method) (圖十二)：以工程數學來重建影像。可分成：①二次式的富氏分析法 (Two-dimensional Fourier Analysis) 是利

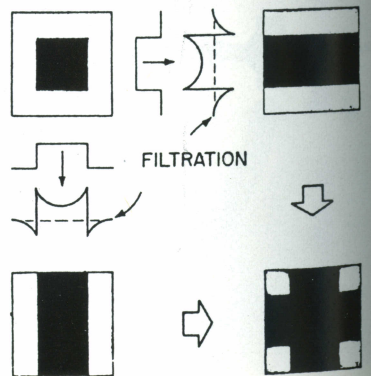


圖十一：重複方法。

用時或空的任何方程式。可以用正弦及餘弦波不同的頻率及振幅的總和來表示。②過濾反投影法 (filtered back projection) 這種方法類似反投影法；但是影像經修飾而產生較佳的影像。目前大部份的電腦斷層攝影均採用此式。



圖十一、二次元的富氏解析法



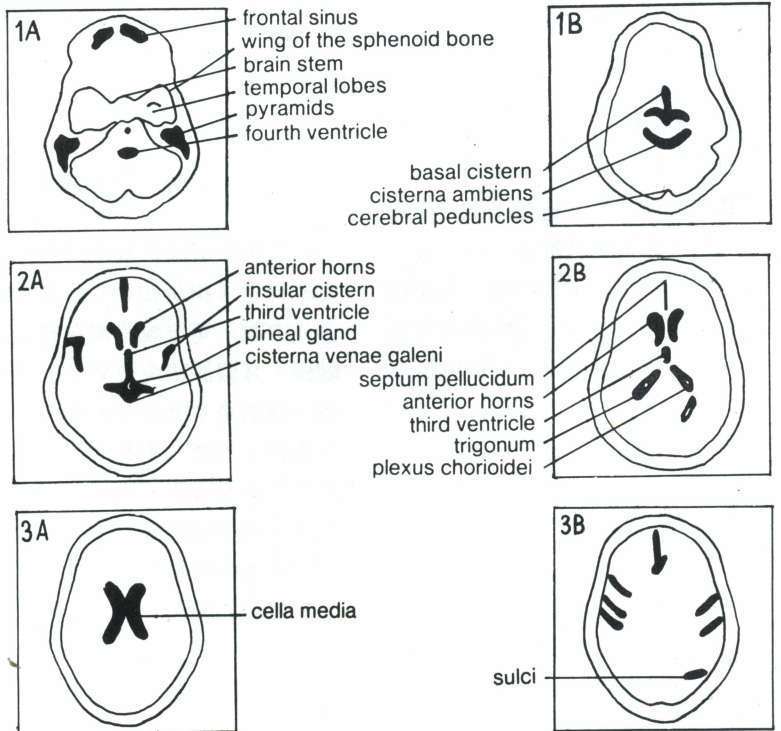
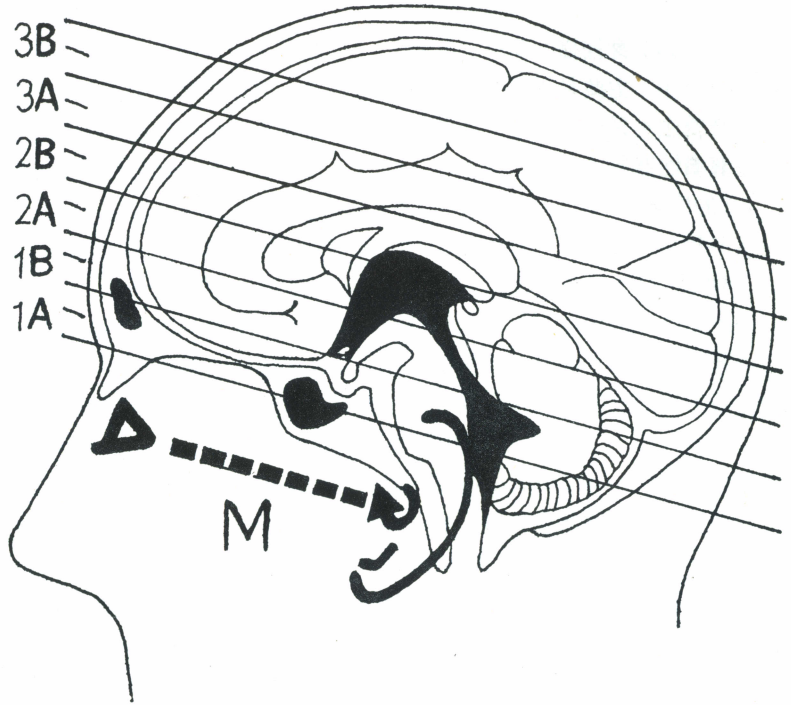
圖十二：二次元的富氏解析法及過濾反投影法。



### 醫學上的應用

電腦斷層攝影掃描的範圍涵蓋整個人體的各部份，但因各種臨床之需要不同而有三種不同用途的電腦斷層攝影裝置產生。

(1)頭部掃描機 ( Head Scanner )：那就是以頭頸部為主，主要是作神經方面的各種檢查為主。其範圍既以頭、頸部的各種病灶，例如腦腫瘤、腦血管疾病、顱腦外傷、小兒神經病徵變化 ( Neuro-pediatric fluctuations )、腦先天性的畸形 ( Brain Malformations )、腦部炎症、眼窠的病灶、頸部腫瘤等。以前許許多多腦部的問題困擾著神經內外科醫師，如腦內小量出血或小血管梗塞等的病變的鑑別診斷，腦挫傷所引起的水腫或腦內血腫的正確判斷等等，在電腦斷層攝影問世後，幾乎都可迎刃而解了！自電腦斷層攝影使用後，由於其特徵是便捷、準確、無傷害性，使一般傳統性的腦部檢查量急劇下降，例如腦室攝影減少90%；血管攝影檢查減少了約15%；同位素掃描減少了60%。我國臺灣地區自民國六十七年後，十大死亡原因中之前三名均與腦部電腦斷層攝影有關的。其順序是：①腦血管疾病、②惡性腫瘤(癌)、③意外災害。另一方面，臺灣地區目前尚沒有嚴格執行戴安全帽之規定，每年機車騎士因腦部受傷而死亡的，數以千計。因此，可想而知電腦斷層攝影對腦部病灶及受傷的重要



圖十二：Schematic Representation of Standard layers of skull.



性。

(2)全身掃描 (Body Scanner)：主要是以腹及胸部的病灶為主。目前CT掃描對腹腔內實質性器臟 (Solid Viscera) 的病理狀況 (pathologic Condition) 之惡性病變的分期 (Staging)；放射治療的治療計劃，跟查和預後、以及活體檢視的樣本拿取都有著很大的幫忙！同時，對腹腔內腫瘤、膿腫、粘連 (adhesion) 之評估，內疝 (Internal herniation)、腹內外傷、多囊性器臟病 (polycystic diseases of solid viscera)、腹膜後腔淋巴病變、動脈瘤及其他血管瘤等、膽道病變及阻塞、肝臟病變及消化系的病變等都有很好診斷價值！以前在腹膜後腔 (Retroperitoneum) 及骨盆 (pelvis) 內的檢查稍顯不足，因為在此等區域有較豐富的脂肪 (Intraabdominal fat) 的原故；同時此帶亦有很多充滿液體的腸道，而且這些腸子的位置變異很大，缺乏解剖上的定點 (Landmark)，以及腸子不斷蠕動，容易產生假影而影響檢查的程序或結果！但是自從實行腹膜內空間注射對比劑 (Infusion of Contrast Medium to Peritoneal Space) 後，以上的問題已大部份獲得解決了。但是如果對對比劑會產生過敏反應及腹部感染腹膜炎等情況，則不能行注射對比劑了！除了腹腔檢查外，胸腔方面應用電腦斷層檢查的需要亦越來越多！例如肺臟本身的病變，食道、縱隔內各種病

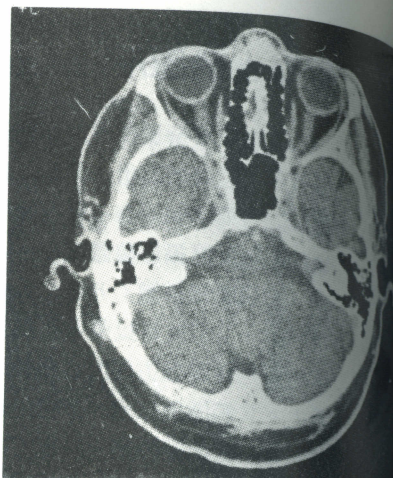
變、心臟、包心膜等的病灶及畸形等，CT攝影已取代了很多檢查，更減少了不少不必要的開胸手術！相信不久將來的胸腔病變倚靠CT作診斷的情況必會直線上升。

(3)乳部掃描 (Breast CT Scanner, CTM)：一九七五年末期，首部由通用公司 (G. E.) 製造的乳部檢查用的電腦斷層攝影機在梅育診所 (Mayo Clinic) 啟用，CTM在診斷乳部的病灶比傳統的乳部檢查、紅外線檢查 (thermography) 更為有效準確，加上對比劑 (Contrast Medium) 後其診斷率更高。它檢查之病疾包括乳部的惡性病，良性腫瘤；纖維囊性 (fibrocystic) 病，管道之增生，脂肪性壞死 (Fat Necrosis)，局限性的管道擴張 (local ectasia) 等都有很高的診斷率！

## 電腦斷層攝影的展望

電腦斷層攝影顯然已震撼了醫學界了，但是在CT本身的發展史來說，可以說是尚在起步的階段！其發展和重要是可以預期的，特別是CT的危險性少，沒有痛苦、省時、不必住院、以及準確性高等優點，使更多臨床醫師捨棄其他傳統檢查而採用CT攝影檢查的情形日益普遍！根據CT使用的情況看來，CT的發展必會朝如下的三個方向前進：

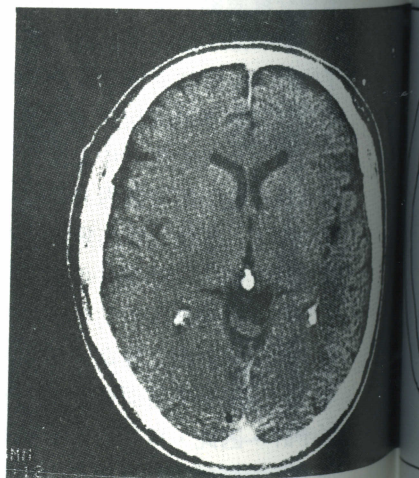
(1)更快的掃描系統 (Faster Scan Unit)：目前已有有人研究更快速的掃描器了，其掃描



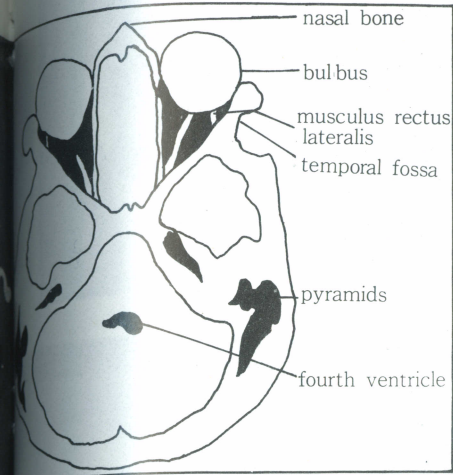
CT Scan of the Base of the cranium.



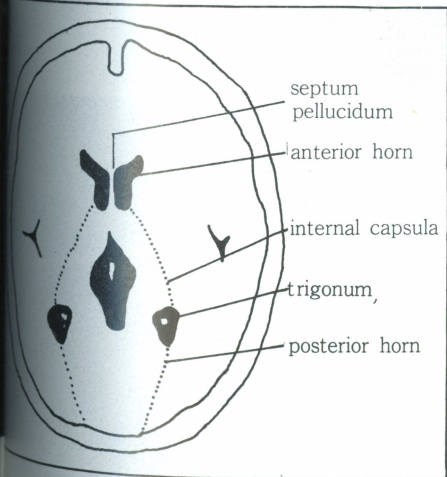
CT Scan of the head. Coronal view.







CT Scan of the abdomen.



的時間將少於 1 秒鐘。

(2)更薄的切面 (Thinner layer) : 更薄的切面, 可以使小病灶無所遁形; 同時使每個病灶的構造更清晰, 診斷更正確。

(3)新而安全的對比劑 (New Contrast Medium) : 在臺灣地區, CT 的應用和發展, 尚追不上其他先進的國家; 但是這種情形, 可望在短期內解決, 因為很多大醫院都爭相購買或預算購買 CT 掃描機。目前臺灣共有二部 CT 掃描機, 另外兩部亦可在年內安裝完成, 並投入使用行列。其分佈的情況如下:

(a)第一架在榮民總醫院: 屬於第二代全身掃描型 (Siemens 的 Delta-Scan 50 FS whole body CT) 開始啟用於 67 年 11 月, 使用之病患數已超過六千人次。

(b)第二架在長庚紀念醫院, 為頭部型 (Siemens 的 Siretom 2000E, Head CT), 啟用於 68 年 7 月, 使用之病患數已超出一千七百名了。

(c)第三架為最新式兩秒快速的第四代全身型 (Delta-Scan 2010 型), 為中心診所所訂購, 於 69 年 3 月底空運到台, 於最近之將來可以啟用。

(d)第四架亦為第四代全身型之 Delta-Scan 2010 型, 為南部某一綜合醫院所訂購, 可望於今年 (69 年) 五月運抵台灣。

### 參考資料

1 蔡春泉: 放射診斷學之近期發

展——電腦斷層攝影。長庚醫訊、第一期 (69.31)。

2 黃國茂、徐劍耀: 電腦斷層攝影在頭部外傷及腦血管意外的診斷價值。中華放射醫誌, 4: 20-28, 1979。

3 李子瑜、吳峻吉、于俊: 電腦斷層攝影原理簡介。中華放射醫誌, 3: 312-317, 1978。

4 謝明仁、丘清良: 下腹暨腹膜後腔電腦斷層攝影。中華放射醫誌, 4: 149-162, 1979。

5 王家槐: 電腦斷層造影之原理。臨床醫學, 第四卷, 第四期 (4: 318-326, 1979)

6 陳光耀: 放射線科學的發展史。中華放射醫誌 4: 1-5, 1979

7. Leslie, W. Roubetal: Computed Tomographic Positive Contrast Peritoneography Radiology 131: 699-704, June 1979.

8. John J. Gisvold, David F. Reese, Philip R. Karsell: Computed Tomographic Mammography (CTM):

AJR 133: 1143-1149 Dec., 1979.

9. Atlas of Computed Tomography of Pediatric Neurology

10. John Haaga: Computed Tomography of Abdominal Abnormalities

11. Computed Tomography of the brain, Ramsey

本文承蒙長庚紀念醫院放射診斷科主治醫師衛優游大夫校閱, 特此致謝!