

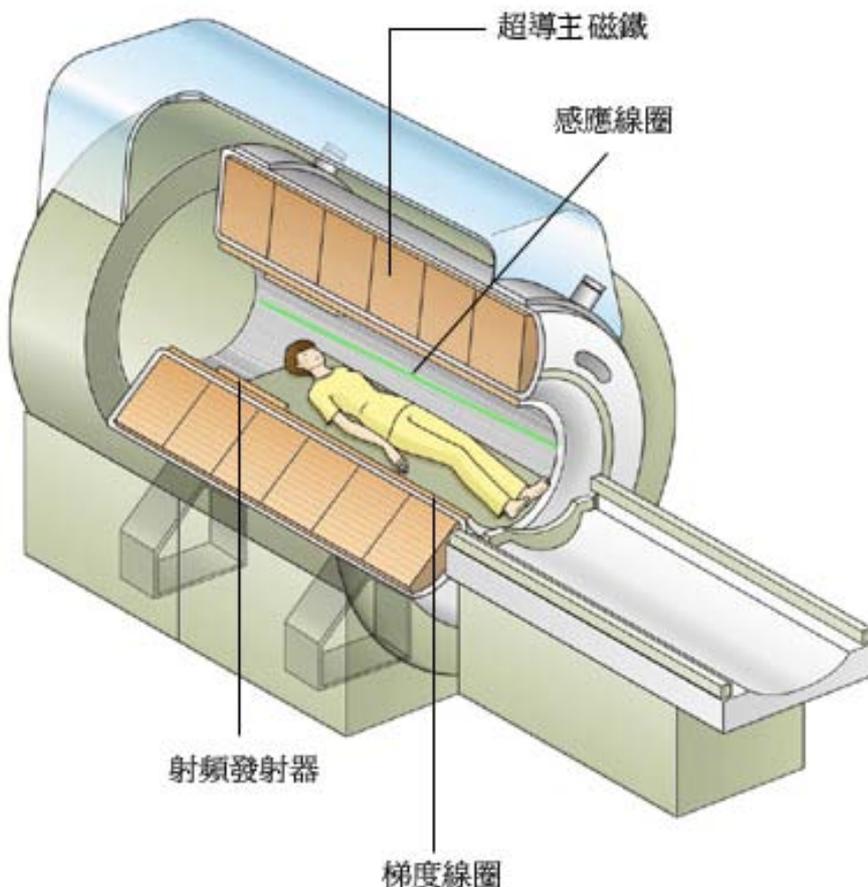
用氫認識人體—磁共振造影（MRI）

想透視人體又不造成傷害，清晰度高且不使用放射線的磁共振造影是最佳利器。只要幾張影像配合內科問診以及其他生理檢查，醫生很快就能找出異常之處，確定病因。

文／楊嘉慧、徐英豪

審稿／台灣大學電機系教授 鍾孝文

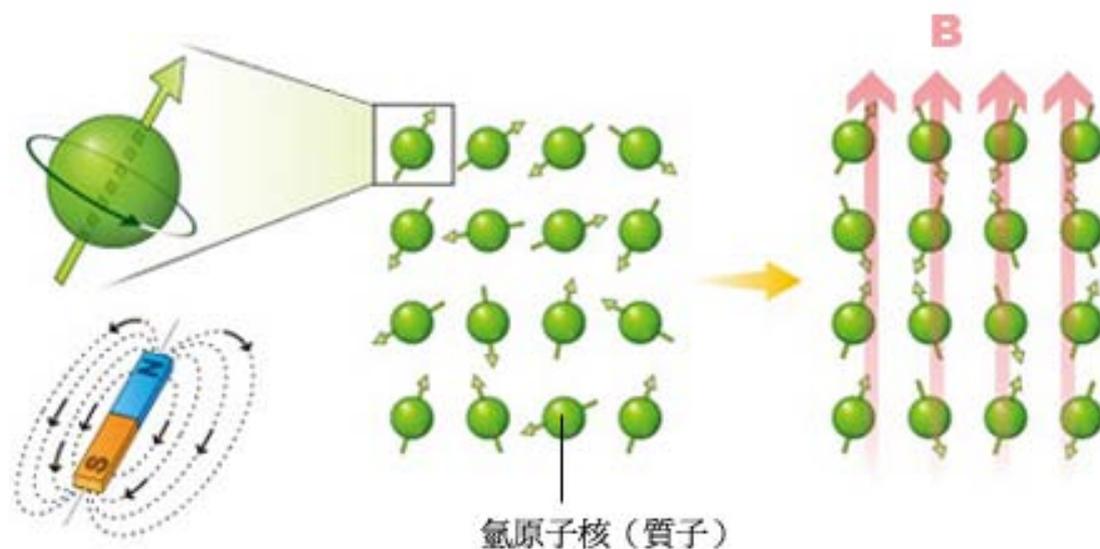
由於科技的進展，現在醫生為病人進行檢查時，只要透過一部機器，在人體外加磁場，記錄磁場對體內氫原子造成的影響，就能診斷病人，這就是磁共振造影（MRI）的基礎概念。由於人體的組成元素中，總數最多的是氫原子，包括脂肪、蛋白質以及在人體內佔了 70% 的水都含有氫原子，因此，如果把體內原子想像成駐守在身體各處的情報員，那麼氫原子提供的信號，例如氫的分佈密度等，絕對多過碳、磷、鈉等原子。磁共振造影儀便是一種專門用來激發、偵測單一原子核訊號的儀器，醫療應用時都是偵測氫原子，原因就在於人體內氫原子數量多，提供的訊號強，雜訊干擾相對較少，以致得到的影像比較清晰，具參考價值。



磁共振造影儀以超導體無電阻線圈環繞成的迴路，產生大小約地球磁場三萬倍的超導主磁場，再透過各種不同作用的線圈產生磁場與電流，偵測氫原子的運動情形與分佈。（電腦繪圖：姚裕評；影像來源：徐英豪）

MRI 如何激發、偵測氫原子呢？氫原子核是單一質子，它會自旋，即如同自轉般的運動。由於質子帶正電，它的自旋會產生磁場（電磁效應），使得每個質子都像個小磁鐵一樣（見下圖左）。小磁鐵的旋轉方向與速度會受到附近的強大磁場影響，而磁共振造影儀就是利用了這項特性。

質子立正站好！



人體內氫原子的原子核（質子）會自旋而產生磁場，磁場排列不規則的氫原子核（圖左），若受到外加主磁場 **B** 影響，會使得氫原子核的磁軸轉向與主磁場近似水平的方向排列（圖右）。
（電腦繪圖：姚裕評）

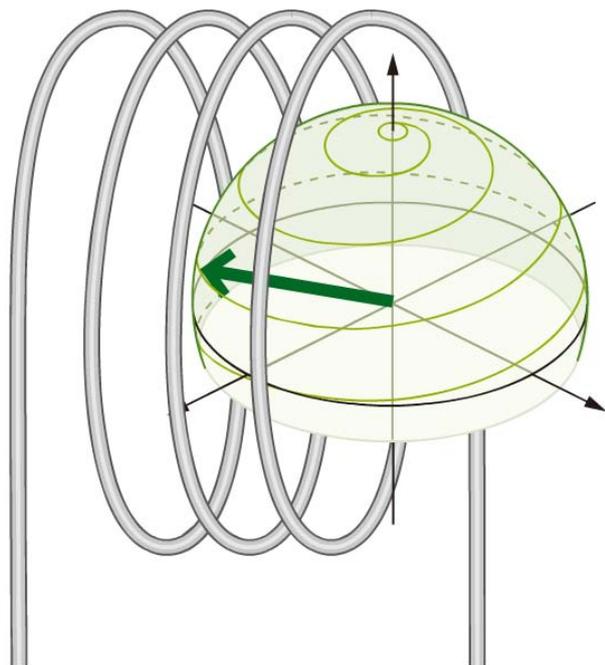
台灣大學電機系教授鍾孝文指出，磁共振造影首先要讓人體帶有微弱的磁性，再來是讓質子運動，並接收質子運動所產生的訊號，在此同時也需要將訊號產生的空間位置做編碼，來形成影像。

進行磁共振造影時，受測者會被送進中間中空的 MRI 裡，接著人體會被磁化成帶微量磁性的個體。MRI 可看做一個巨大的磁鐵，裡頭有以超導體無電阻線圈環繞而成的迴路，產生大小約地球磁場三萬倍的超強「主磁場」，使受測者體內排列不規則的氫原子核將磁軸轉向與主磁場呈近似水平的方向排列，有的與主磁場同向，有的反向（見上圖右）。鍾孝文表示，根據統計力學的研究，同向排列會比反向排列多，但每 100 萬個氫原子中，同向只比反向多 5~6 個，因此人體不會因為質子規則排列而變成強大磁鐵。

質子運動洩天機

接下來就要利用 19 世紀物理學家法拉第觀測到的「磁生電」現象偵測氫原子。法拉第發現，當磁鐵通過一個封閉金屬線圈時，線圈上會產生感應電流，如果 MRI 讓氫原子核這個小磁鐵運動，外界封閉線圈就會產生感應電流，進而偵測到氫原子的訊號。

MRI 內有一射頻發射器（radiofrequency, RF），負責提供磁力讓質子運動。射頻發射器是以交流電製造出旋轉磁場，磁力方向不斷改變，但始終與主磁場垂直，經由激發質子，會出現旋進運動（見下圖），即質子自轉軸又繞著另一軸旋轉。掌握質子的運動軌跡後，只要在外界置放感應線圈，就可以由感應電流偵測到氫原子。



射頻發射器利用交流電製造旋轉磁場，讓質子運動。圖中綠色箭頭代表受激發質子的磁向量，它的磁力大小不變，但方向繞著綠色軌跡做旋進運動。若於其附近置放感應線圈即可產生感應電流，被偵測到。(動畫製作：姚裕評)

動畫請見網址：

<http://sa.ylib.com/saeasylearn/saeasylearnshow.asp?FDocNo=1210&CL=77>

經過射頻發射器激發之後，每個氫原子的旋轉頻率都與主磁場成正比，主磁場強度固定，因此可加一個和主磁場方向平行但磁場大小隨位置改變的梯度磁場，就可讓每一個氫原子核所造成的感應電流隨位置改變，並偵測出是哪個位置的氫原子所造成的感應電流。一般而言，通常是將人體分成許多切面，接收該切面的訊號後，再運用電腦做空間位置的解碼計算，就可繪出切面上的氫原子分佈圖。**MRI** 的三維圖像，便是由很多張切面圖像所構成，當二維影像看不清楚時，如檢測較細微的血管，就可以使用三維影像來呈現。

質子圖像找病灶

目前磁共振造影主要用來診斷軟組織病變，在腦神經系統與脊椎病變方面具有獨特的診斷優勢，其他如心血管疾病、骨骼肌肉系統、癌症篩檢等也都有實際的臨床應用價值。醫生拿到影像時，會與正常影像做比對，觀察氫原子的分佈是否異常。更廣泛使用的方式是，將氫原子受周圍組織特性影響的 **MRI** 參數顯示在影像中，如果體內出現不尋常的物質，干擾氫原子的訊號，導致影像變暗或變亮，便可得知病灶的位置與大小，甚至進一步根據訊號大小判斷病灶特性。例如當體內組織出現水腫，導致液體大量蓄積、氫原子數變多，反應水分子運動情形的圖像就會出現異常強的亮信號；又如顱內出血時，會有一些鐵離子聚集該處，鐵離子本身具有磁性，會干擾此部份的磁場，造成磁場分佈不均，因此反應局部磁場均勻度的影像也會出現局部黑點。經由磁共振造影圖像，配合內科的問診以及其他生理檢查，醫生就可進一步確定病因。

病患可能也會擔心，身體被磁化後，不會影響生理嗎？其實只要一離開儀器，那些排列規則的氫原子核就會因為外在溫度，馬上恢復零亂的排列狀態，所以對人體並不會產生負面影響。由於磁共振造影不具侵入性，又能快速取得清晰影像，因此它的接受度相當高，未來應用範圍也會越來越廣。

MRI 的應用與限制

新光醫院磁共振造影中心主任蔡裕豐表示，人體絕大部份都是軟組織，因此無論是腦神經病變、全身癌症，或心血管疾病等，幾乎都可以使用 MRI 檢測。MRI 對於腦神經系統及脊髓病變的靈敏度極高，能辨別很小的異常處，尤其對於腦部原發性或轉移性腫瘤、中樞神經感染疾病及退化性白質病變等，都有很高的檢出率。

除了偵測病變，MRI 對於功能性的檢查也有幫助，可在腦瘤切除前，先評估術後是否會影響身體的其他功能，甚至可做為冠狀動脈狹窄病患癒後追蹤。許多國內研究單位更以 fMRI（功能性磁共振造影）觀察人類在進行認知作業時的腦部活動，通常是給予受試者不同的刺激，再以 fMRI 掃描觀察，當不同刺激出現時，腦部神經活動產生的局部血流量變化為何，進而研究腦部哪些區域負責哪些功能。

除此之外，MRI 也可以應用在農產品、畜產等方面的篩檢，例如可掃描稻米中澱粉與水份的分佈比例、水果中的含水量等，瞭解農產品中的含水量，依此進行農產品的研究與改良。

MRI 雖然應用廣泛，但仍有限制。人體內若有金屬物質，可能形成假訊號，造成磁場分佈不均勻，或是干擾體內儀器運作，所以裝有心律調整器、人工金屬關節、接受腦血管動脈瘤結紮，以及腦部留有血管夾、助聽器、電子神經刺激器和體內裝置各類電擊傳導器者，都不適合以 MRI 進行診斷；而且 MRI 對鈣化不敏感，對病人身體移動則很敏感，容易產生偽影，因此躁動者、幽閉恐懼症者也都不適用受檢。此外，意識不清、重症者需特別照護，小孩、懷孕婦女則需在 MRI 專業醫師建議下謹慎進行，而由於 MRI 會造成體溫微幅上升，所以體溫調節不良者、高燒、嬰兒和老人等，檢查時也需要特別注意體溫的變化。

引用來源：<http://sa.ylib.com/saeasylearn/saeasylearnshow.asp?FDocNo=1210&CL=77>

科學人雜誌網站_科學 Easy Learn