



# Introduction of MRI

第二組

王怡文 簡翔灃 何念青

# MRI簡介

- **Magnetic Resonance Imaging**(磁共振成像)
- 全名是NMRI(**Nuclear Magnetic Resonance Imaging**, 核磁共振成像)

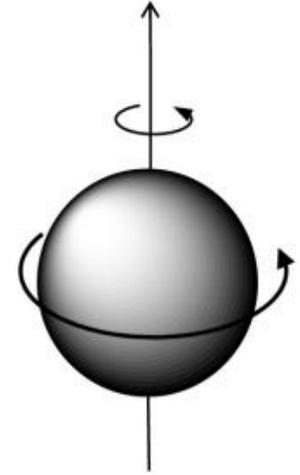
# MRI簡介

- 利用核磁共振(NMR, Nuclear Magnetic Resonance )
- 氫原子核被激發，在脈衝結束後釋放能量。
- 接收不同組織能量衰減的訊號來比對。
- 運用梯度磁場來進行切面選擇、頻率、相位編碼，再經過二維傅利葉轉換...分離出切面上不同位置的訊號強度，以比較不同組織間的差異，據此也可繪製結構圖像。

# 核磁共振(NMR)原理

- 核磁共振(NMR, **Nuclear Magnetic Resonance** )
- 自旋(spin)
- RF 脈衝激發
- 弛緩(relaxation)
- 定位

# 自旋(Spin)

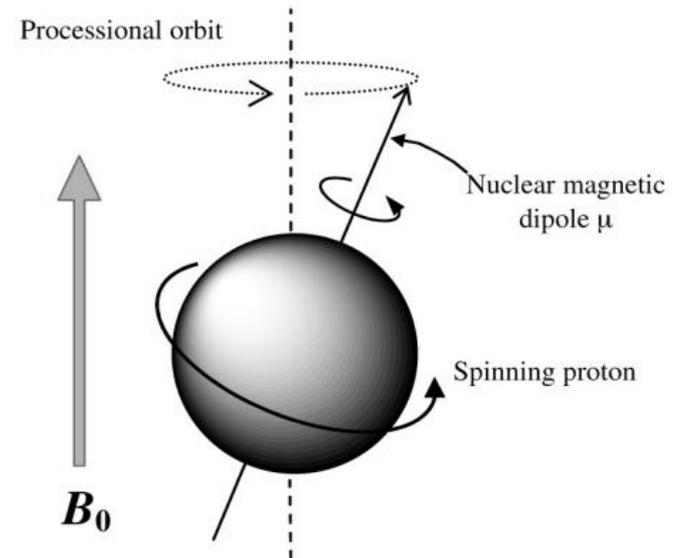


- 自旋現象：自旋可以用量子數 $I$  ( $I=0, 1/2, 1, 3/2\dots$ )來表示，當 $I$ 不為零時，原子核會有自旋現象，其中 $I=1/2$ 為NMR主要研究的對象。
- 應用在人體上，以氫原子核(質子)為主。
- 原子核的自旋可以產生magnetic dipole (磁偶極)，當沒有外加磁場時，總和為0。

# 自旋 + 外加磁場

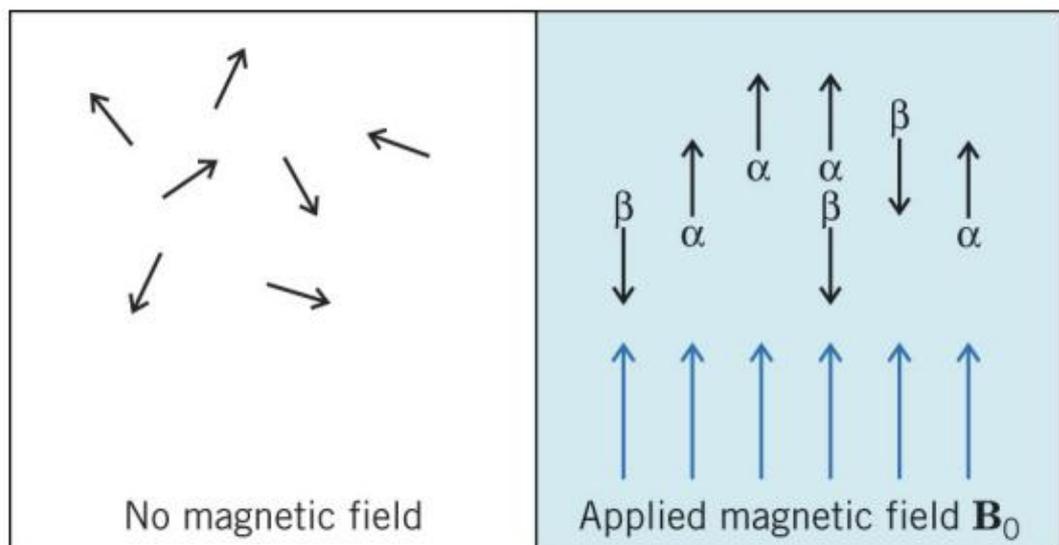
當有外加磁場，質子的磁矩會有兩種取向：

- $\alpha$ -spin(向上)：磁量子數 $m = +1/2$ ，能量低，較多
- $\beta$ -spin(向下)：磁量子數 $m = -1/2$ ，能量高，較少
- 此時的磁偶極和不為0



# 自旋 + 外加磁場

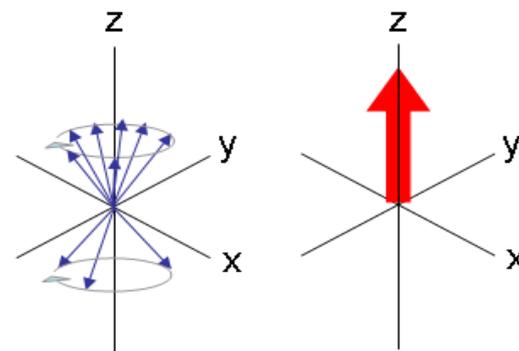
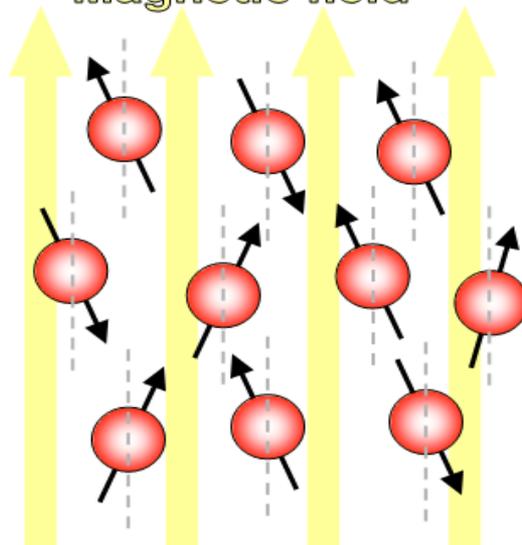
- $\alpha$ -spin
- $\beta$ -spin
- 磁偶極



(a)

(b)

Magnetic field



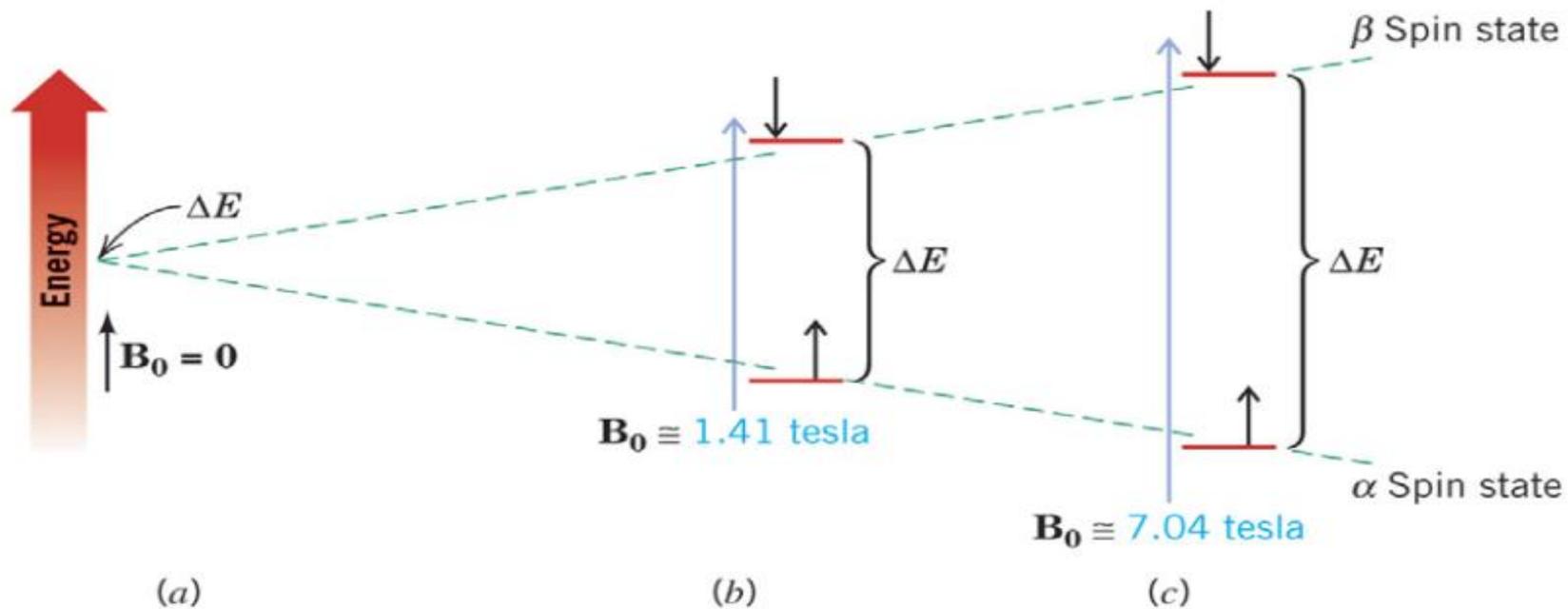
Overall magnetisation of nuclei = Sum of vectors from individual nuclei

- $\alpha$  ,  $\beta$  兩種狀態會產生能量差：

$$\Delta E = E_{-1/2} - E_{1/2} = \gamma \frac{h}{2\pi} B_0 = h\nu, \quad \gamma : \text{磁旋比}$$

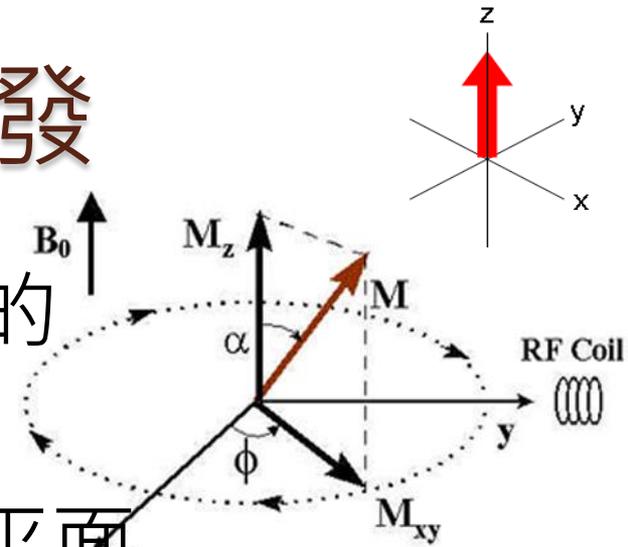
- 因此我們可以解得 旋進頻率  $\omega$

$$\nu = \gamma \frac{1}{2\pi} B_0 \rightarrow \omega = \gamma B_0, \quad \omega \text{ 正比於磁場}$$

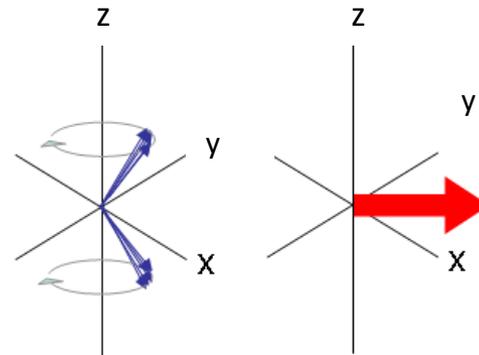
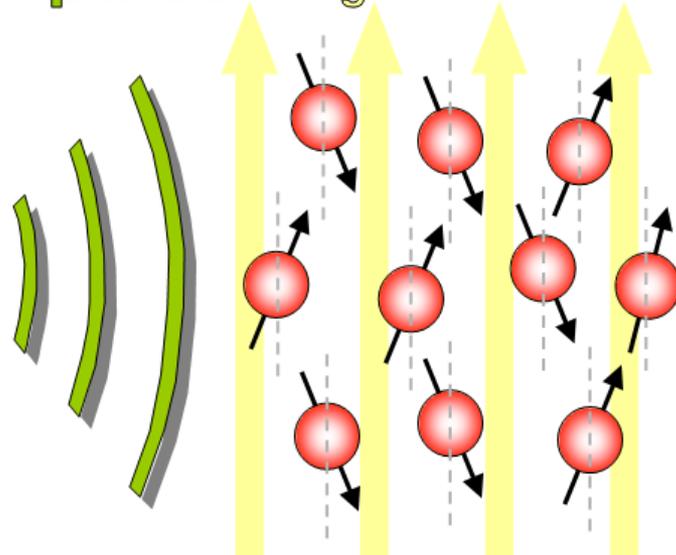


# RF脈衝激發

- 再加一個垂直於外加磁場的磁場(利用RF Coil)
- Z方向的磁極會偏移到x-y平面



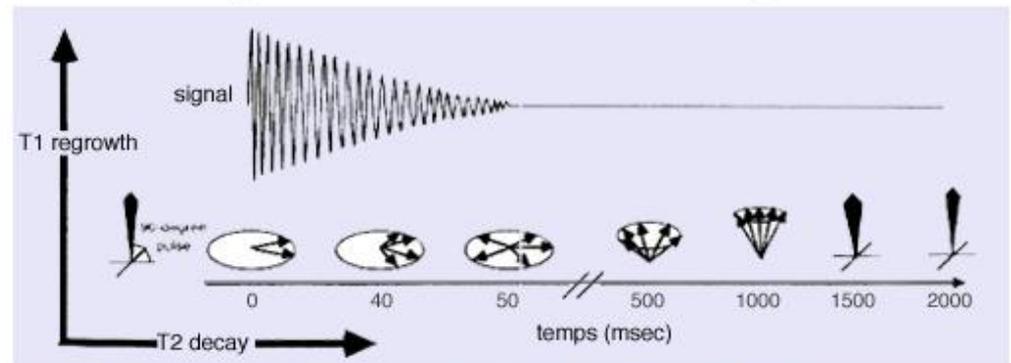
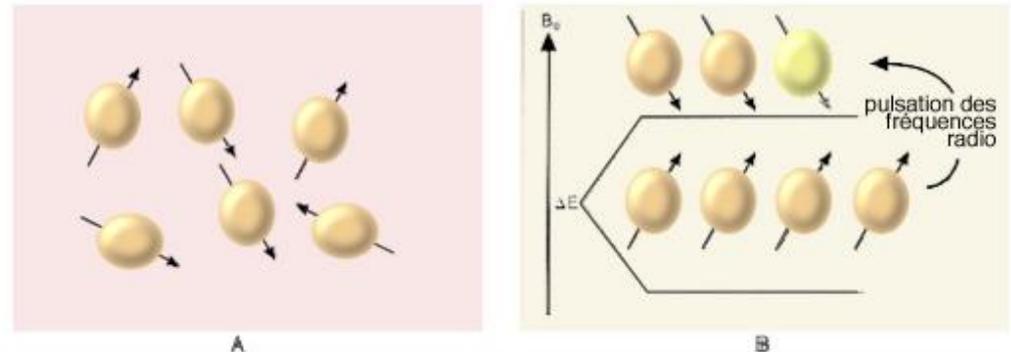
RF pulse      Magnetic field



Overall magnetisation of nuclei = Sum of vectors from individual nuclei

# 弛緩(Relaxation)

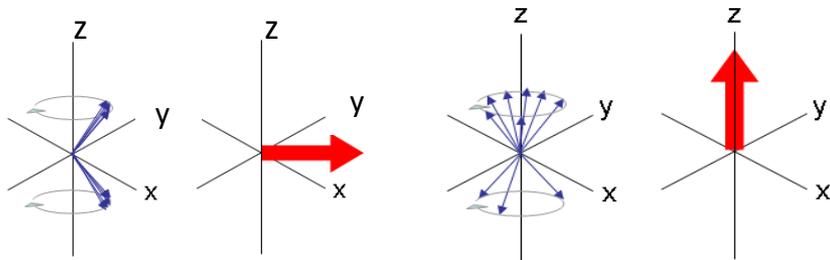
- 當RF pulse移走之後，氫原子核會從受激發的狀態回到原本的狀態
- 放出電磁波
- T1, T2 relaxation



IRM : principe théorique des images "T1" et "T2"

# T1 Relaxation

- z方向的回復
- 也稱做longitudinal relaxation  
或 spin-lattice relaxation
- 原子核會消耗能量
- 指數型式衰減



Overall magnetisation of nuclei = Sum of vectors from individual nuclei

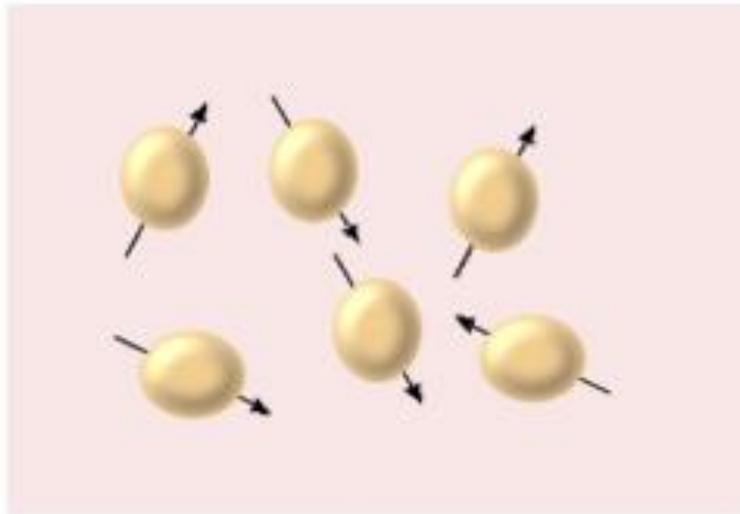
Overall magnetisation of nuclei = Sum of vectors from individual nuclei



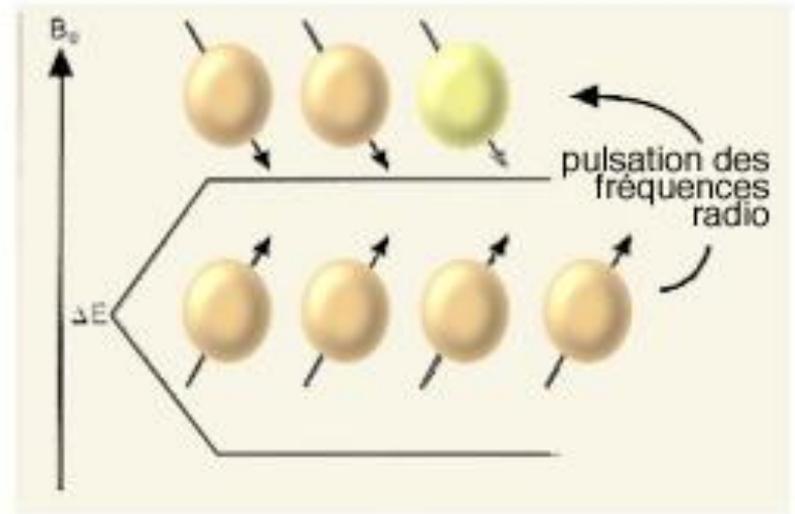
# T2 Relaxation

- x-y方向的衰減
- 也稱做transverse relaxation
- 相位的一致性降低 (dephase)
- 會衰減至0
- 指數型式衰減

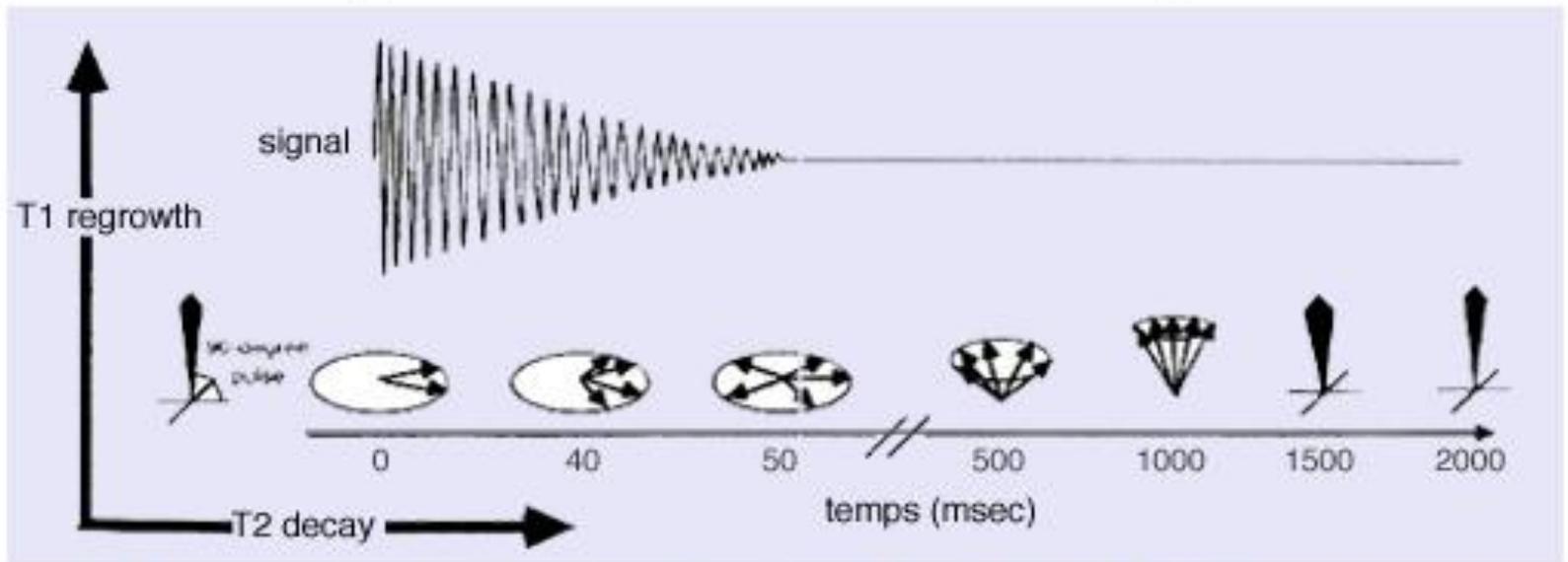




A



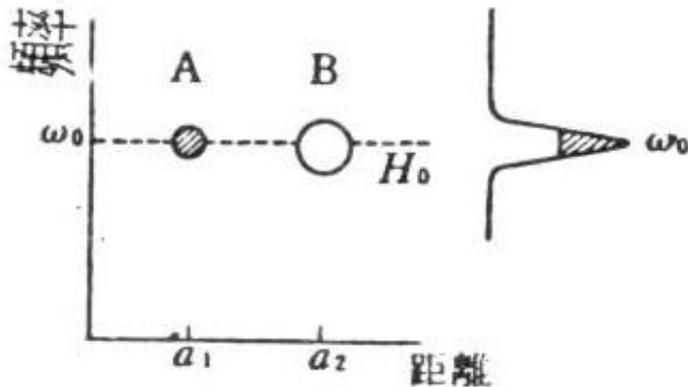
B



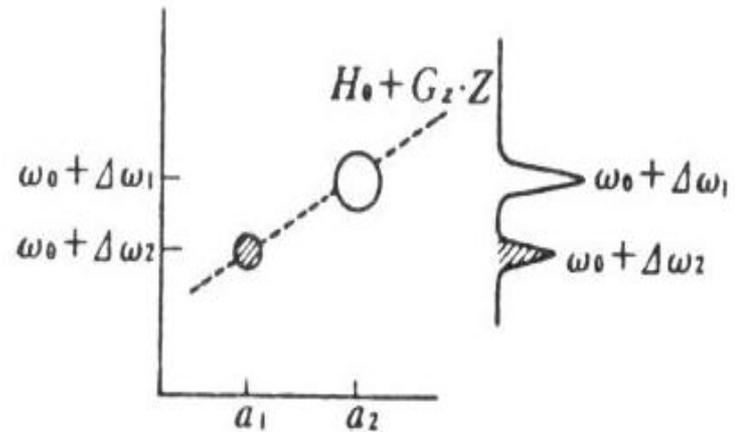
IRM : principe théorique des images "T1" et "T2"

# 定位

- AB方向上外加一磁場 $H_0 \rightarrow$  A和B得到相同 $\omega \rightarrow$ 無法分別
- AB方向的外加磁場隨著距離變化  $\rightarrow$  A和B受到不同磁場  $\rightarrow$  得到不同 $\omega$  ( $\omega = \gamma B_0$ )  $\rightarrow$  可區分其位置



(a) 均勻磁場



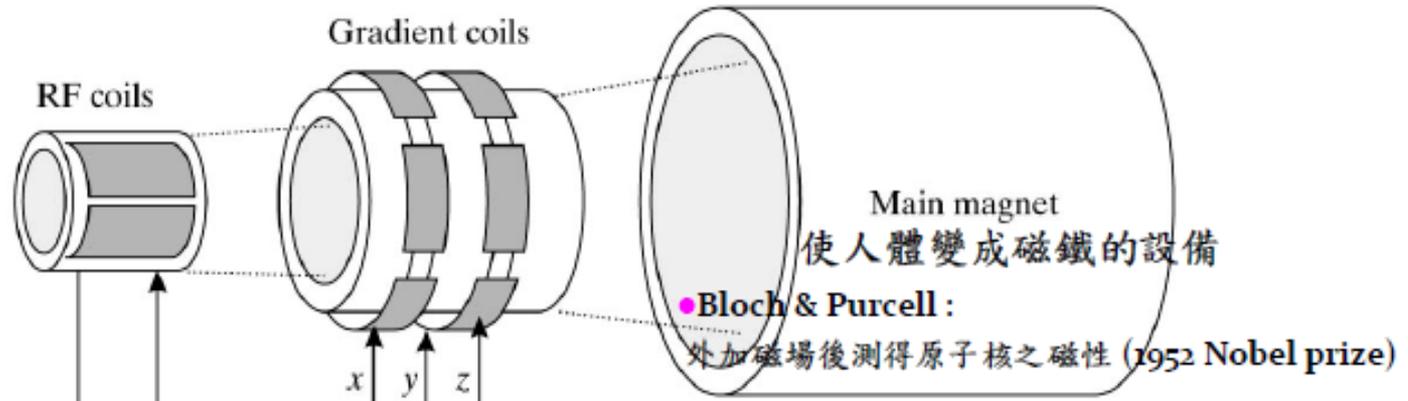
(b) 線性變化磁場

# 小結

- $T1, T2, \omega$  是三個非常重要的參數
- 控制外加磁場來改變  $\omega$ , 幫助MRI影像定位 (當物質有重疊時)
- $T1, T2$  在不同的組織中不同，可以區分不同物質。

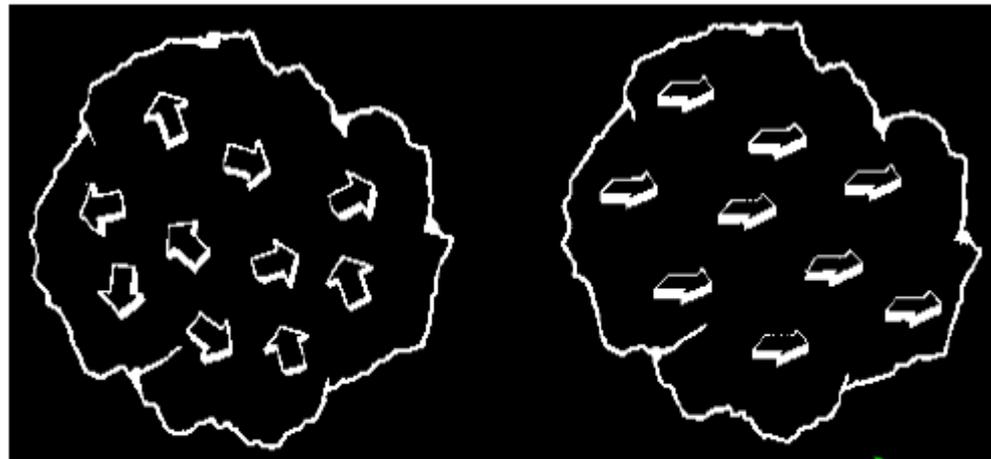
# 硬體實作

1. 主磁場：將人體變成磁鐵
2. 射頻線圈(RF Coil)：迫使磁鐵運動、接收信號
3. 梯度線圈：把信號編碼



# 主磁場

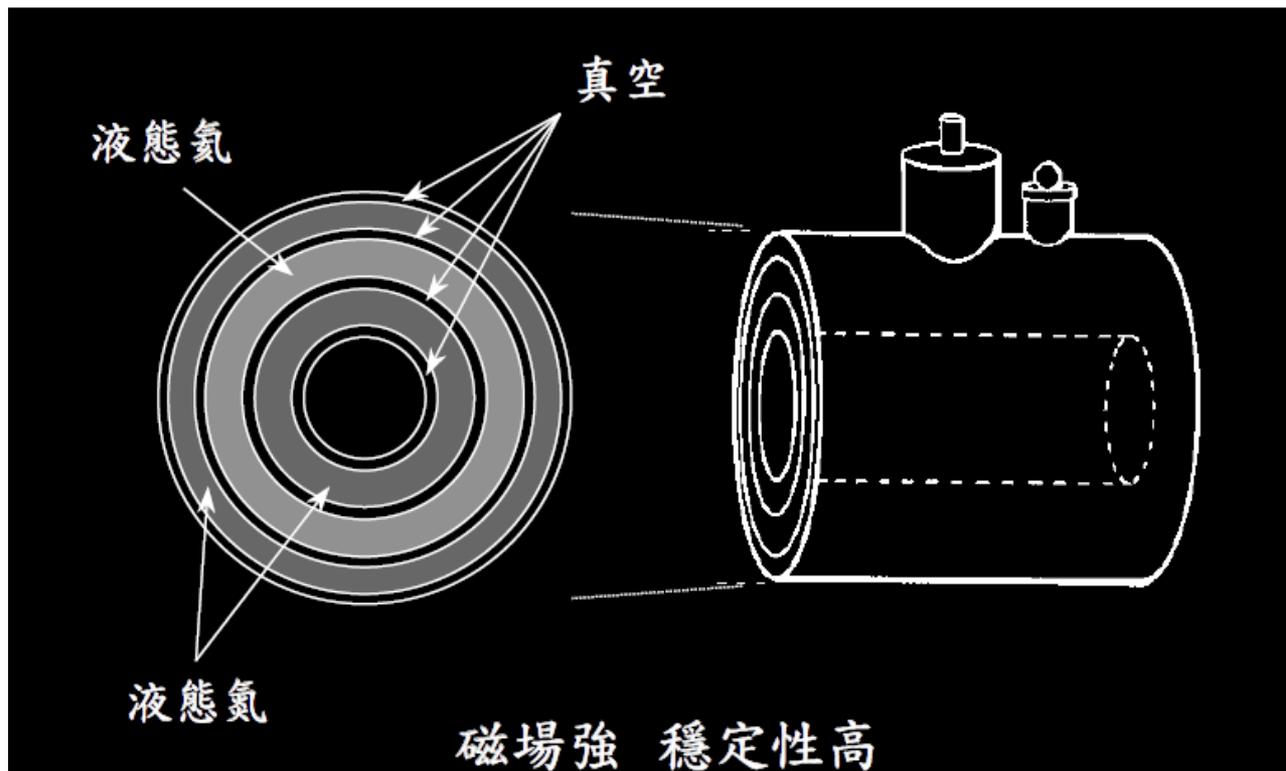
超導體線圈電磁鐵，可以產生很強的磁場，讓體內原本不規則排列，像小磁鐵的氫原子核規則排列



主磁場

不規則排列

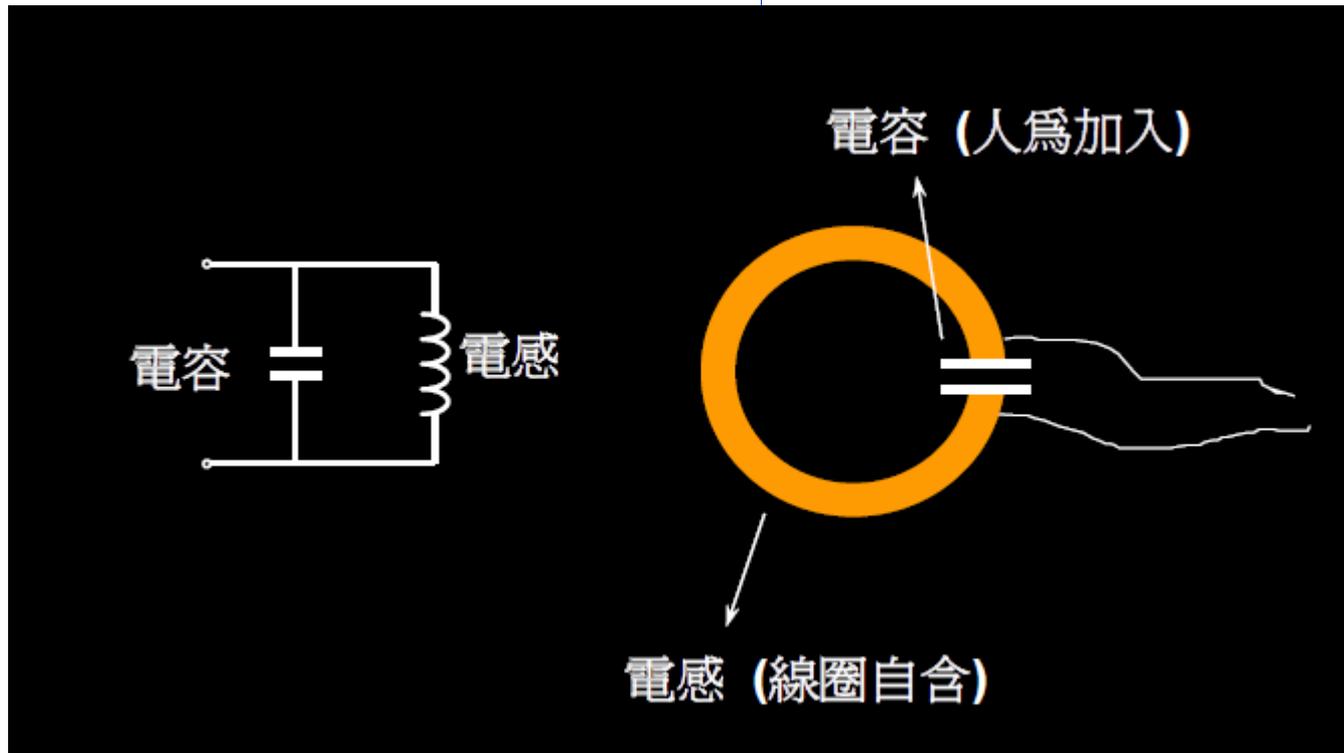
規則的排列



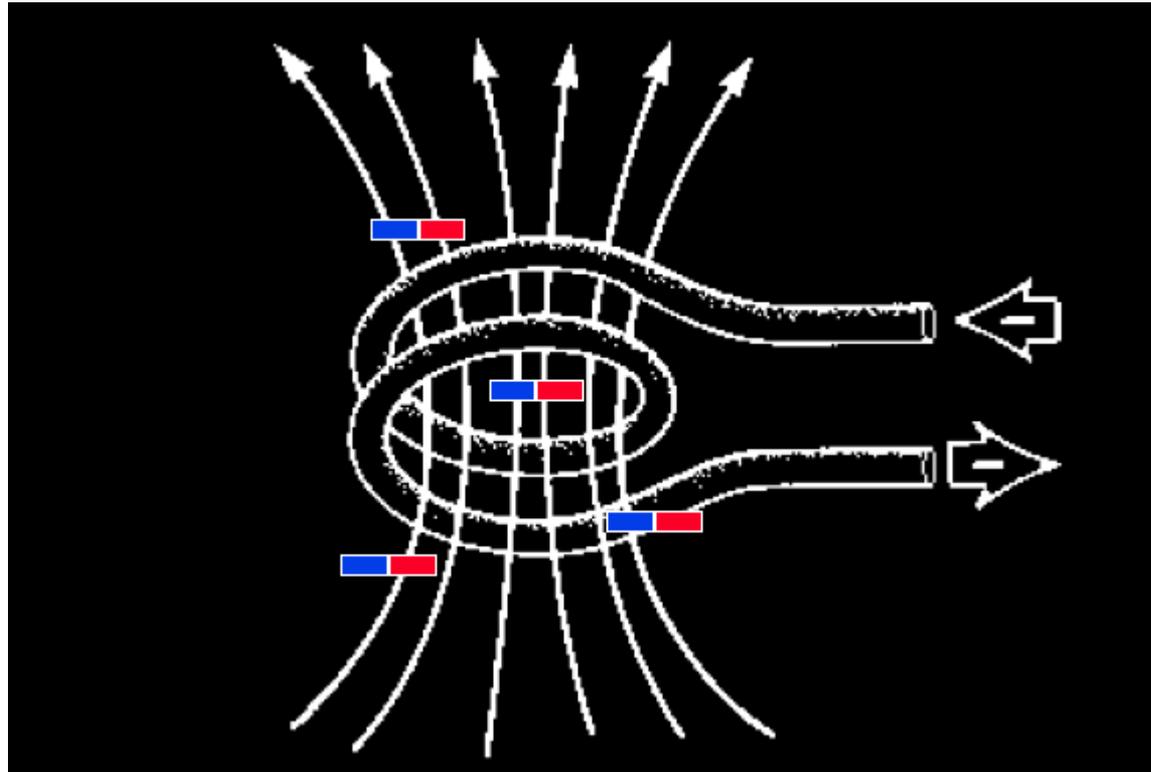
1. 超導金屬作成的導線浸在液態氦內( $-269^{\circ}\text{C}$ )  
產生無電阻現象
2. 真空可隔絕室溫
3. 液態氮作另一層隔熱( $-96^{\circ}\text{C}$ )

# 射頻線圈(RF Coil)

-----激發和偵測



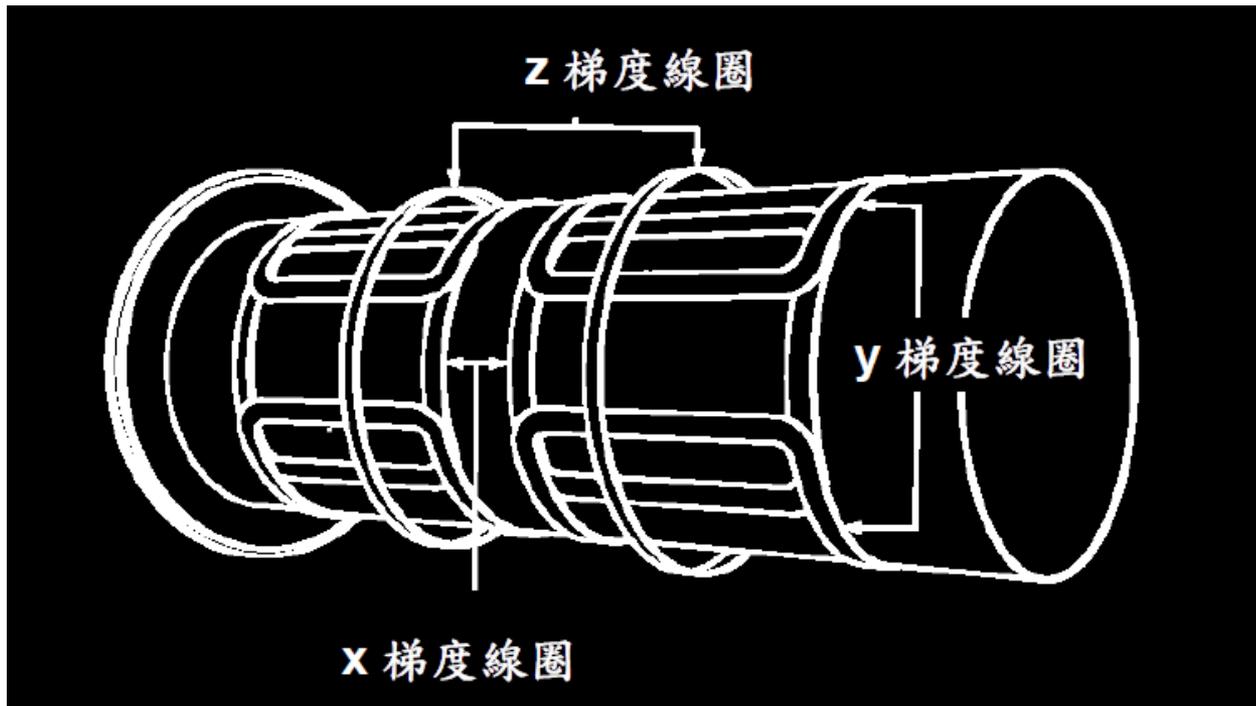
激發脈衝頻率 = 氫原子核旋進頻率  
=> 共振(核磁共振)



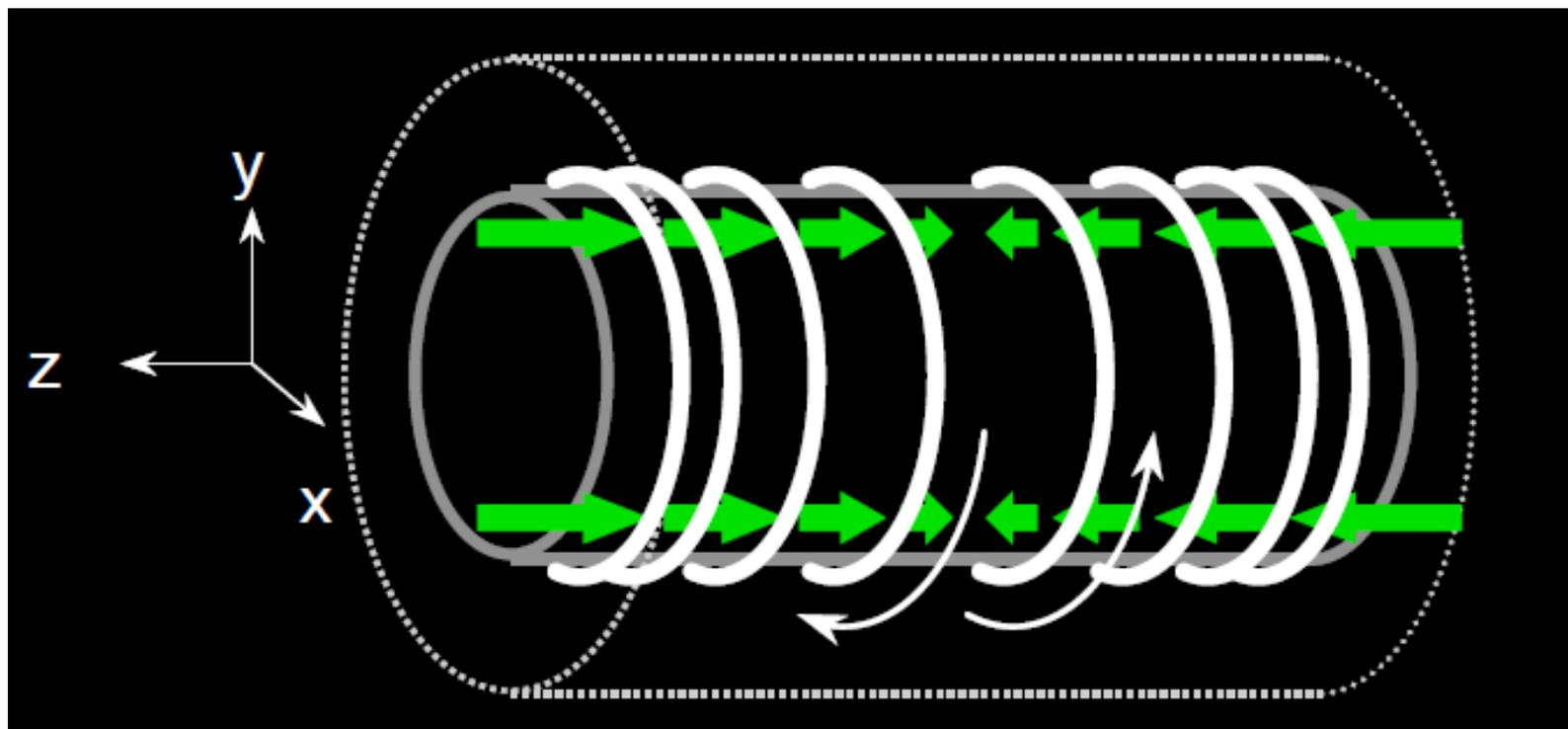
激發器官內的氫原子核使之旋轉(磁鐵旋轉)  
=> 產生感應電流

# 梯度線圈

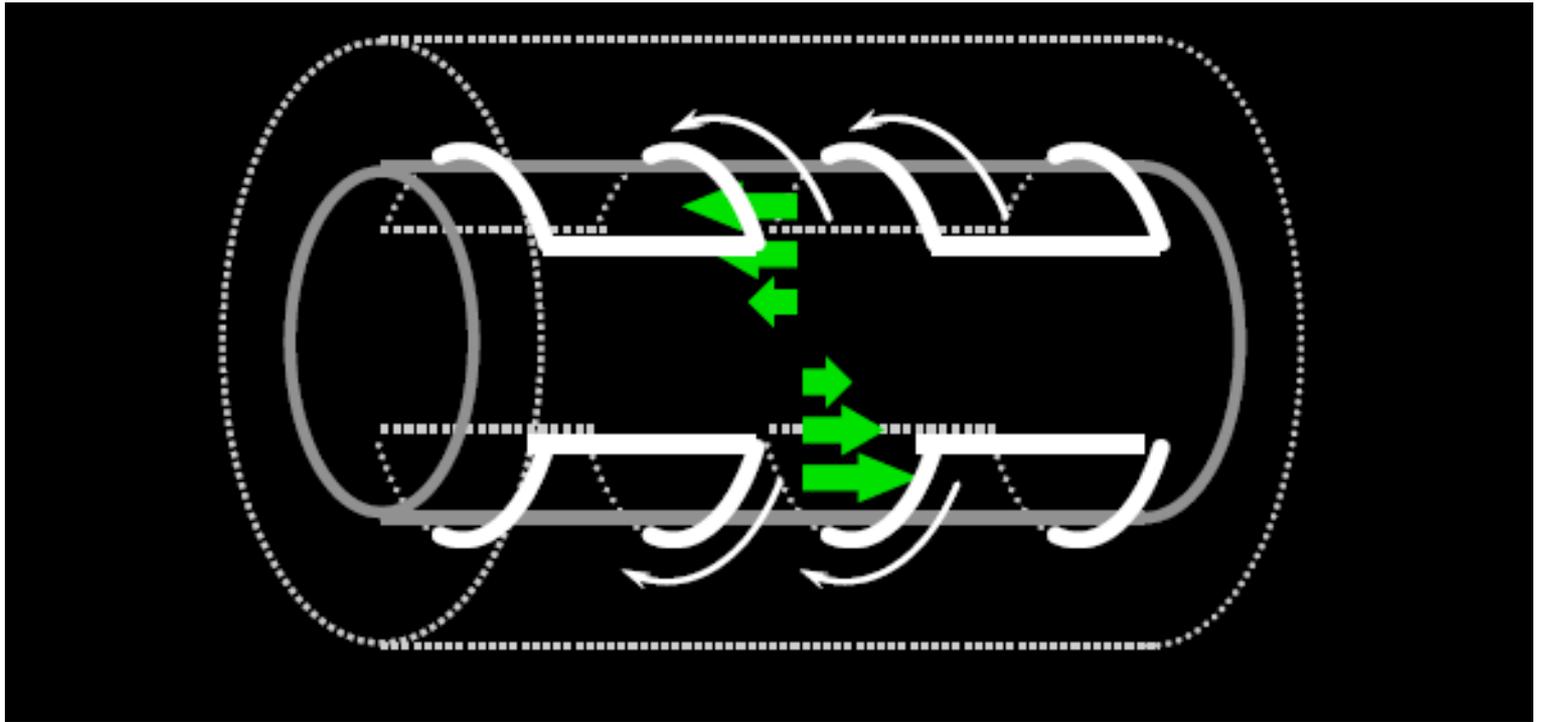
激發後的氫原子核旋進頻率正比於外加靜磁場  
⇒ 分別製造X,Y,Z方向上隨位置改變的磁場  
使頻率與位置相關



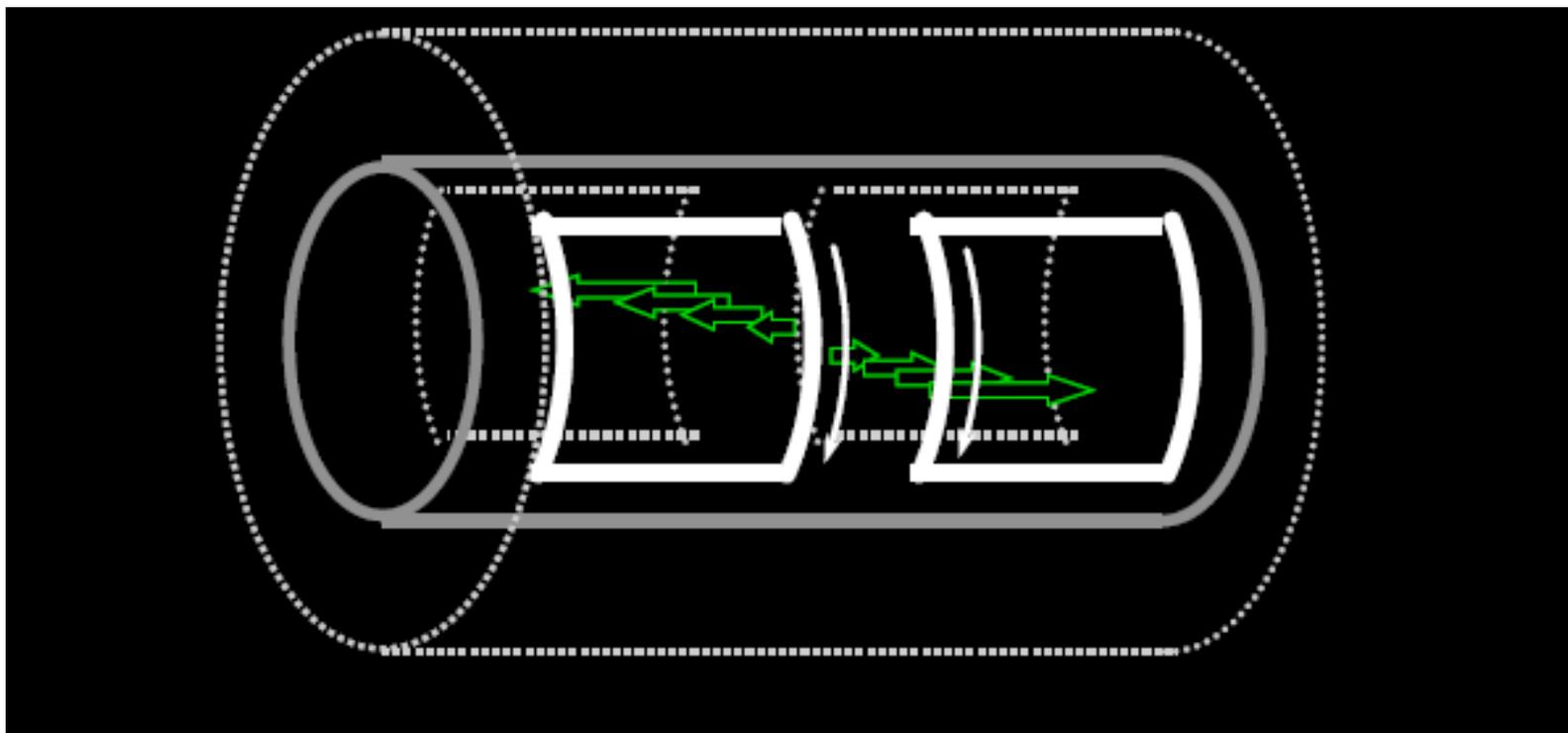
# Z方向



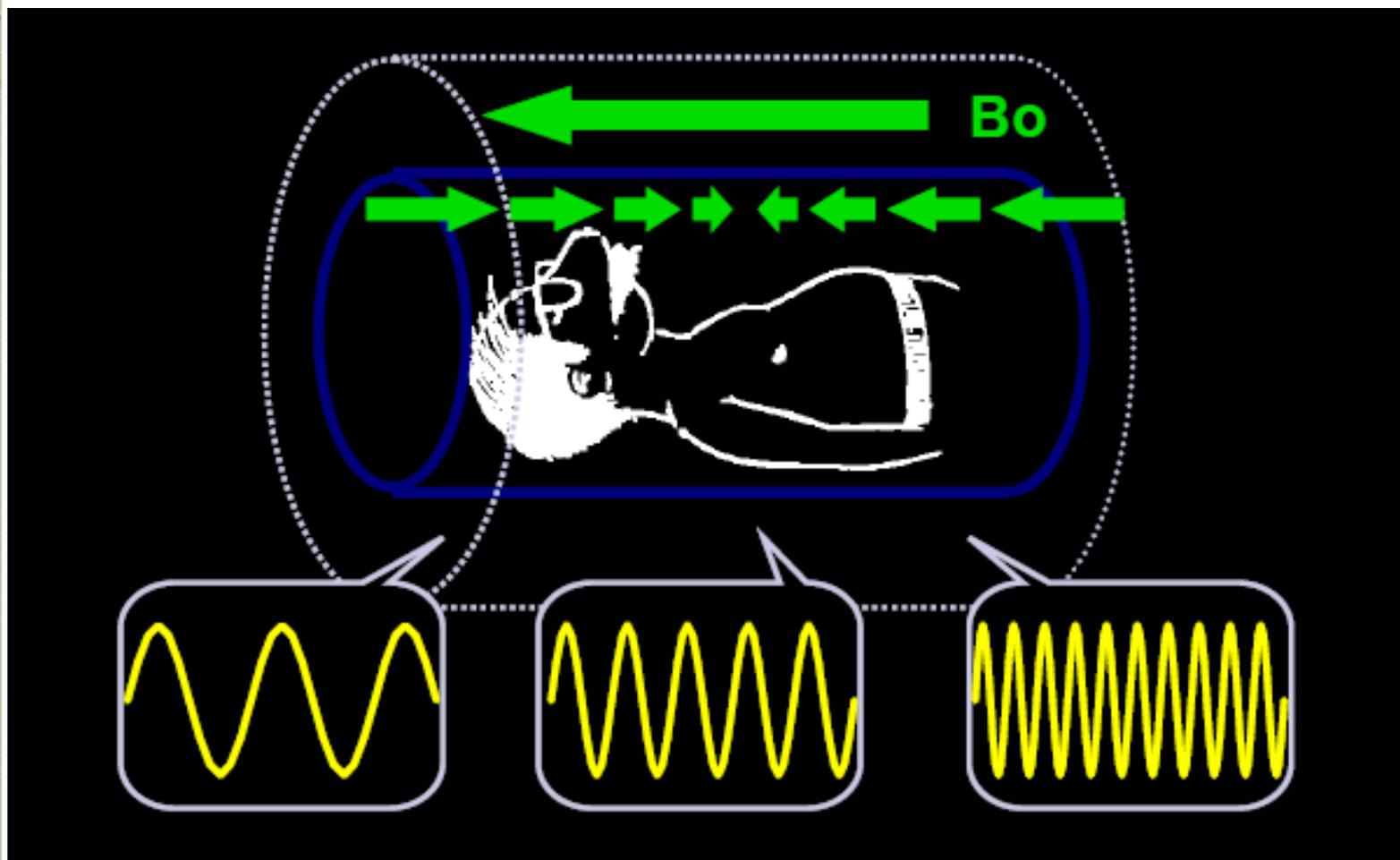
# Y方向

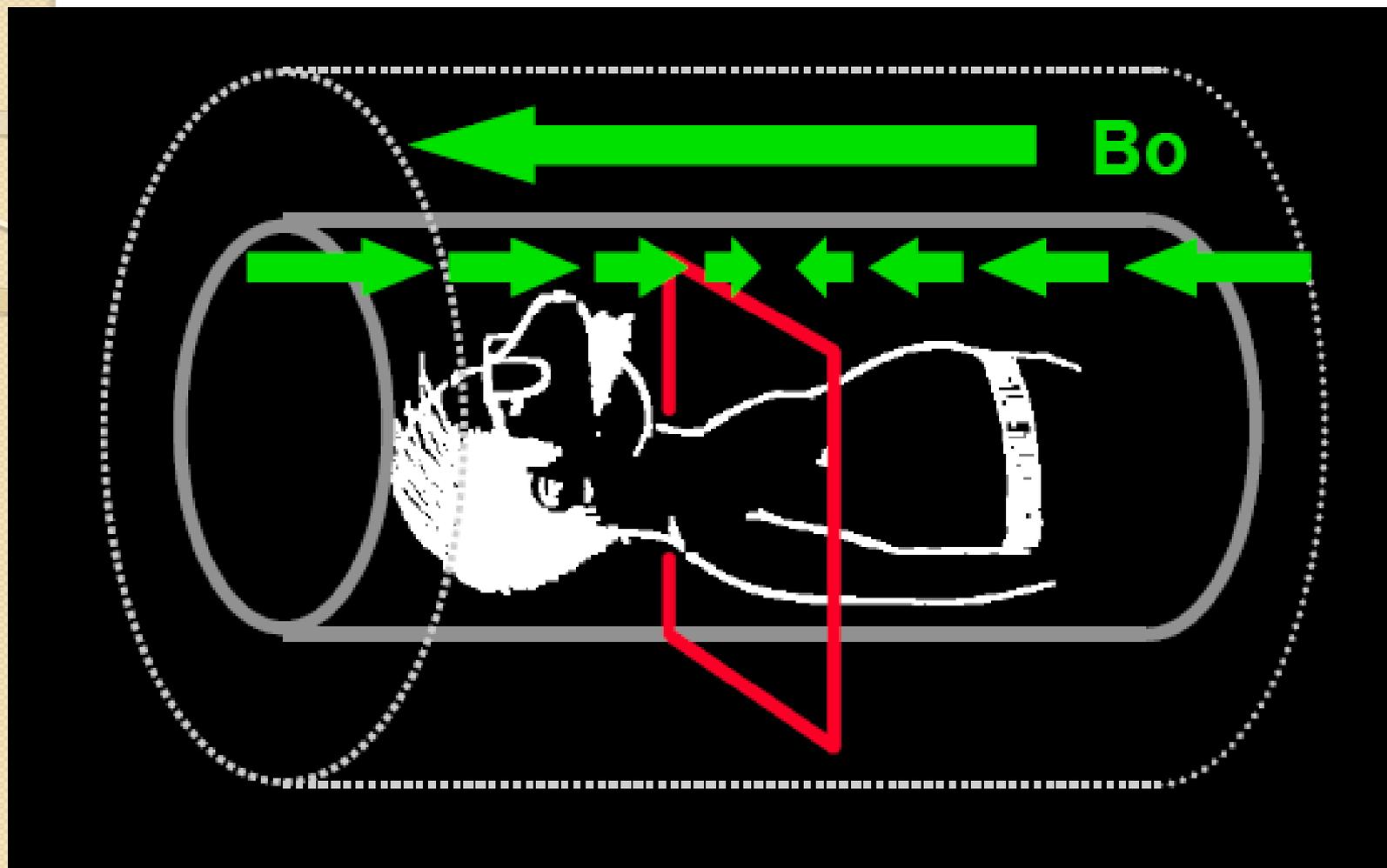


# X方向



# 共振頻率隨位置改變

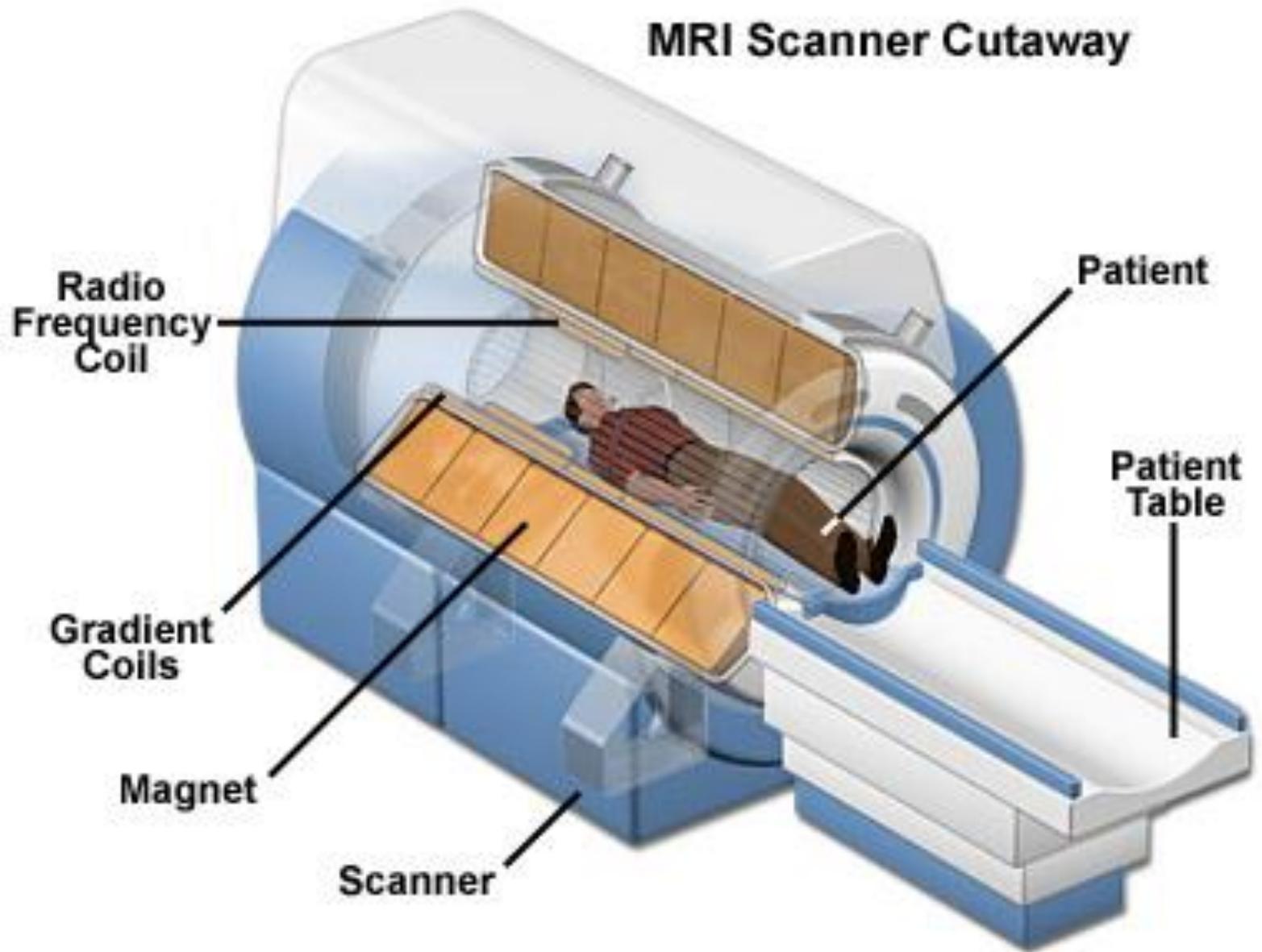




調整射頻脈衝頻率到欲激發的切面

-----頸部掃描

# MRI Scanner Cutaway





# MRI的臨床應用

# 優勢

- 非侵入式且無輻射：避免感染
- 對於腦脊髓神經系統靈敏度極高：能辨別極小的病灶
- 可提供較 CT（電腦斷層掃描）與X光等更清晰的腦部結構顯像
- 各種參數都可以用來成像，提供豐富診斷資訊
- 自由選擇剖面
- 功能性檢查：大腦與運動神經（fMRI）

# 缺點

- 掃描時間長，空間分辨力不夠理想
- 費用高昂
- 對體內有磁金屬或心律調節器的特殊病人不適用
- 時間變化梯度場：在受試者體內誘導產生電場而興奮神經或肌肉，可能引起心臟方面疾病
- 運行過程中產生的各種噪音，可能使某些患者的聽力受到損傷

# MRI應用

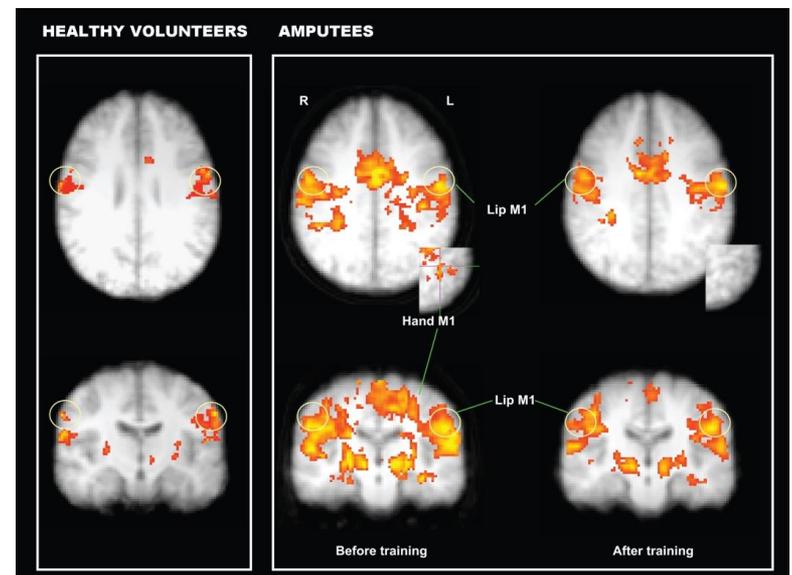
## 醫學：

- 頭部和腦部：腦部腫瘤、血栓、血管壁的突起
- 胸部(包括心臟)：MRI 可以被用來觀察心臟的結構
- 血管：MRI可用來觀察血管和血流情形
- 腹部：MRI可以發現腹部器官和結構的問題
- 癌症治療

其他：如農產品、畜產的篩檢、改良

# Functional MRI

- 原理：以腦部帶氧血紅素含量的變化為依據（**BOLD**）
- 可用以劃分大腦各功能區域
- 認知相減 (Cognitive subtraction) 假設





SIEMENS

MAGNETOM Trio  
a True Vision

# fMRI應用

- 近年發展：使得行為、語言等外在表徵能夠確切的與生理現象來相互連結與印證，並且使得研究的準確性能夠如自然科學般的實事求是。
- 可用於心智神經科學、教育神經科學、經濟神經科學、道德、犯罪與法律神經科學、藝術神經科學、以及任何與大腦運作相關的人文社會科學議題。

Thanks for your appreciation 😊