

Spin-Labeling

吳文超

微灌流影像

✍ Perfusion imaging

✍ 外加對比劑

✍ 身體內在的對比劑

優點--

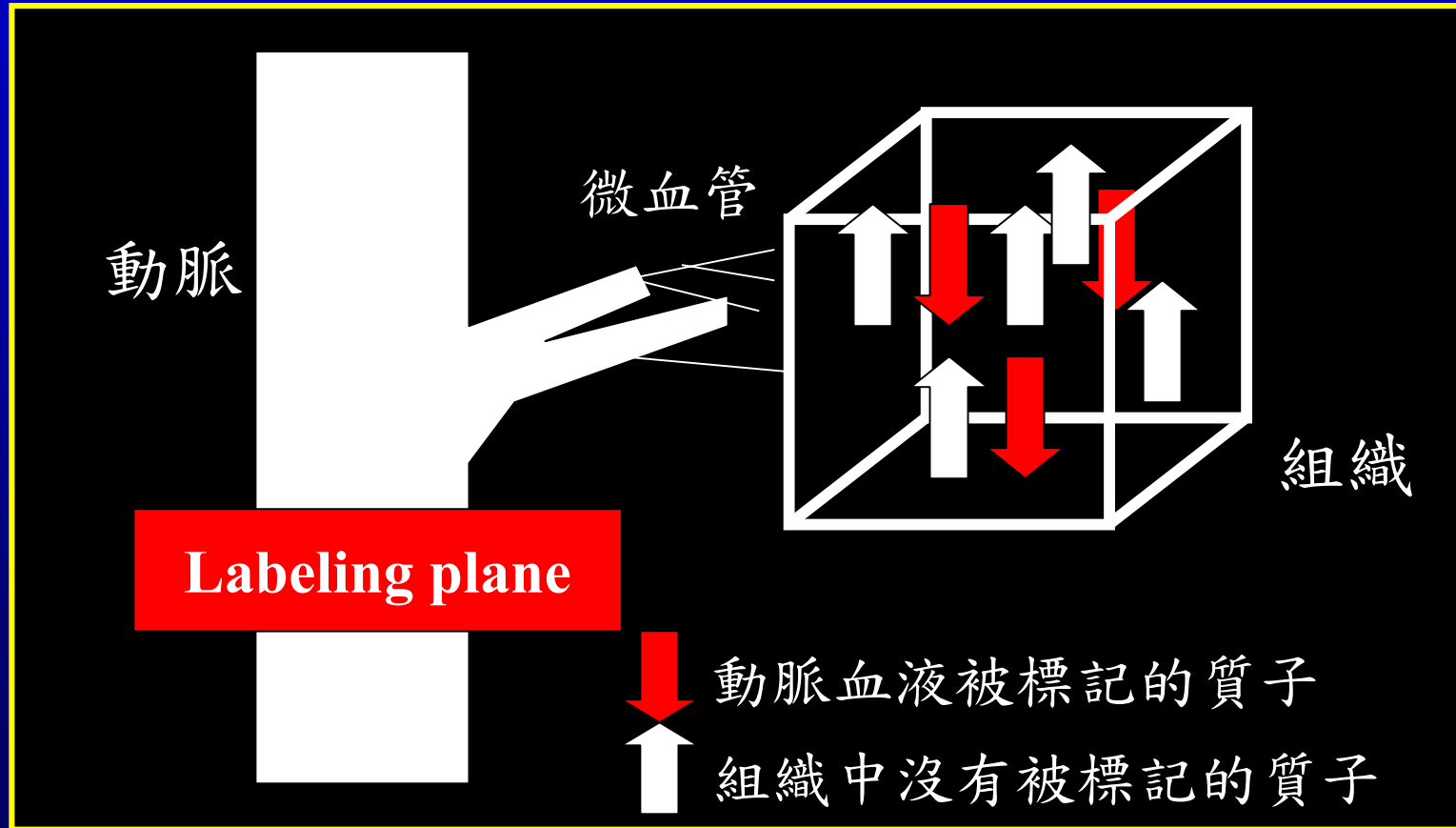
不必握一針

錯了可以馬上修正

Spin-labeling

- ✍ 在質子上做記號
- ✍ 質子與質子間的交換
- ✍ 影像強度改變

Spin-labeling



原理

$$\frac{dM_b}{dt} = \frac{M_b^0 - M_b(t)}{T_1} + fM_a(t) - \frac{f}{\lambda} M_b(t) \quad [1]$$

f 腦單位時間單位質量的血流

λ 腦單位質量中的水量/每毫升血中的水量

$M_b M_b^0$ 腦單位質量中的 Z 磁化向量

M_a 每毫升動脈血中的 Z 磁化向量

原理

✍ 假設1--

流入腦的磁化向量 = 流出腦的磁化向量

$$fM_a^0 = \frac{fM_b^0}{\lambda}$$

✍ 假設2--

動脈血中質子連續不斷被反相

$$M_a(t) = -M_a$$

原理

$$M_b(t) = \frac{M_b^0}{1 + \frac{fT_1}{\lambda}} \times \left[\left(1 - \frac{fT_1}{\lambda} \right) + \frac{2fT_1}{\lambda} e^{-t \left(\frac{1}{T_1} + \frac{f}{\lambda} \right)} \right] \quad [2]$$

M_b 為時間常數 T_{1app} 的指數遞減

$$\frac{1}{T_{1app}} = \frac{1}{T_1} + \frac{f}{\lambda} \quad [3]$$

原理

到達steady state時

$$M_b^{ss} = M_b^0 \frac{\left(1 - \frac{fT_1}{\lambda}\right)}{\left(1 + \frac{fT_1}{\lambda}\right)} \quad [4]$$

其中， λ T_{1app} M_b^0 M_b^{ss} 可經由量測得到

原理

$$f = \frac{\lambda}{T_{1app}} \times \frac{M_b^0 - M_b^{SS}}{2M_b^{SS}} \quad [5]$$

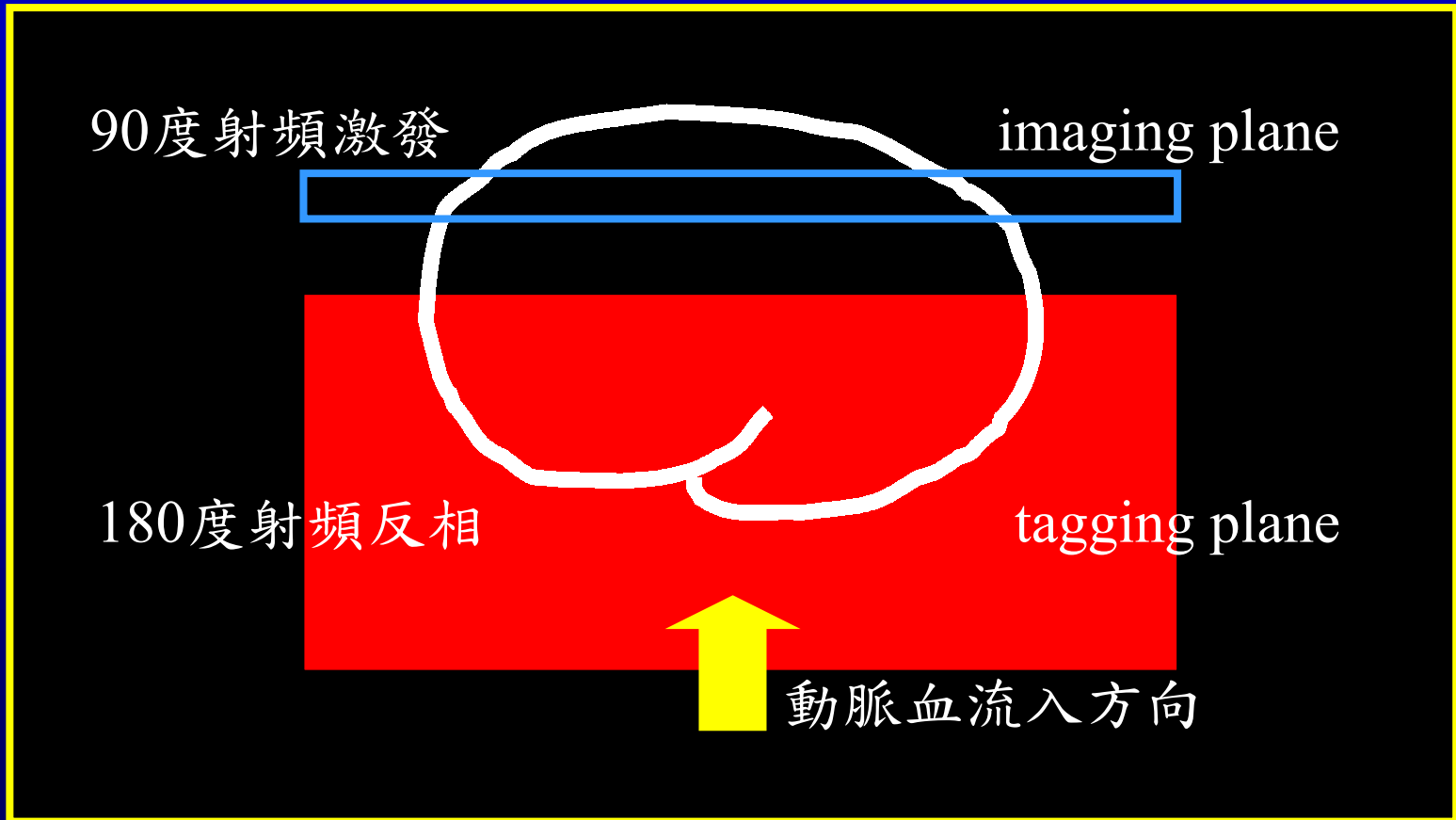
- ✍ Quantitative CBF (Cerebral Blood Flow)
- ✍ Perfusion map
- ✍ 可以證明[5]式的結果與TR、射頻角度無關

EPISTAR

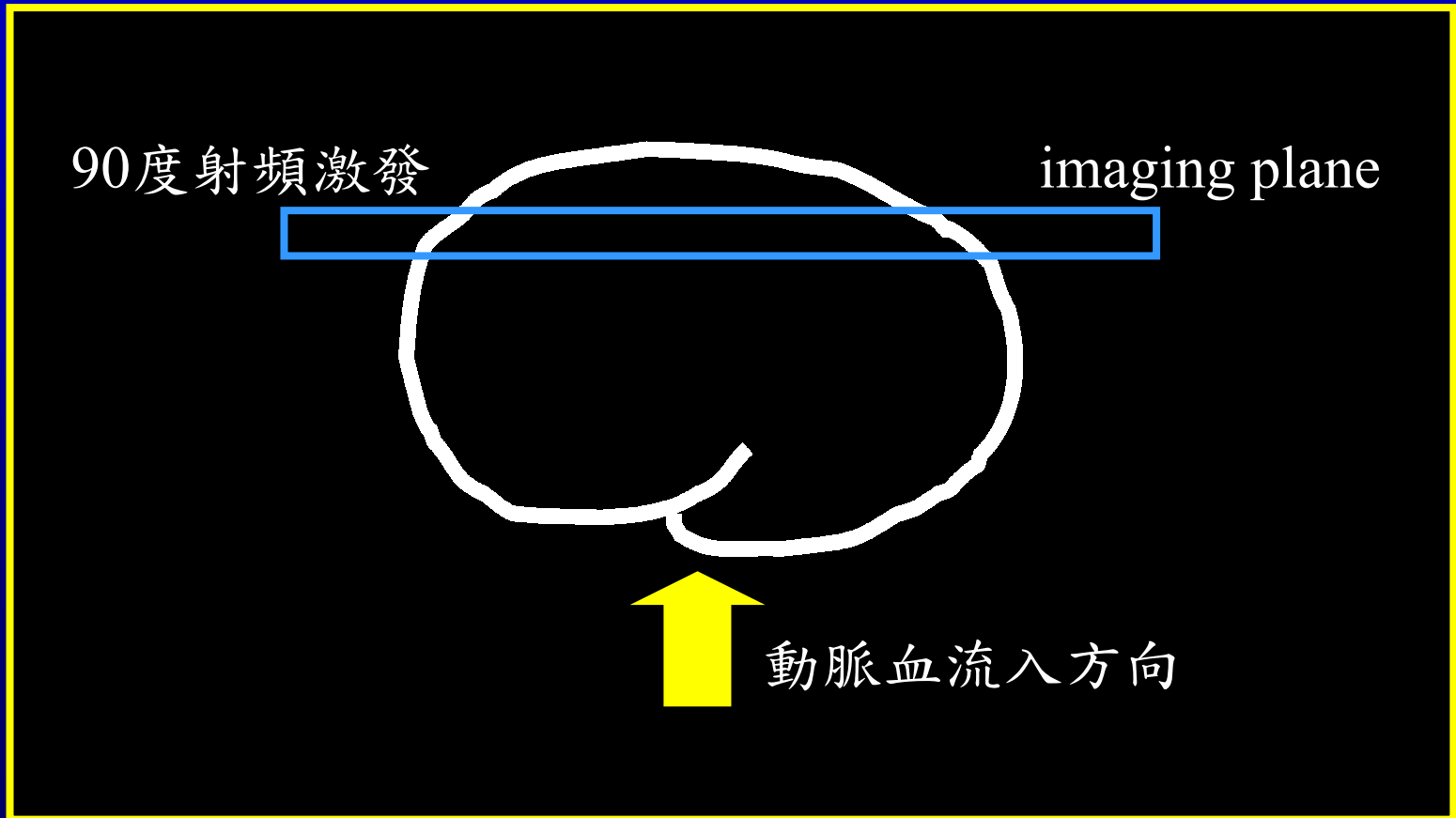
- ✍ *EPISTAR* 面迴訊成像
- ✍ EPI*STAR* 在質子上做記號
- ✍ EPISTAR*A* 交替的射頻激發

*Echo-Planar Imaging and Signal Targeting
with Alternating Radio frequency*

EPISTAR



EPISTAR



EPISTAR

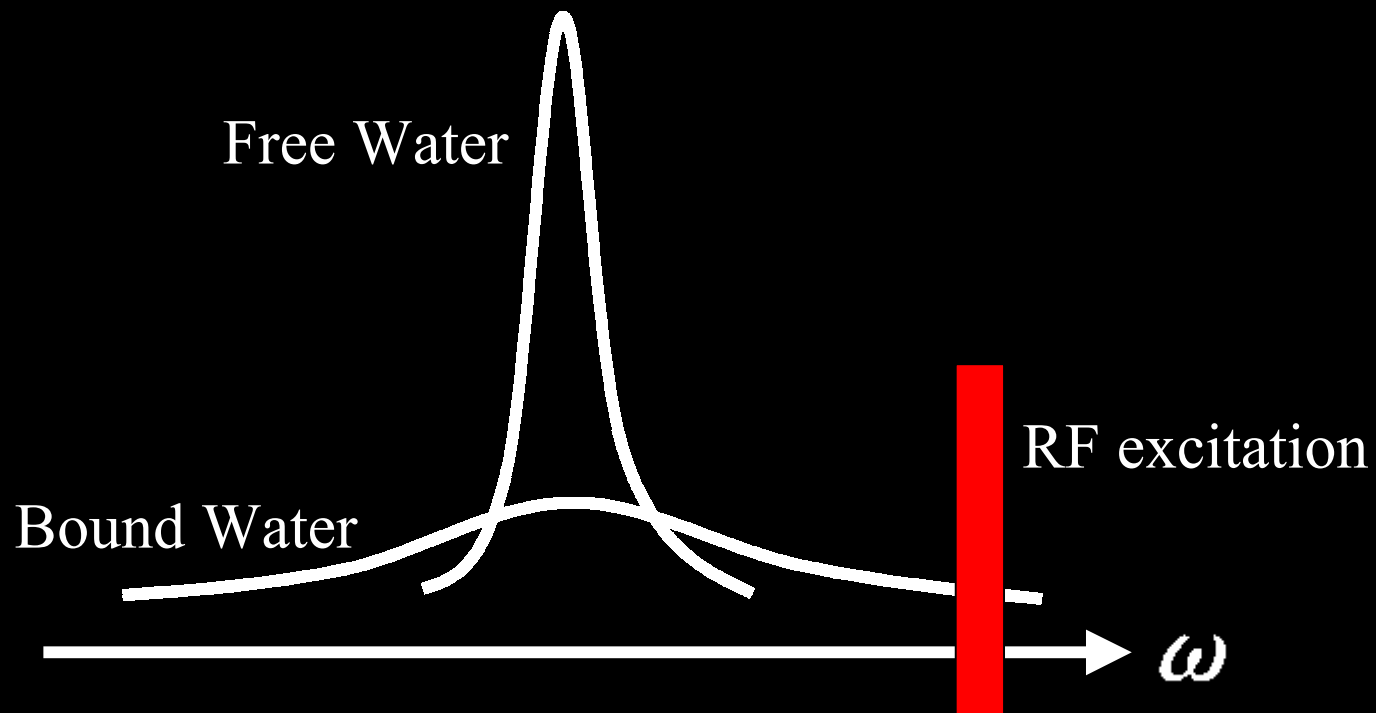
✍ *CBF map* 即等於

未加標記影像 **減去** 加標記影像

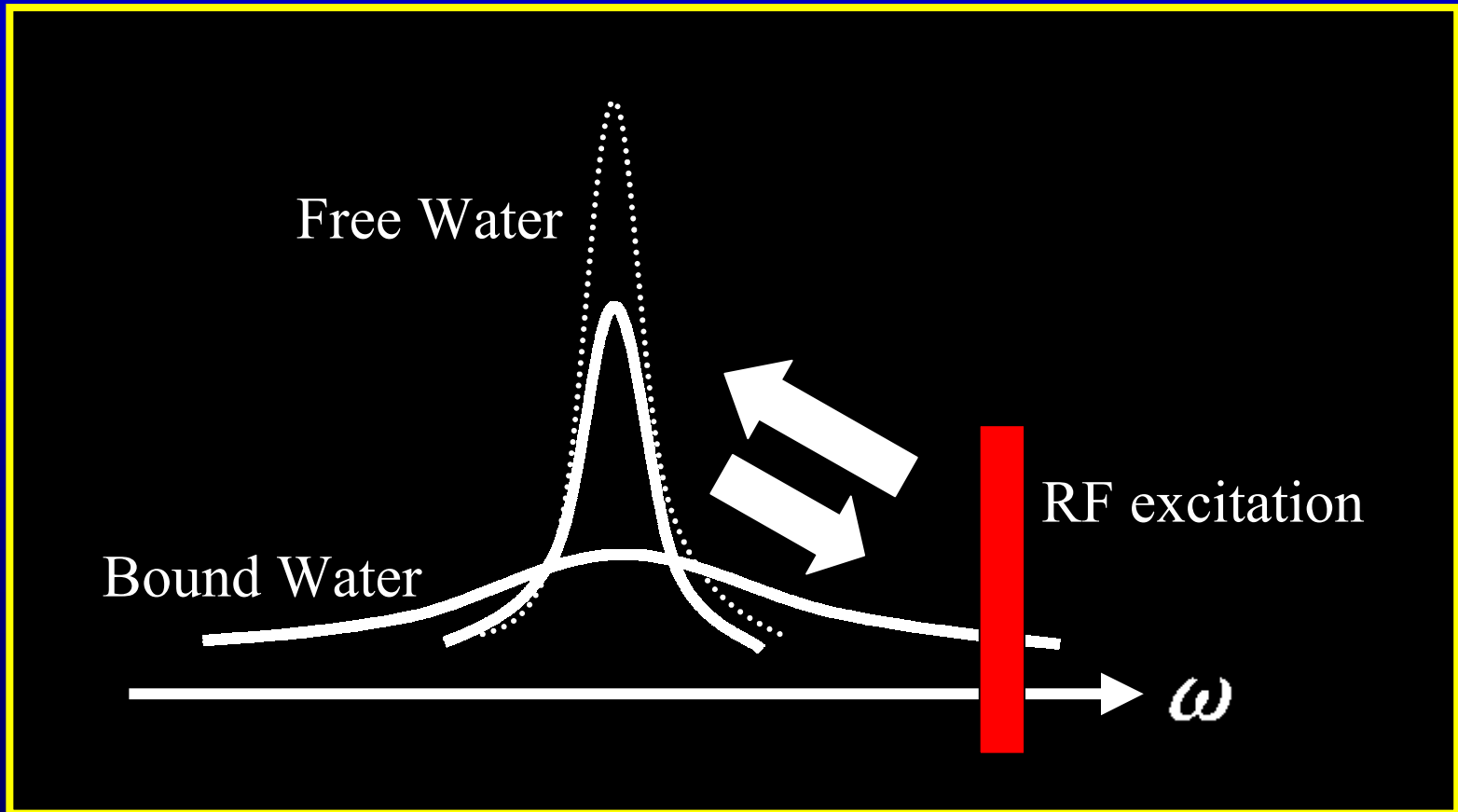
✍ 但是，標記前後有什麼改變了？

磁轉換對比

✍ Magnetization Transfer Contrast



磁轉換對比



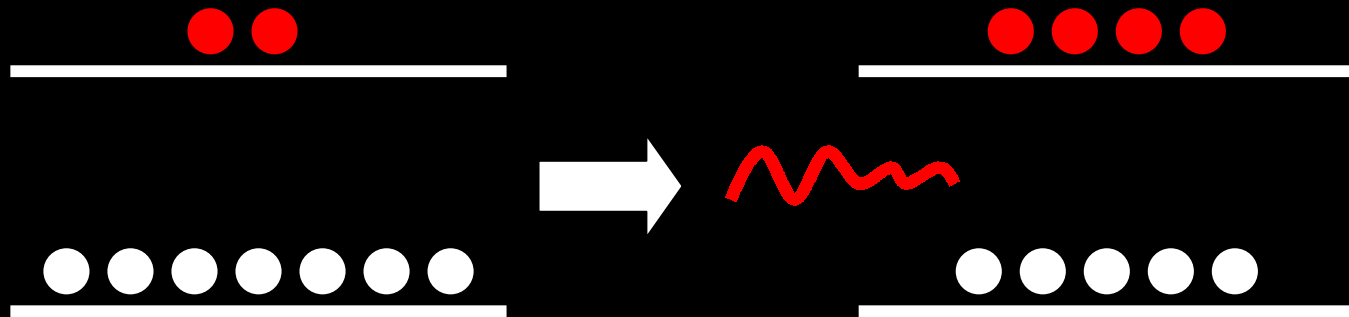
磁轉換對比

✍ 磁轉換對比的來源：

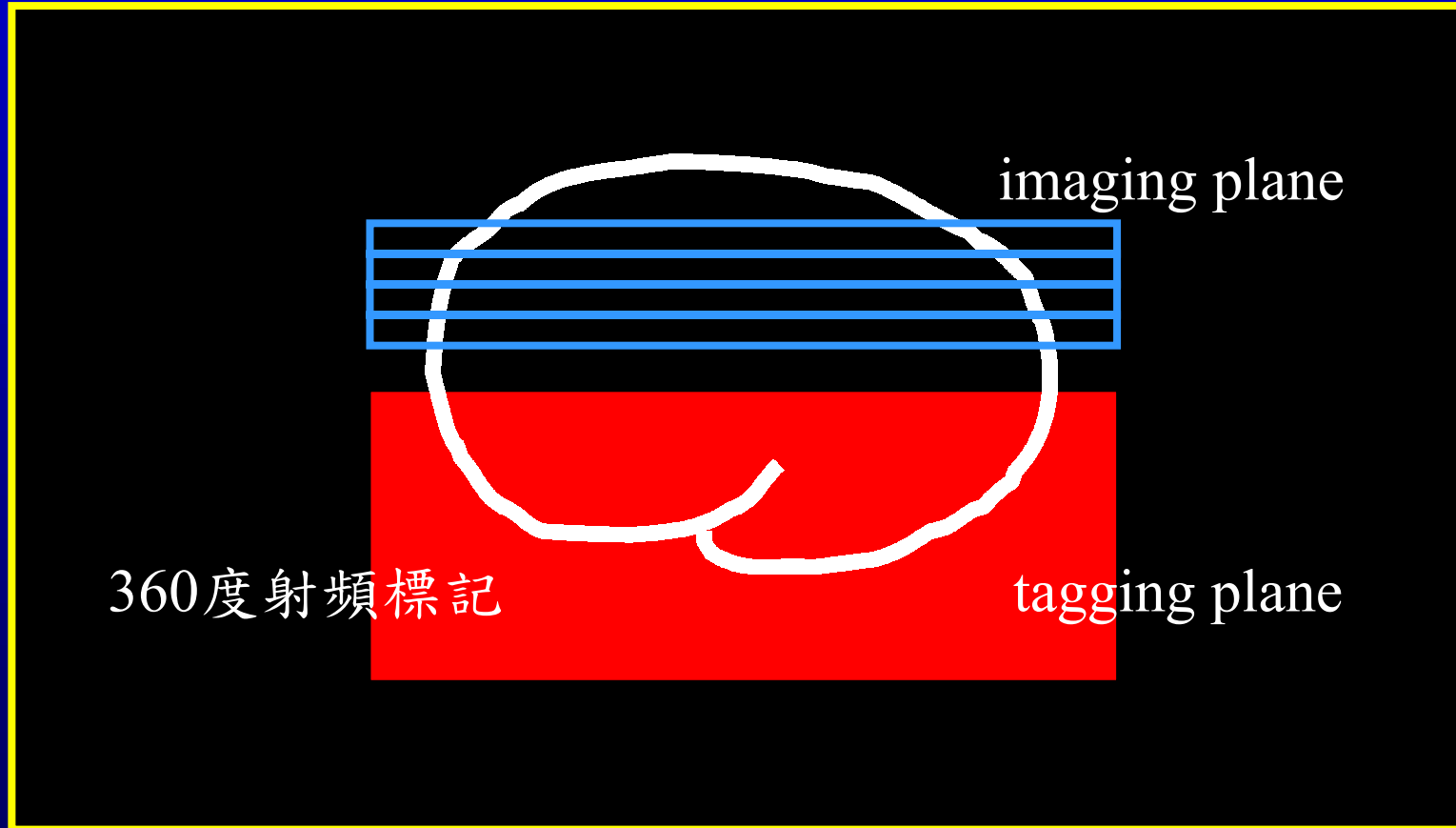
-- $\Delta\omega = \gamma G \Delta x$

--射頻脈衝能量

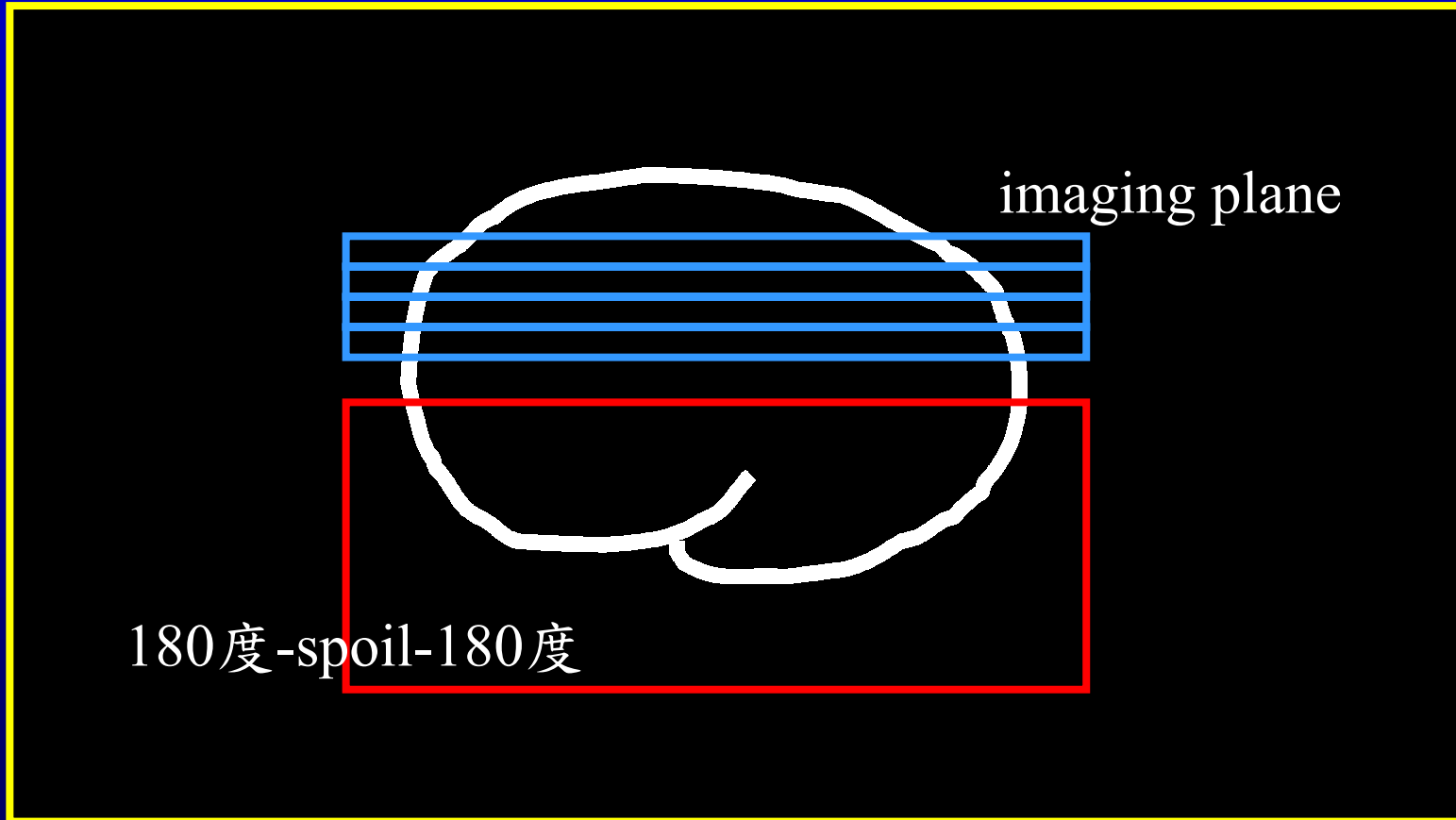
造成spins在能階上分佈的改變



Multi-slice EPISTAR



Multi-slice EPISTAR



Hyperbolic secant Adiabatic pulse

✍ Secant adiabatic pulse

--翻轉角度介於 $0^\circ \sim 180^\circ$

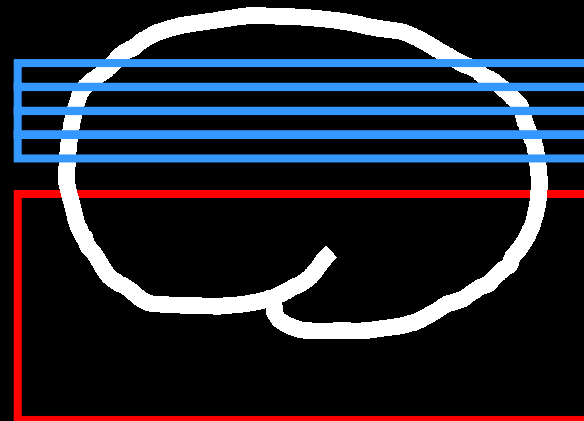
--翻轉角度大於或等於 180°

仍只會反相 (invert)

Multi-slice EPISTAR

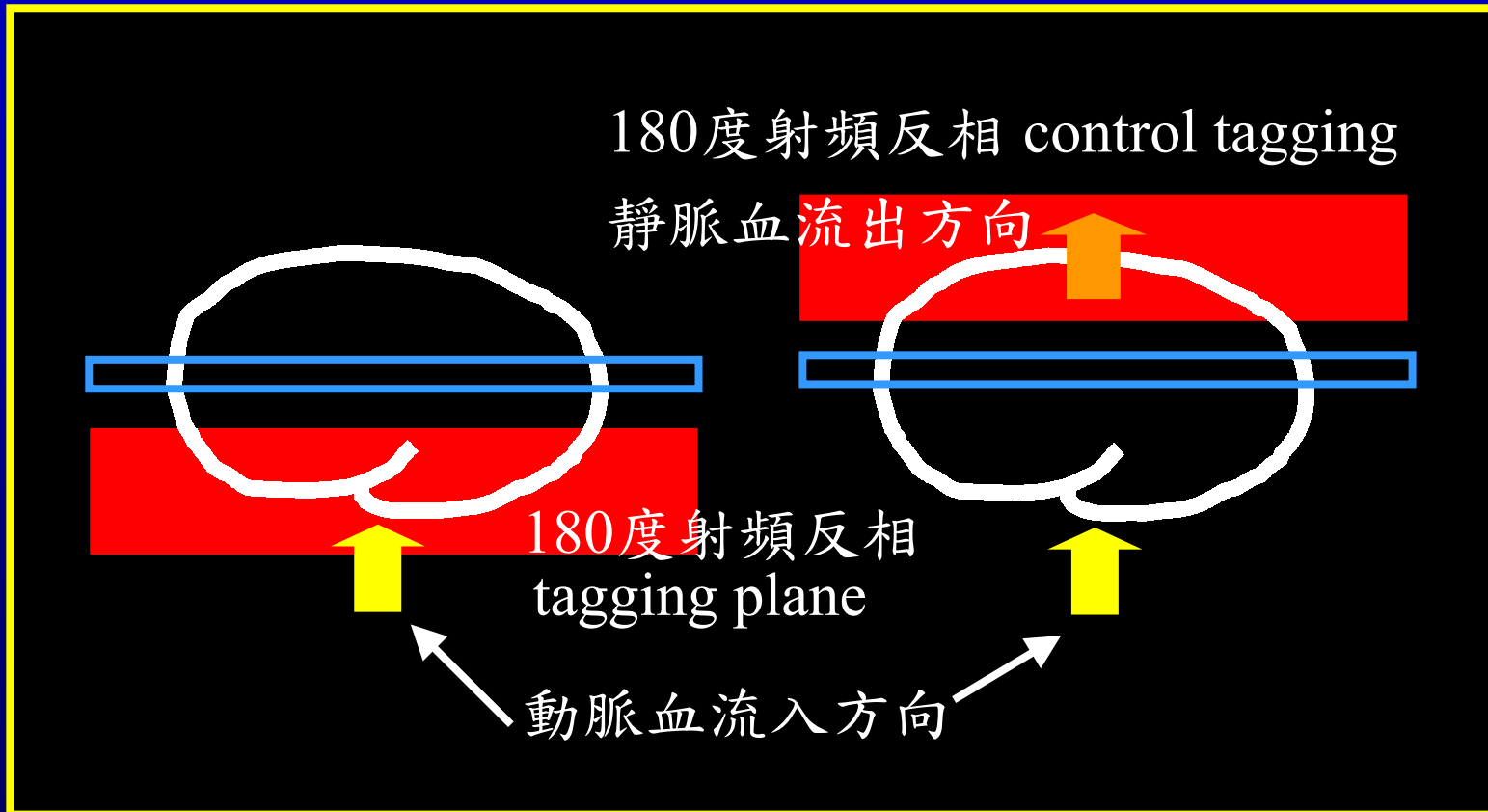


360度射頻標記
tagging plane



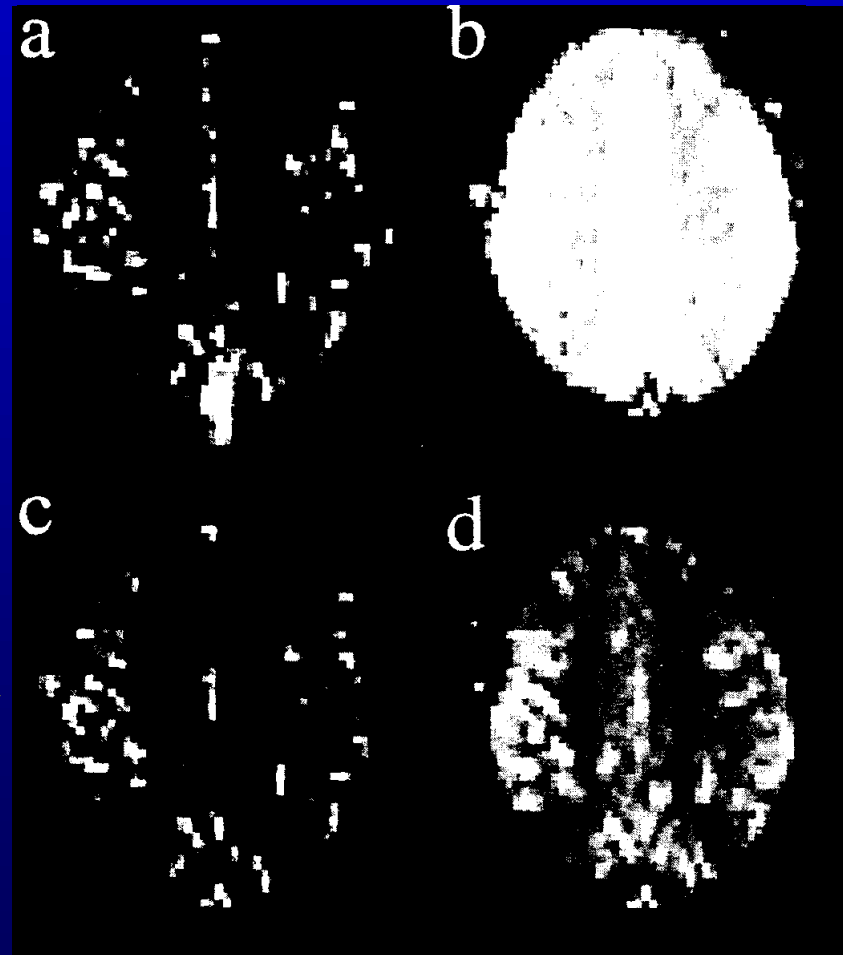
180度-spoil-180度
control plane

EPISTAR



磁轉換對比

- a. Single-slice EPISTAR **with** control pulse
- b. Single-slice EPISTAR **without** control pulse
- c. EPISTAR with **180-180 control pulses (double inversion)**
- d. EPISTAR with **90-90 double saturation**



做個結論

✍ 微灌流影像

✍ Spin-labeling

✍ 磁轉換效應

✍ EPISTAR

--single slice

--multi-slice

問題來了

✍ 有人說

- L. R. Frank, E. C. Wong, R. B. Buxton
- 翻轉用的射頻 slice profile imperfection
- 磁轉換效應可以忽略
- ??.....

✍ 雖然...但是...的確...

- R. R. Edelman說

✍ 流速也是個問題

- 流速太快
- pulsatile

還有

- ✍ 血流的方向
 - ✍ 影像相減，所以.....
 - ✍ T1-relaxation

 - ✍ 定性
 - ✍ 定量
- QUIPPS