



磁共振擴散影像分析：使用者介面建立

黃皓文、謝瑋芳 指導老師：莊子肇 教授

簡介

擴散性磁共振影像 (Diffusion Magnetic Resonance Imaging) 在近幾年的快速發展讓醫療、研究人員可以使用非侵入式的方法在經過適當的運算後獲得人腦神經纖維或心臟肌肉纖維的分佈狀況，成為臨床醫療的重要資訊來源。然而，擴散性磁共振影像的處理往往只能於造影儀所在的工作站進行，無法隨著專業醫療人員 (醫師) 移動而隨機處理影像資料。有鑑於此，本專題使用 MATLAB 軟體開發出一套操作簡單且多功能的圖形使用者介面 (Graphic User Interface, GUI)，讓非工程背景的使用者 (臨床醫療人員) 在輸入原始擴散權重影像 (Diffusion Weighted Image) 以及相關掃描參數後，就能夠執行離線計算擴散張量 (Diffusion Tensor) 與進一步的數據處理，並即時調整影像顯示品質，以利診斷與分析。

方法

擴散性磁共振造影是以磁共振造影原理為基礎，測量生物組織內「水分子的擴散程度」，也可觀察人體中較細微組織的分佈和走向 (如神經、血管組織)。擴散權重影像 (Diffusion weight Image, DWI)，是以一般成像法加上擴散權重梯度 (Diffusion Weighted Gradient) 所獲得的影像。其中，所加的擴散權重梯度的大小和時間控制擴散權重影像中的重要參數：「 b value」，形成以下的關係式：

$$b = \gamma^2 G^2 \delta^2 (\Delta - \delta/3)$$

其中 γ 為旋磁比 (Gyromagnetic Ratio)， G 為所加梯度強度大小， δ 為單一擴散梯度的時間長， Δ 則為雙極擴散梯度模型中兩個擴散梯度的時間差距。 b value 可用來控制影像之擴散比重，其與擴散所造成之訊號衰減有以下之關係式：

$$I = I_0 \times e^{-bD}$$

此處 I 為擴散權重影像之影像強度， I_0 為無外加擴散權重梯度之影像強度，此時 b value 為 0； D 則表示擴散係數。因此，由公式可知當 b value 或 D 越大，信號強度衰減越快，影像會越暗。

人體中水分子的擴散可能會因為組織障壁的存在，而在不同方向具有程度不一的擴散性，換句話說，水分子的擴散在生物體中可能具有非等向性 (Anisotropy)。擴散張量影像 (Diffusion Tensor Imaging, DTI) 此一技術可用來測量各個

像素中不同方向的擴散特性，也就是施加不同方向的擴散梯度去觀察相對應的擴散性。在此，我們使用一 3 乘 3 的張量 (tensor) 模型來描述三度空間中非等向性的擴散特性，也就是說將每個立體像素中水分子擴散現象以一個「橢圓體」表示。在進行對角化的運算之後，即可獲得橢圓體的軸長與方向，分別代表水分子在不同方向擴散程度的大小與方向，非等向性則以非等向性參數 (Fractional Anisotropy, FA) 來表示：

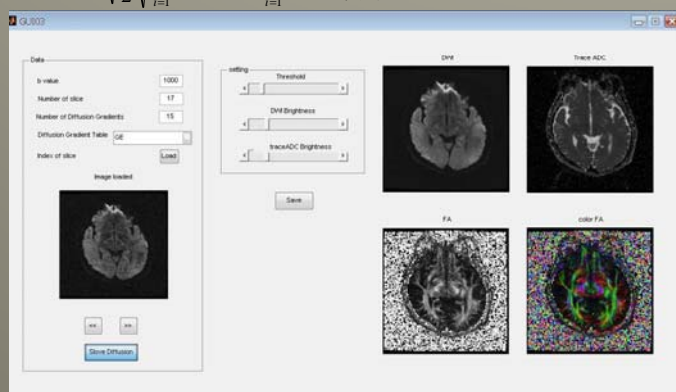
$$FA = \frac{\sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (\lambda_i - \lambda)^2}{\sum_{i=1}^3 \lambda_i^2}}, \text{ 其中 } 0 \leq FA \leq 1.$$

結果

依據以上方法，我們設計出一套可做離線分析的圖形使用者介面，只要提供無擴散權重影像與擴散權重影像、以及其對應的 b value 與擴散梯度方向，按一個鍵就可以輕鬆的進行擴散影像分析，獲得擴散係數分布圖 (ADC map) 以及擴散非等向性分布圖 (FA map)，其中後者還可搭配三原色顯示主要擴散方向：紅色表示神經纖維的主要走向為左右方向，綠色為用來顯示前後方向，藍色則是頭腳走向。

除了離線分析一大特色之外，我們開發的介面尚有其他優點：首先，本介面可藉由內建的表格，直接快速讀取擴散梯度參數進行運算，當擴散權重影像收集張數龐大時，用以分析使用的擴散梯度數量亦大，若一一輸入梯度參數，不但耗時且容易出錯，使用本介面，只需將整組梯度參數建成 Excel 表格檔，經由本介面程式讀取即可找出對應梯度參數組，輕輕鬆鬆完成擴散梯度參數的輸入。此外，藉由讀取指標影像檔，可快速選取欲分析之切面，當預覽的指標影像並非所要之切面時，可以利用影像預覽方向鍵，以指標影像為基礎快速的瀏覽前後張影像，由此可知，本介面中處理的指標影像可以是影像資料夾中的任何一張影像：無擴散權重影像或擴散權重影像。再者，擴散影像經處理與運算後，預設的顯示影像方式可能無法提供最好的品質，而本介面擁有影像隨調隨看的優點，使用者只須調整顯示參數，例如：閾值及亮度，介面立刻顯示調整效果，提供使用者可及時調整影像至最佳顯示效果的功能；最後利用介面中儲存的功能鍵，儲存影像，並可自訂影像格式，例如 JPEG，供日後研究分析使用。

以下則是使用本專題設計之圖形介面，讀取十五個方向的擴散張量影像，並選擇擴散權重影像為指標影像，進行分析的結果，圖一的顯示影像為擴散權重影像組經運算後的延伸影像組，由圖可知，純粹運算後的影像的顯示品質並非最佳，因此我們調整顯示參數之後，以獲得影像的最佳觀察品質 (圖二)。



圖一：選擇第33張影像做為指標影像，以預設閾值與亮度做影像處理運算，所得影像雜訊大亮度小。



圖二：適當調整閾值以降低雜訊干擾，提升影像品質，以及調整亮度增加影像可觀察度。