

京都大学	博士 (医科学)	氏名	廖彦朋
論文題目	Optimal Model Mapping for Intravoxel Incoherent Motion MRI (和 訳) ボクセル内インコヒーレント運動磁気共鳴画像法の最適モデルマッピング		
(論文内容の要旨)			
<p>In the intravoxel incoherent motion MRI (IVIM-MRI) study, generally, only one diffusion model would be applied to whole field-of-view voxels. However, the choice of the applied diffusion model can significantly influence the estimated diffusion parameters. The quality of the diffusion analysis can influence the reliability of the perfusion analysis. This study proposed an optimal model mapping method to improve the reliability of the perfusion parameter estimation in the IVIM study. Six normal subjects were examined with a whole-body 3T scanner Trio Tim (Siemens, Germany) with a 32-channel phased-array head coil. In IVIM-MRI, six motion probing gradient (MPG) directions ([1,1,0], [0,1,1], [1,0,1], [1,-1,0], [0,1,-1], [-1,0,1]) with 17 b-values ranging from 0 to 2500 s/mm² were applied for a single set of IVIM-MRI images. Totally six sets of images were obtained, and different SNR data sets were derived by changing the numbers of average (NA) from one to six. The other imaging parameters were TR/TE = 2,600/80 ms; flip angle = 90°; voxel size = 3×3×3 mm³; acquisition matrix size = 64×48 (3/4 partial Fourier); image matrix size = 64×64; 22 slices and slice gap = 3 mm. The IVIM-MRI parameters were analyzed by using the asymptotic method. The threshold b-value of 600 s/mm² was used. Gaussian, Kurtosis, and Gamma models were used for the optimal model mapping. The diffusion-relative parameters of mean diffusivity (MD) and apparent diffusional kurtosis (K_{app}) were acquired model by model. The residual signals were then analyzed by the mono-exponential model for the perfusion-relative parameters of the perfusion fraction (f_p) and the pseudo-diffusion coefficient (D*).</p> <p>The corrected Akaike Information Criterion (cAIC) was used to verify the optimal model for a voxel in each condition. The optimal parameters' volume was reconstructed by referring to the optimal model map and filling the optimal results to the corresponding voxels. The results showed that the Gaussian model, the Kurtosis model, and the Gamma model were found to be optimal for the CSF, white matter (WM), and gray matter (GM), respectively. In the mean perfusion fraction (f_p) analysis, the GM/WM ratios were 1.16 (Gaussian model), 1.80 (Kurtosis model), 1.94 (Gamma model), and 1.54 (Optimal model mapping); in the mean pseudo diffusion coefficient (D*) analysis, the GM/WM ratios were 1.18 (Gaussian model), 1.19 (Kurtosis model), 1.56 (Gamma model), and 1.24 (Optimal model mapping). With the optimal model mapping method, the estimated f_p and D* were reliable compared with the conventional methods. In addition, the optimal model maps, the associated products of this method, may provide additional information for clinical diagnosis.</p>			

(論文審査の結果の要旨)

拡散強調撮像(DWI)法は MRI によって水分子のランダムな運動を画像化する手法であるが、生体内の微小環流も、水分子のランダムな運動の一つとして DWI 信号に影響する。ボクセル内インコヒーレント運動 MR 撮像(IVIM-MRI)法は、計測された DWI 信号から本来の拡散信号を推定して減算、残った僅かな信号を微小環流信号と考える微小環流パラメーターを得る手法である。本研究では、微小環流信号の推定精度向上にはまず拡散信号の推定精度向上が重要である点に注目し、一般的には拡散信号モデルに単一のものを用いるところを、Gaussian モデル、Kurtosis モデル、Gamma モデルの 3 モデルを用い、その中からボクセル毎に最適なものを選択する手法を提案した。6 名の正常被験者に対して本手法を適用した結果、脳脊髄液/白質/灰白質について、Gaussian/Kurtosis/Gamma モデルがそれぞれ高い確率で最適モデルとなった。また平均灌流率(f_p)の灰白質/白質比は 1.54 となり、単一モデルを用いた時よりもより PET など従来法の結果に近い値となった。本手法には、高い信号ノイズ比が必須という問題点があるが、今後、denoising 法の適用を試みるなどして撮像時間を短縮、臨床への適用を試み、有用性を評価する。

以上の研究は MRI による微小環流信号の推定精度の向上に貢献し、脳疾患の理解に寄与するところが多い。

したがって、本論文は博士 (医科学) の学位論文として価値あるものと認める。

なお、本学位授与申請者は、令和 3 年 3 月 4 日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。