

学位請求論文の内容の要旨

領 域	放射線技術科学領域	分 野	
氏 名	吉田司		
(論文題目)	薄層拡散強調磁気共鳴画像から得られる見かけの拡散係数の精度に関する研究		
主 査	高橋康幸		
副 査	斎藤陽子		
副 査	對馬栄輝		
副 査	細川洋一郎		
序論・目的			
<p>磁気共鳴画像法のひとつである拡散強調画像は、生体中における組織・臓器の水分子の拡散を画像化する技術であり臨床において大きな役割を果たしている。また、拡散強調画像の信号値から得られる定量値である見かけの拡散係数(apparent diffusion coefficient: ADC)もまた広く臨床応用がなされている。このADCに影響を与える因子として、いくつかのものが挙げられている。その中で磁気共鳴画像における画質評価の指標のひとつである信号対雑音比(signal-to-noise ratio: SNR)との関連についてもいくつかの報告がある。近年、高い静磁場強度のスキャナや多くのチャンネルを有するフェイズドアレイコイルの登場によって、SNRは大きく向上している。一般的に、SNRは撮像時間また空間分解能とトレードオフの関係にあることから、SNRの向上は高速撮像や高分解能撮像に貢献している。特に高分解能撮像のひとつである薄層撮像は、ADCの計測において部分容積効果の影響を少なくすることが知られている。これまでの拡散強調画像における薄層撮像に関する報告としては、2-2.5 mmの厚さを用いるものがある。また、腫瘍イメージングの分野では、1mmスライスの拡散強調画像がさらなる診断的な付加価値を与えることが期待されている。近年、定量画像をバイオマーカーとして利用するための標準化の委員会</p>			

(注) 論文題目が外国語の場合は、和訳を付すこと。

(quantitative imaging biomarker alliance : QIBA) によってADCの測定誤差や再現性の推奨値が提言されている。薄層撮像においてはSNRの低下によるADCの測定精度への影響が懸念されるが、これまでQIBAの提言する値と薄層撮像によるADCの測定精度との定量的な比較がなされていない。また、我々は3.0Tのような高い静磁場強度のスキャナを使用することで、1mmのような薄層撮像においても、QIBAの提案した基準値と比較して許容可能な測定誤差及び再現性を、現実的な撮像時間内で達成可能であるという仮説を立てた。そこで、本研究ではファントムを用いて薄層撮像によるADCの測定誤差および再現性を評価することであった。

方法

ファントムは氷水ファントムを使用した。これは0°Cにおける水の拡散係数が $1.1 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ と既知の値を示すためである。本研究では水を封入した5つのロッドを、1つは中央に残りは辺縁に配置する構造とした。拡散強調画像の撮像は1.5Tおよび3.0Tの静磁場強度を持つスキャナを使用した。スライスの厚さは1, 3および5mmとした。拡散強調の程度を示すb値は0および1000 s/mm^2 とした。その他の撮像条件は拡散強調画像の撮像において一般的なパラメータ設定とし、撮像回数は5回とした。ファントムの配置は中央のロッドが静磁場中心と一致するようにした。ADCはb値を横軸、信号値の対数値を縦軸としてプロットしたときの2点の直線の傾きとした。SNRは5回の撮像した画像において、信号画像と雑音画像を取得し、それぞれの画像においてロッド上に設定した関心領域 (region of interest: ROI)中の平均値から算出した。ADCの定量評価として、正確度、精密度および再現性を5回の測定から求めた。正確度とは、測定したADCと既知のADCとのずれを指す。精密度は、測定値のバラツキの程度を示す指標であり、ROI中の標準偏差と平均値との比で定義される。再現性とは5回の測定値がどれだけばらついているかを示す指標であり、5回の測定の変動係数として定義される。統計解析として、それぞれのスライス厚における測定ADC値と、0°Cの水の拡散係数とを比較するために

【細則様式第1-2号続き】

1標本t検定を施行した。有意水準は5%未満とし、すべての処理は統計ソフトウェアのRを用いて施行した。

結果

それぞれのスライス厚に対して、3.0Tスキャナで得られたSNRは、1.5Tのそれと比べて約2-3倍高い値を示した。中央部と辺縁部の比較については、辺縁部のSNRは中央部のSNRに対して約1.2-1.5倍高い値を示した。更に、b0画像におけるSNRはb1000画像におけるSNRと比べて約3倍高い値を示した。1.5Tおよび3.0Tの平均ADC値はそれぞれ $1.092 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (範囲, $1.075-1.101 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$) と $1.120 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (範囲, $1.113-1.127 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)であった。全体の平均値として、3.0TスキャナのADC値は0°Cの水のADC値と比べて統計学的な有意差を持って約2.0%高い値を示した ($P < 0.001$)。それぞれのスライス厚において中央のロッドにおける正確度は、スキャナおよび測定箇所によらず $\pm 2.5\%$ 以内となった。精密度については、3.0Tスキャナは1.5Tスキャナと比較して約1.3-3.0倍向上した。また精密度はスライス厚が薄くなるに伴い悪化した。1mm厚における1.5Tおよび3.0Tスキャナの精密度は、中央でそれぞれ8.35%および2.86%、辺縁でそれぞれ6.34%および3.34%であった。ADCの再現性は両スキャナにおいてスライス厚の増加に伴い改善した。1.5Tおよび3.0Tスキャナの再現性は、中央でそれぞれ3.4%以下および1.3%以下であり、辺縁でそれぞれ2.5%以下および1.7%以下であった。

結論

我々はファントム実験において1.5Tスキャナおよび3.0Tスキャナを用いたADCの計測はQIBAの基準値と比べて良好な正確性を示した。我々はまた、1.5Tスキャナと比べて3.0Tスキャナはよりよい精密度および繰り返し再現性を示した。特に、3.0Tスキャナは1mmスライスを用いたときに許容可能なスキャン時間内で、許容可能な精密度と繰り返し再現性を達成できる可能性が示された。それゆえ、3.0Tスキャナによる薄層拡散強調磁気共鳴画像は、高い信頼性のADC値測定を可能にすることが示された。

【細則様式第 1 - 2 号続き】

学位論文のもととなる研究成果としての筆頭著者原著

論文題目	Apparent Diffusion Coefficient Measurements using Thin-Slice Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging: Assessment of Measurement Errors and Repeatability
著者名	Tsukasa Yoshida, Atsushi Urikura, Yoichiro Hosokawa, Kensei Shirata, Yoshihiro Nakaya, Masahiro Endo
掲載学術誌名	Radiological Physics and Technology
巻, 号, 項	項 1-7
掲載年月日	2021/3 月