

## 平成 23 年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名 (注: 学位論文題名が欧文の場合は和訳をつけること)

Diffusion Kurtosis Imaging: optimization of the parameters for clinical use

拡散尖度画像法: 臨床利用に向けた撮像パラメータの最適化

学位の種類: 修士 (放射線学)

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻

放射線科学域

学修番号 10897614

氏名: 福永 一星

(指導教員名: 妹尾 淳史)

【目的および背景】近年、正規分布を仮定しない拡散の有用性が多く報告されており、その正常組織と病変組織の間のコントラストおよび計測値が新たな診断情報として注目されつつある。拡散尖度画像法は従来の拡散テンソルとは異なる理論的背景による解析方法であり、正規分布を仮定しない拡散 (制限拡散) の評価が可能となる。また、 $b$  値  $3000[s/mm^2]$  以下で計算が可能のため、より高い  $b$  値を必要とする狭義の  $q$  space imaging よりも臨床応用が容易となる。しかし、従来までのプロトコルでは 10 分以上の撮像時間が必要となるため、臨床に応用するためには撮像時間の短縮が不可欠である。そこで、本研究では DKI を臨床に利用するための最適な  $b$  値、軸数、および拡散時間を検討した。

【方法】対象は、健常ボランティア 4 名 (age ranged 21-24 years, mean age 22.5) である。DKI の撮像には 3T MRI 装置 (Achieva, Philips) を使用し、以下の 3 つのプロトコルを撮像した。1.  $b$  値の検討、撮像条件: TR/TE 3000/99ms; slice thickness 5mm;  $2 \times 2$ mm resolution; 32 MPG directions;  $b$ -value  $0 \sim 7500[s/mm^2]$  (16 steps, 5 通りの組み合わせ) 2. MPG 軸数の検討、撮像条件: TR/TE 8000/90ms; slice thickness 3mm;  $3 \times 3$ mm resolution; MPG directions (6 種類);  $b$ -value 0, 1000, 2000 $[s/mm^2]$ ;  $\Delta/\delta$  44.1 / 34.5ms. 3. 拡散時間の検討、撮像条件: TR/TE 8000/56-104ms; slice thickness 3mm;  $3 \times 3$ mm resolution; MPG directions 20;  $b$ -value 0, 1000, 2000 $[s/mm^2]$ ;  $\Delta/\delta$  28.7-83.1 / 9.5-34.5 ms (7 種類)

【結果】1.  $b$  値は高い値を使用した組み合わせになるほど、mean DK 値およびその標準偏差が低下する傾向となった。2. 軸数を増やすと mean DK 値の標準偏差が低下した。6 軸ではその差が顕著にみられたが、15 軸以上では大きな差はなかった。なお、6 軸における caudate は計測することができなかった。3. 拡散時間は長くするほど mean DK 値における CSF の値が 0 に近づいたが、TE の延長に伴う SNR の低下も認められた。また、mean DK 値が 0 に近づくことに伴った標準偏差の低下もみられた。

【考察】1. Mulkern らの見かけの拡散係数に関する報告によると、白質 (内包) は灰白質 (皮質) に比べて slow diffusion coefficient が有意に低いとされている。したがって、 $b=6000[s/mm^2]$  以上を使用した組み合わせにおいて灰白質の mean DK 値が低下しなかったのは、 $b$  値を高くしても水分子の動きが遅い成分が比較的多いことによると考えられた。2. 軸数に関しては、軸ごとの拡散尖度を計算する際に信号欠損となってしまう軸が存在する可能性が否定できないため、15 軸よりも多い軸数が必要になるとと思われる。3. 拡散時間は長いほど CSF の mean DK 値が 0 に近づいたため、より正確な拡散現象を反映した結果となっていると判断した。しかし、拡散時間を長くするためには TE の延長も伴うため、拡散時間と SNR がトレードオフの関係にあるという結果も得られた。

【結論】

$b$  値、軸数、および拡散時間に関して検討し、SNR と撮像時間を考慮して全脳 15cm を 6 分 50 秒で撮像可能なプロトコルを提案することができた。 $b$  値は 0, 1000, 2000 $[s/mm^2]$ 、軸数は 20 軸、拡散時間は  $\Delta/\delta$  45.3/13.3 $[ms]$  を最適な撮像条件とした。

## 平成 23 年度 博士前期課程学位論文要旨

学位論文題名 (注: 学位論文題名が欧文の場合は和訳をつけること)

Diffusion Kurtosis Imaging: optimization of the parameters for clinical use

拡散尖度画像法: 臨床利用に向けた撮像パラメータの最適化

学位の種類: 修士 (放射線学)

人間健康科学研究科 博士前期課程 人間健康科学専攻

放射線科学域

学修番号 10897614

氏名: 福永 一星

(指導教員名: 妹尾 淳史)

注: 1,000 字程度 (欧文の場合 300 ワード程度) で、本様式 1 枚 (A 4 版) に収めること

**BACKGROUND AND PURPOSE:** Diffusion kurtosis imaging (DKI) is highlighted as a new technique based on the non-Gaussian water diffusion analysis. DKI provides more precise diffusional information derived from the tissue microstructure in than conventional diffusion analysis such as diffusion tensor imaging. However, the conventional protocol needs more than 10 minutes for scanning time. To find an suitable clinical setting of DKI, we examined the b value, MPG direction, and diffusion time.

**MATERIALS AND METHODS:** Four normal healthy subjects (age ranged 21-24 years, mean age 22.5) participated in the study. Using a clinical 3T-MRI scanner, we evaluate the effect of different protocols of DKI data acquisition. All diffusion metric maps were calculated by using the dTV.II.FZR. The volumes of interest were placed for the analysis of white matter, gray matter, and cerebrospinal fluid.

**RESULTS AND DISCUSSION:** The 3 b values protocol does not reflect the precise mean DK value compared with 6 b values protocol. However, image acquired time with 3 b values is a half and that is very important for clinical use.

Although the case of being immeasurable was seen at 6 MPG, the remarkable differences were not detected in 15 to 32 MPG. However, when calculating the diffusion kurtosis tensor for every axes, the influence of signal deficit cannot be denied. We conclude that the numbers of MPG are needed more than 15 axes and we recommend the 20 MPG for the stable calculation.

As long as diffusion time is extended, the mean DK value of the CSF is nearly zero. Thus, we considered that long diffusion time reflects a more precise diffusion phenomenon. However, long diffusion time is also required to extend the TE.

**CONCLUSIONS:** We studied the combination of b value, MPG direction, and diffusion time and we propose the DKI protocol, which could acquire the whole brain with 6 minutes and 50 seconds. We considered that following imaging parameters were suitable for clinical use: TR/TE 7437/70ms; slice thickness 3mm; 3×3mm resolution; MPG directions 20; b value 0, 1000, 2000[s/mm<sup>2</sup>];  $\Delta/\delta$  45.3 / 13.3ms.