

審査の結果の要旨

氏名 伊藤 賢司

本研究は、拡散 MRI を用いた線維追跡において手動 ROI (Region Of Interest) 設定に起因する再現性や作業効率の低さを改善する方法として、帯状束を高速に抽出する 2 種類の自動抽出法を開発し、統計解析に応用したものであり、下記の結果を得ている。

1. 本研究では、帯状束が脳梁の背側上端を走行していることに着目し、世界で初めて脳梁形状を利用することにより、帯状束を自動抽出する Auto diffusion tensor Fiber Tracking (AFT) と Voxel Classification (VC) の 2 種類の方法を開発した。AFT は、帯状束計測境界の正中矢状断面の脳梁接点に設定した Box VOI (Volume Of Interest) 内の FA 値と交差角度 (脳梁の接方向と白質線維の最大固有値方向の角度差) のしきい値処理により抽出されたボクセル群を帯状束の ROI に設定し、線維追跡を行う方法である。VC は、AFT の ROI 抽出を応用して、線維追跡を行わずに帯状束を直接抽出する方法である。
2. 基礎実験として、開発した手法を、健常 (Normal Control : NC) 群 10 名、認知症を伴うパーキンソン病 (Parkinson's Disease (PD) with Dementia : PDD) 群 10 名の 2 群の症例データに適用し、以下の項目について検討した。比較として、手動 ROI を用いた Manual diffusion tensor Fiber Tracking (MFT) 法も行った。

2.1 抽出された帯状束領域の一致率

3 人の入力者 (診療放射線技師 1 名、放射線科医 2 名) が行った MFT 法では、抽出された帯状束領域の一致率は平均 0.70 とそれほど高くはなく、入力者間のばらつきを抑制するのが困難であった。これは ROI の入力スライス位置や形状が入力者間で異なることに起因している。一方、AFT 法と MFT 法の一致率は平均 0.72 と入力者間の結果と同程度であるが、VC 法と AFT 法、VC 法と MFT 法の結果はそれぞれ約 0.60 と低かった。これは、AFT 法と MFT 法は同一の線維追跡アルゴリズムを使用しているため、VC 法よりも抽出領域が類似したと考えられる。

2.2 抽出された帯状束領域内の FA 値の比較

開発した手法の妥当性の評価は、NC 群と PDD 群の 2 群を識別する能力により行った。AFT、VC、MFT いずれの方法を用いても、前部および後部帯状束において NC 群よりも PDD 群の FA 値は有意に低下した。この傾向は、過去の報告と一致しており、開発した手法で帯状束を正しく抽出していることが示唆された。神経束においては gold standard を定義するのは困難であり、現在のところ、生体内の特定神経束の構造が正しく抽出されたかを判断するには十分である方法はなく、必要条件である方法を用いて評価することが重要である。そのため、本研究で用いた異なる症例群を識別する能力により、開発した手法を評価することは重要性が高いと言える。

3. 臨床実験として、NC 群、PD 群、PDD 群の各 15 名の 3 群の症例データを用いて、次の項目について検討した。

3.1 抽出された帯状束領域内の FA 値の比較

開発した手法の妥当性の評価は、NC 群、PD 群、PDD 群の 3 群を識別する能力により行った。AFT、VC いずれの方法を用いても、前部帯状束において NC 群よりも 2 つの疾患群の FA 値は有意に低下し、後部帯状束では NC 群よりも PDD 群の FA 値は有意に低下した。また、VC 法により抽出された後部帯状束のみに、2 つの疾患群の FA 値に有意な差が認められた。これらの有意差の傾向は過去の報告と一致しており、VC 法は AFT 法よりも疾患の診断補助に対する有用性が高いと示唆された。

4. 解析時間は、一般的なラップトップパソコンを用いて 1 症例あたり VC 法では約 30 秒、AFT 法では約 40 秒であり、臨床での応用が十分に可能であることが示された。また、MFT 法では 1 症例あたり実務作業時間は約 10 分であった。本手法を用いれば、多症例データを全自動かつ高速に解析することが可能である。

以上、本研究では、拡散 MRI における統計解析を目的とした帯状束の 2 種類の自動抽出法を開発し、NC 群、PD 群および PDD 群の 3 群の症例データに適用し、FA 値による群間比較の結果と先行文献の内容の整合性により、AFT 法と VC 法の 2 つの手法の妥当性を評価した。VC 法は AFT 法よりも疾患の診断補助に対する有用性が高いと示唆され、開発した手法の臨床での有用性が明らかになった。本研究は疾患の診断補助に対して重要な貢献をなすと考えられ、学位の授与に値するものと考えられる。