

拡散テンソル画像(Diffusion Tensor Imaging)を用いた 脳幹部神経線維束の描出と脊髄小脳変性症への応用

本間次男

山形大学医学部附属病院 放射線診断科

抄 録

【背景】 MRI の撮像法として最近開発された拡散テンソル画像 (Diffusion Tensor Imaging, 以下 DTI) は, 拡散の異方性を画像化でき, かつ定量的に表現できる. 神経線維は拡散異方性が大きく, DTI を用いれば神経線維束を画像化することが可能である. 本研究の目的は, DTI を用いて脳幹部における神経線維束を観察するとともに, 脊髄小脳変性症 (spinocerebellar degeneration, 以下 SCD) における病型診断の可能性を検討することである.

【方法】 1. DTI における脳幹部神経線維束の画像評価 脳幹部に異常のない 41 例を対象として DTI を撮像し, Fractional Anisotropy (FA) map および 3 次元画像 (3D-tractography) を作成して, 脳幹部での錐体路, 上小脳脚, 下小脳脚の描出能を検討した. 2. SCD の検討 遺伝性 SCD 11 例, 非遺伝性 SCD 5 例の疾患群 16 例, 対照群 25 例について, DTI から Apparent Diffusion Coefficient (ADC) map および FA map を作成し, 橋および中小脳脚の拡散の大きさを表す ADC, 拡散の異方性の程度を表す FA を測定した.

【結果】 1. DTI における脳幹部神経線維束の画像評価 全例で錐体路, 上小脳脚, 下小脳脚が描出された. 2. SCD の検討 対照群と比較して SCA1 では中小脳脚の ADC が有意に上昇, DRPLA では橋の ADC が有意に上昇, MSA-C では橋と中小脳脚の両方で ADC が有意に上昇するとともに FA が有意に低下していた. SCA3 では有意な変化はなかった.

【結論】 DTI を用いることにより脳幹部における神経線維束を観察することができた. DTI による FA と ADC の測定は, SCD の病型診断に寄与できる可能性がある.

Key words : MRI, diffusion tensor imaging, spinocerebellar degeneration

緒 言

MRI の撮像法として最近開発された拡散テンソル画像 (Diffusion Tensor Imaging, 以下 DTI) は, 組織内水分子の微小運動, すなわち拡散の異方性を画像化でき, かつ定量的に表現できる^{1), 2)}. 神経線維は拡散異方性が大きく, DTI を用いれば神経線維束を画像化することが可能となる³⁾.

脊髄小脳変性症 (spinocerebellar degeneration, 以下 SCD) には多数の疾患が含まれるが, 近年, 分子遺伝子学の進歩により遺伝性 SCD の多くの病型では原因遺伝子が明らかになってきている^{4) - 11)}. 病理学的には橋横走線維, 小脳脚などの萎縮を伴うが, 従来の画像診断法では神経線維そのものを画像化することはできなかった. 小脳や橋の外径を計測することにより萎縮の程度を評価する研究が報告されているが, 現在までのところ画像による SCD の病型診断は困難とされている^{12), 13)}.

本研究の目的は, DTI を用いて脳幹部における神経線維束を観察するとともに, SCD における病型診断の可能性を検討することである.

対象と方法

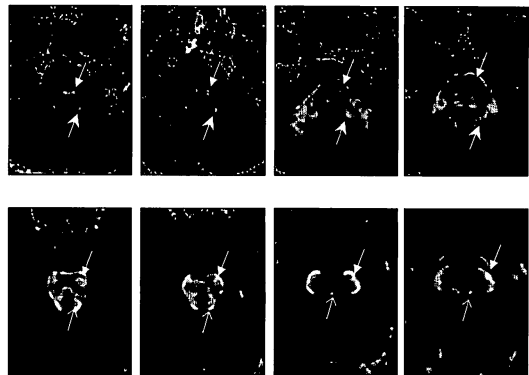
1. DTI における脳幹部神経線維束の画像評価

2000 年 11 月から 2001 年 5 月に, 脳幹部に異常のない 41 例 (男性 25 例, 女性 16 例, 年齢は 5 ~ 89 歳, 平均 51.0 歳) を対象として DTI を撮像し, 脳幹部での錐体路, 上小脳脚および下小脳脚の描出能を検討した.

撮像機種は, 高磁場 MRI 装置 (Signa Horizon 1.5T; General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI) である. 撮像法は singleshot Echo Planner Imaging (EPI) 法で, 撮像断面は水平断 (orbitomeatal line, 以下 OM line に平行な断面) とした. 撮像条件はくり返し時間 time of repetition (TR) : 8000msec, エ

コー時間 time of echo (TE) : 97.6msec, field of view (FOV) : 24 × 24 cm, マトリックス数 : 128 × 128, 積算回数 : 4 回, motion probing gradient (MPG) パルスの印加方向 : 9 方向, b 値 (MPG パルスの強さを表す数値) : 1000 sec/mm² である. DTI の標準検査法として通常用いられている 5/2.5 mm (スライス厚 / スライス間隔) に加え, 空間分解能向上の目的で 3/0 mm での薄層の連続撮像を行った. 撮像時間は 5/2.5 mm で 5 分 21 秒, 3/0 mm で 10 分 41 秒である. 得られた画像データを workstation である Advantage Windows 3.1 (General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI) に転送し, 研究用画像解析ソフト Functool を用いて FA map (Fig. 1) を作成した. さらに FA map のデータを volume rendering (VR) 法を用いて 3 次元処理し, 白質線維束を立体表示する 3D-tractography を作成した (Fig. 2).

FA map では, 脳幹部における錐体路, 上小脳脚, および下小脳脚について, 視覚的に評価した. それぞれの白質線維束について, 全長がすべてのスライスで描出されているものを clearly visible, 50% 以上のスライスで描出さ



(←)錐体路 (←)上小脳脚 (←)下小脳脚

Fig. 1. 正常例の FA map (スライス厚 / 間隔: 3/0 mm) 45 歳, 統合失調症の女性. 大脳脚から橋横走線維の内部を通り延髄腹側を下行する錐体路, 小脳歯状核から出て中脳下丘のレベルで左右に交叉し赤核に上行する上小脳脚, 延髄の後外側を上行し小脳につながる下小脳脚が明瞭に描出されている.

拡散テンソル画像 (Diffusion Tensor Imaging) を用いた脳幹部神経線維束の描出と脊髄小脳変性症への応用

れているものを *visible*, 50%未満のスライスで描出されているものを *partially visible*, まったく描出がないものを *not visible* とした。

3D-tractography では, 脳幹部の錐体路, 上小脳脚および下小脳脚が全長で途絶なく描出されているものを *good*, 50%以上が描出されているが一部で途絶があるものを *fair*, 50%未満が描出されているものを *poor*, まったく描出がないものを *none* とした。

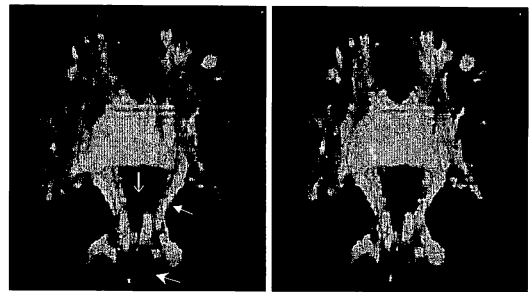
2. SCD の検討

2001年1月から2002年10月に, 遺伝子検査により診断された遺伝性 SCD11 例, 臨床的に診断された非遺伝性 SCD5 例の計 16 例 (男性 10 例, 女性 6 例, 年齢は 30 ~ 67 歳, 平均 56.6 歳) を対象として MRI を施行した。疾患群の内訳は脊髄小脳性運動失調 (spinocerebellar ataxia; SCA) 1 の 3 例, SCA3 (Machado-Joseph 病) の 4 例, 歯状核赤核淡蒼球ルイ小体萎縮症 (dentatorubro-pallidoluysian atrophy; DRPLA) の 4 例, MSA-C (multiple system atrophy-cerebellar type) の 5 例である。対照群として臨床的に SCD の疑いがなく, 脳幹部に異常のないボランティア 25 例 (男性 16 例, 女性 9 例, 年齢は 20 ~ 78 歳, 平均 56.4 歳) について, 同時期に MRI を施行して検討した。

撮像機種および DTI の撮像法は脳幹部における神経線維束の描出能の検討と同様である。スライス厚/間隔は 3/0 mm を採用した。

DTI から workstation 上で Apparent Diffusion Coefficient (ADC) map および FA map を作成し, 橋および中小脳脚の ADC, FA を測定した (Fig. 3)。橋の ADC, FA の測定は三叉神経が分岐するレベルの 1 スライス (3 mm) 頭側で, 中小脳脚の ADC, FA の測定は中小脳脚が最も太く描出されているスライスで行った。中小脳脚の値は左右の平均の値とした。

得られたデータについて対照群と疾患群との比較を行うとともに, SCD の病型別に比較検討した。検定には Mann-Whitney の U 検定を



(←)錐体路 (←)上小脳脚 (←)下小脳脚

Fig. 2. 正常例の 3D-tractography (ステレオ表示)
Fig. 1. と同一症例. 錐体路, 上小脳脚, 下小脳脚が途絶なく描出されている。

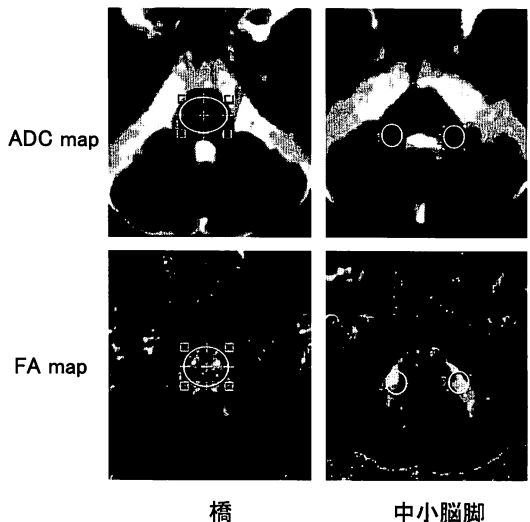


Fig. 3. 橋・中小脳脚における ADC と FA の測定
橋は三叉神経が起始する 1 スライス (3 mm) 頭側の断面で, 中小脳脚は中小脳脚が最も太く描出されている断面で測定。中小脳脚の値は左右の平均とした。

用い, $P < 0.05$ を有意とした。

結 果

1. DTI における脳幹部神経線維束の画像評価

FA map では, 全例で錐体路, 上小脳脚, 下小脳脚が描出され, 評価はすべて *visible* か *clearly visible* であった (Table 1)。スライス厚/間隔 5/2.5 mm と 3/0 mm との比較では,

本 間

5/2.5 mm の FA map で上小脳脚の clearly visible は 10.5%であったが、3/0 mm の FA map では 81.8%と著明に向上した。錐体路、下小脳脚では大きな相違はみられなかった。

3D-tractography では、5/2.5 mm と比較して 3/0 mm の方が、錐体路、上小脳脚、下小脳脚ともより明瞭に描出され、FA map と同様に上小脳脚においてその傾向が顕著であった (Table 2)

2. SCD の検討

橋と中小脳脚における ADC と FA の結果を Table 3 に示す。対照群と比較して、橋の ADC は DRPLA と MSA-C で有意に上昇し、中小脳脚の ADC は SCA1 と MSA-C で有意に上昇していた (Fig. 4)。一方、FA に有意な変化がみられたのは MSA-C のみで、橋および

中小脳脚の両者で有意に低下していた (Fig. 5)。

SCD の病型別に対照群との統計学的有意差をまとめると、SCA3 ではいずれの測定でも有意差が認められなかった。SCA1 では中小脳脚の ADC のみが有意に上昇し、DRPLA では橋の ADC のみが有意に上昇していた。MSA-C では橋と中小脳脚の両者で ADC が有意に上昇し、FA が有意に低下していた (Table 4)。

考 察

生体内の水分子の動き (拡散) は本来方向性のない三次元的な動きである。しかし、脳脊髄の神経線維では、軸索の髄鞘が拡散のバリアとなるため、神経線維の走行に垂直な方向の拡散

Table 1. FA map による神経路の描出能

評価	Slice 厚 / 間隔 : 5/2.5 mm (n=19)			Slice 厚 / 間隔 : 3/0 mm (n=22)		
	錐体路	上小脳脚	下小脳脚	錐体路	上小脳脚	下小脳脚
clearly visible	13 (68.4%)	2 (10.5%)	12 (63.2%)	14 (63.6%)	18 (81.8%)	17 (77.3%)
visible	6 (31.6%)	17 (89.5%)	7 (36.8%)	8 (36.3%)	4 (18.2%)	5 (22.7%)
partially visible	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
not visible	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

clearly visible ; 全長がすべてのスライスで描出されているもの

visible ; 50%以上のスライスで描出されているもの

partially visible ; 50%未満のスライスで描出されているもの

not visible ; まったく描出がないもの

Table 2. 3D-tractography による神経路の描出能

評価	Slice 厚 / 間隔 : 5/2.5mm (n=19)			Slice 厚 / 間隔 : 3/0mm (n=22)		
	錐体路	上小脳脚	下小脳脚	錐体路	上小脳脚	下小脳脚
good	4 (21.0%)	0 (0%)	5 (26.4%)	9 (40.9%)	16 (72.7%)	15 (68.2%)
fair	12 (63.2%)	4 (21.0%)	7 (36.8%)	12 (54.6%)	4 (18.2%)	4 (18.2%)
poor	3 (15.8%)	15 (79.0%)	7 (36.8%)	1 (4.5%)	2 (9.1%)	3 (13.6%)
none	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

good ; 全長で途絶なく描出されているもの

fair ; 50%以上が描出されているが一部で途絶があるもの

poor ; 50%未満が描出されているもの

none ; まったく描出がないもの

拡散テンソル画像 (Diffusion Tensor Imaging) を用いた脳幹部神経線維束の描出と脊髄小脳変性症への応用

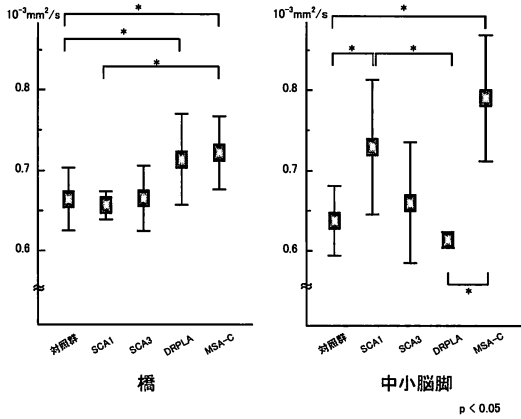


Fig. 4. 橋・中小脳脚における ADC
橋では対照群と比較して DRPLA と MSA-C の ADC の有意 ($P < 0.05$) な上昇がある。
中小脳脚では対照群と比較して SCA1 と MSA-C の ADC の有意な上昇がある。

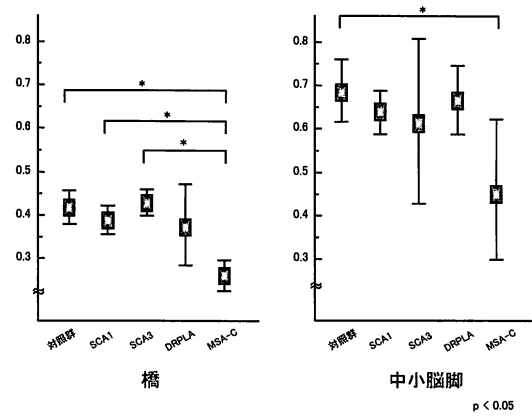


Fig. 5. 橋・中小脳脚における FA
橋, 中小脳脚ともに対照群と比較して MSA-C の FA が有意 ($P < 0.05$) に低下している。

Table 3. 橋, 中小脳脚における ADC と FA (mean \pm SD)

疾患群	ADC ($10^{-3} \text{mm}^2/\text{sec}$)		FA	
	橋	中小脳脚	橋	中小脳脚
Control	0.66 \pm 0.04	0.63 \pm 0.05	0.42 \pm 0.04	0.68 \pm 0.07
SCA1	0.65 \pm 0.02	0.73 \pm 0.09	0.39 \pm 0.03	0.64 \pm 0.05
SCA3	0.66 \pm 0.04	0.66 \pm 0.08	0.43 \pm 0.03	0.61 \pm 0.19
DRPLA	0.71 \pm 0.06	0.61 \pm 0.01	0.37 \pm 0.09	0.67 \pm 0.08
MSA-C	0.72 \pm 0.05	0.79 \pm 0.08	0.26 \pm 0.04	0.45 \pm 0.16

SCA ; 脊髄小脳性運動失調 (spinocerebellar ataxia)

DRPLA ; 歯状核赤核淡蒼球ルイ小体萎縮症 (dentatorubro-pallidoluyisian atrophy)

MSA-C ; 多系統萎縮症小脳型 (multiple system atrophy-cerebellar type)

Table 4. コントロール群と比較した拡散値の変化

疾患	ADC		FA	
	橋	中小脳脚	橋	中小脳脚
SCA1	→	↑	→	→
SCA3	→	→	→	→
DRPLA	↑	→	→	→
MSA-C	↑	↑	↓	↓

→ ; 有意変化なし ↑ ; 有意に上昇 ↓ ; 有意に低下

SCA ; 脊髄小脳性運動失調 (spinocerebellar ataxia)

DRPLA ; 歯状核赤核淡蒼球ルイ小体萎縮症 (dentatorubro-pallidoluyisian atrophy)

MSA-C ; 多系統萎縮症小脳型 (multiple system atrophy-cerebellar type)

本 間

が制限され、平行な方向の拡散が相対的に亢進する。このように方向性をもった拡散を異方性拡散と言い、DTIは異方性拡散を画像化でき、かつ定量的に表現できる^{11), 12)}。脳脊髄の神経線維は密集しているため拡散の異方性が大きく、DTIのパラメータの1つで拡散の異方性の強さを表すFA mapでは高信号に描出される¹³⁾。しかし、これまでDTIによる脳幹部神経線維束の描出について検討した報告はない。これは、脳幹部では画像のゆがみが生じ、Signal/Noise (S/N) ratioを確保するために通常用いられているスライス厚/スライス間隔5/2.5 mmの画像では明瞭に描出されなかったためと考えられる。

正常例の検討では、スライス厚/スライス間隔5/2.5 mmと比較して3/0 mmのFA mapで上小脳脚の描出能が著明に向上した。これはスライス厚を薄くしたことでpartial volume effectが小さくなり、交叉部の描出能が良くなったためと考えられる。上小脳脚の評価にはスライス厚/スライス間隔3/0 mmのFA mapが必要と考えられた。3D-tractographyでは、上小脳脚のみでなく錐体路、下小脳脚の描出能も、スライス厚/スライス間隔3/0 mmで明らかに優れていた。スライス間隔をなくしたことで、線維の連続性が保たれることが影響していると考えられる。上記の結果を基に、私どもはSCDの評価にスライス厚/スライス間隔3/0 mmを採用することにした。

SCDは病理学的に小脳、脳幹、脊髄、大脳基底核あるいはこれらを含む多系統の病変を有し、臨床的に運動失調を主徴とする神経疾患の総称である。この疾患群に関する研究には混乱が多く、疾患分類も完全に確立していない^{14), 15)}。しかし近年、分子遺伝学的な解析の急速な進歩により、遺伝性SCDの多くの病型では原因遺伝子が同定されており、遺伝子診断が可能となった¹⁾⁻⁸⁾。病理学的には橋横走線維、小脳脚などの萎縮を伴うが、従来の画像診断では神経線維そのものを画像化することはで

きず、小脳、橋、延髄などの萎縮、周囲脳槽および脳室の拡大などの形態的所見から間接的に神経線維の萎縮の有無を判断していた^{16), 17)}。このため、画像による病型分類(特にSCA1とSCA3の鑑別)は困難とされている。

私どもは、以前multishot EPIを用いた拡散強調像(Diffusion-weighted Imaging, 以下DWI)によるSCDの病型診断を試みた¹⁸⁾。DWIにおける橋横走線維の描出程度とT2強調像における高信号領域出現の有無から、ある程度の診断が可能であった。multishot EPIを用いたDWIはS/N ratioが良好で、空間分解能が高く、磁化率アーティファクトが軽減されることから神経線維の形態の描出に優れているが、変性の程度をADC, FAといった数値として定量的に表すことはできない。また、撮像時間が長くなり、被検者の動きの影響を受け易いという欠点がある。今回のDTIを用いた検討では、SCA1, SCA3, DRPLA, MSA-Cの4病型でそれぞれのADCとFAの変化のパターンが異なっていた(Table 4)。本研究は、SCDにおいてADCとFAの変化を検討した初めての報告であるが、比較的簡便に施行できる方法であり、SCDの病型診断に貢献できる可能性が示された。ただし、いずれにおいても計測値にばらつきが大きく、発症からの経過期間との関係などさらなる検討が必要であると考えられる。

ADCは拡散の大きさ、FAは拡散の異方性の強さを表すパラメータであり、神経線維、細胞の変性、脱落によりどちらも変化すると考えられる。しかし、本研究では、SCA1の中小脳脚、DRPLAの橋では、ADCが有意に上昇しているにも関わらず、FAには有意な変化はなかった。これはFAと比較してADCの変化がより鋭敏である可能性を示唆する結果と考えられる。このようなADCの変化とFAの変化の乖離についてはEllis¹⁹⁾らが言及しているのみである。彼らはDTIを用いてamyotrophic lateral sclerosis (ALS)患者の皮質脊髄路の変性を評価し、ADCは罹病期間と相関し、FAは重

拡散テンソル画像 (Diffusion Tensor Imaging) を用いた脳幹部神経線維束の描出と脊髄小脳変性症への応用

症度, 進行速度および上位運動神経障害と関連することから, ADC と FA は異なった病理を評価しているのではないかと推測している。また, 臨床的に非常に急速に病状が進行し上位運動神経障害が高度な 1 例で, FA が有意に低下しているにも関わらず ADC には有意な変化がなかったことから, FA はより早期の病理像を表し, ADC は神経細胞の脱落を伴う, より慢性期の変化を表すのではないかとしている。しかし一方では, 上位運動神経障害の臨床症状の軽度な群では FA に変化がなく, 1 例で ADC が上昇しているのみであったと報告しており, FA よりも ADC の変化が鋭敏であることを示唆している。

これまでの病理学的報告では, SCA1 は橋核・中小脳脚の小脳求心系に変性を来すとされている。SCA3 では歯状核・赤核系, 淡蒼球・ルイ体系の変性が主体とされており, 橋横走線維の変性が MRI で認められるとする報告²¹⁾もあるが, 変性は軽度とされている。MSA-C では橋小脳路の変性が著明であり, 橋核の高度脱落も来すと報告されている²⁰⁾。DRPLA では歯状核・赤核系, 淡蒼球・ルイ体系の他, 大脳白質, 小脳白質・歯状核, 橋被蓋部の網様体などの変性を来すとされている^{14), 22) - 25)}。

中小脳脚はほぼ純粋に橋横走線維 (橋小脳路) からなるのに対し, 橋底部には横走線維の他, 縦束 (錐体路および皮質橋路), 橋核が含まれている。また, 橋被蓋部は網様体が大部分を占め, 三叉神経運動核・外転神経核・顔面神経核などの多数の脳神経核が含まれる。このような解剖学的特徴を踏まえて SCD の病型別に ADC と FA の変化のパターンを見ると, SCA1 では中小脳脚の ADC のみが有意に上昇していることから橋横走線維の変性が主体と考えられる。MSA-C では橋および中小脳脚の ADC と FA の両者が有意に変化していることから少なくとも橋横走線維の変性があると推測できる。DRPLA では橋の ADC のみが有意に上昇し中小脳脚の拡散には変化がないことから, 橋横

走線維以外の構造の変性が主体と考えられる。いずれも病理学的報告に合致する。SCA3 では橋, 中小脳脚両者の ADC, FA に有意な変化がなかったことから変性が比較的軽度であると予測され, 病理学的報告と矛盾しないと考えられる。

結 語

DTI を用いることにより脳幹部の錐体路, 上小脳脚, 下小脳脚を全例で描出できた。

スライス厚 3 mm スライス間隔 0 mm を用いることにより上小脳脚の描出能が著明に向上すると同時に, 良好な 3 次元画像を得ることができた。

DTI による橋および中小脳脚の ADC と FA の測定は SCD の病型診断に役立つ可能性がある。

DTI の結果から, SCA1 と MSA-C では橋横走線維の変性が主体, DRPLA では橋横走線維以外の構造の変性が主体と推測され, 病理学的報告と合致する。

文 献

- 1) 阿部修, 山田晴耕, 大久保敏之ら: 拡散強調画像とテンソル. 日磁医誌 20 (6): 272-290, 2000
- 2) Denis Le Bihan, Jean-Francois Mangin, Cyrill Poupon, et al.: Diffusion Tensor Imaging: Concepts and Applications. J. of Magnetic Resonance Imaging 13: 534-546, 2001
- 3) Sharon Peled, Yehezkel Yeshurun: Super-resolution in MRI: Application to Human White Matter Fiber Tract Visualization by Diffusion Tensor Imaging. Magnetic Resonance in Medicine 45: 29-35, 2001
- 4) Orr HT, Chung MY, Banfi S, et al.: Expansion of an unstable trinucleotide CAG repeat in spinocerebellar ataxia type 1. Nat Genet 4: 221-226, 1993

本 間

- 5) Kawaguchi Y, Okamoto T, Taniwaki M, et al. : CAG expansions in a novel gene for Machado-Joseph disease at chromosome 14q32.1. *Nat Genet* 8 : 221-228, 1994
- 6) Imbert B, Saudou F, Yvert G, Kl et al. : Cloning of the gene for spinocerebellar ataxia 2 reveals a locus with high sensitivity to expanded CAG/glutamine repeats. *Nat Genet* 14 : 285-291, 1996
- 7) Zhuchenko O, Bailey J, Bonnen P, et al. : Autosomal dominant cerebellar ataxia (SCA6) associated with small polyglutamine expansions in the alpha 1A-voltage-dependent calcium channel. *Nat Genet* 15 : 62-69, 1997
- 8) David G, Abbas N, Stevanin G, et al. : Cloning of the SCA7 gene reveals a highly unstable CAG repeat expansion. *Nat Genet* 17 : 65-70, 1997
- 9) Klockgether T, Evert B. : Genes involved in hereditary ataxias. *TINS* 21 : 413-418, 1998
- 10) Koob MD, Moseley ML, Schut LJ, et al. : An untranslated CTG expansion causes a novel form of spinocerebellar ataxia (SCA8). *Nat Genet* 21 : 379-384, 1999
- 11) Holmes SE, O'Hearn EE, McInnis MG, et al. : Expansion of a novel CAG trinucleotide repeat in the 5[prime] region of PPP2R2B is associated with SCA12. *Nat Genet* 23 : 391-392, 1999
- 12) 小島重幸 : MRI 所見からみた SCD の臨床病型. *臨床神経学* 33 : 1294-1296, 1993
- 13) 柳下章 : SCD の MRI. *臨床放射線* 44 : 1295-1303, 1999
- 14) 土屋一洋 : SCD. *臨床画像* 16 (4) : 22-32, 2000
- 15) 阿部康二 : SCD の分類. *脳神経* 53 (1) : 5-13, 2001
- 16) 八木下敏志行, 小島重幸, 平山恵三 : MRI による多系統萎縮症の変性過程の検討. *臨床神経* 35 : 126-131, 1995
- 17) 小島重幸 : SCD の画像診断. *脳神経* 47 (1) : 35-42, 1995
- 18) Adachi M, Hosoya T, Yamaguchi K, Kawanami T, Kato T. : Diffusion- and T2-weighted MRI of the transverse pontine fibers in spinocerebellar degeneration. *Neuroradiology* 42 : 803-809, 2000
- 19) Ellis CM, Simmons A, Jones DK, et al. : Diffusion tensor MRI assesses corticospinal tract damage in ALS. *Neurology* 53(5) : 1051-1058, 1999
- 20) Dejerine J. Andre-Thomas : L'atrohie olivopontocerebelleuse. *Nouv Iconogr de la Salpetriere* 13 : 330-370, 1900
- 21) Murata Y, et al : Characteristic magnetic resonance imaging findings in Mashado-Joseph disease. *Arch Neurol* 55 : 33-37, 1998
- 22) Smith JK, Gonda VE, Malamud N : Unusual form of cerebellar ataxia : Combined dentate-rubral and pallido-Luysian degeneration. *Neurology* 8 : 205-209, 1958
- 23) 内藤明彦, 田中正春, 広瀬省ら : 舞踏病・アテトーゼ様運動を伴った変性型ミオクロースてんかんの2剖検例—遺伝性歯状核・淡蒼球系萎縮症の提唱—. *精神誌* 79 : 193-204, 1977
- 24) 平山恵造, 飯塚礼二, 前原勝矢ら : 歯状核赤核淡蒼球ルイ体萎縮症の臨床病理学的研究 (I) —臨床病理型と症候分析—. *神経進歩* 25 : 725-736, 1981
- 25) Uyama E, et al : Dentatorubral-pallidoluysian atrophy (DRPLA) ; clinical, genetic, and neuro-radiologic studies in a family. *J Neurol Sci* 130 : 146-153, 1995

Diffusion Tensor Imaging for Nerve Fiber Bundles in the Brain Stem and Spinocerebellar Degeneration

Tsuguo Honma

Department of Radiology, Yamagata University School of Medicine

Abstract

Background: Diffusion tensor imaging (DTI) can create an image of the anisotropic nature of diffusion and express it quantitatively. Nerve fibers have a large anisotropic diffusion, and it is possible to obtain images of the nerve fiber bundle. The purpose of this study is to observe the nerve fiber bundles in the brain stem using DTI and study its potential for diagnosing the type of spinocerebellar degeneration (SCD).

Methods: Fractional anisotropy (FA) maps and 3D-tractography images were obtained for 41 subjects with no brain stem abnormalities. We created an apparent diffusion coefficient (ADC) map and an FA map using DTI for 16 subjects in the disease group (11 with hereditary SCD and 5 with non-hereditary SCD) and 25 in the control group. The diffusion value of the pons and middle cerebellar peduncle was measured using ADC, and the degree of anisotropic diffusion was measured using FA.

Results: The pyramidal tract, superior cerebellar peduncle, and inferior cerebellar peduncle were clearly demonstrated for all cases. ADC for the middle cerebellar peduncle in SCA1 was significantly higher, similar to that for the pons in DRPLA. In MSA-C, ADC for both the pons and middle cerebellar peduncle was significantly elevated and FA was significantly decreased. There were no significant changes in SCA3.

Conclusions: We could observe the nerve fiber bundles in the brain stem using DTI. FA and ADC measurements with DTI can aid in diagnosing the type of SCD

Key words: MRI, diffusion tensor imaging, spinocerebellar degeneration