

脳卒中片麻痺患者の運動機能予後予測における拡散テンソルトラクトグラフィーの有用性

木佐俊郎¹⁾³⁾ 加藤三千夫²⁾ 酒井康生³⁾
 美津島穰⁴⁾ 大田誠¹⁾⁵⁾ 馬庭壯吉³⁾

キーワード：拡散テンソルトラクトグラフィー，脳卒中，片麻痺，運動機能，予後予測

要旨

脳卒中片麻痺（完全麻痺、不全麻痺各14例、脳出血19例、脳梗塞9例）運動機能の予後推定における拡散テンソルトラクトグラフィー（DTT）の有用性について28例で後方視的に検証を試みた。

平均62±30病日に撮像したDTT上に、病巣側に皮質脊髄路（CST），同側または対側に皮質網様体路（CRP）のいずれかが認められた19例では、これら病巣側CST，同側または対側CRPいずれも認めない症例群9例に比べ、有意に（P<0.01）片麻痺の改善（修正Brunnstrom stageで上肢・手指・下肢のいずれかで1ランク以上の向上）がその後あった。病巣側のCSTの有無も麻痺の改善と有意（P<0.01）の関係が認められた。一方、病巣側にCSTが認められなくても麻痺改善があった6例の内3例では病巣側・対側にCRPが出現していた。片麻痺改善と経脳梁纖維（TCF）出現との関係については不明であった。肢体の近位・遠位で回復機序が異なるとされる片麻痺の予後予測に基づくリハビリテーション診療に、DTTは有用と考えられた。

はじめに

脳卒中のリハビリテーション（以下リハと略す）

Toshiro KISA et al.

- 1) 松江生協病院 リハビリテーション科
- 2) 同 放射線技術科
- 3) 島根大学リハビリテーション医学講座
- 4) 松江生協病院 脳神経外科
- 5) 同 脳神経内科

連絡先：〒690-0017松江市西津田8丁目8-8

松江生協病院リハビリテーション科

においては、運動麻痺に対して適切な予後予測に基づいた効果的なリハが行われなくてはならない。脳卒中に後遺する運動機能の回復に、急性期～回復期初期は脳内血種の縮小や脳浮腫の消退が関与するが、回復期ではリハ療法や装具療法の役割が重くなる。

近年、拡散テンソルトラクトグラフィー（diffusion tensor tractography; DTT）の臨床応用がなされるようになり、我々も少数ながら視床出

血に用いた経験を既報¹⁾した。今回は脳卒中多数例の片麻痺運動機能の予後予測におけるDTTの有用性について後方視的に検証を試みたので報告する。

対象と方法

DTTを撮像した脳卒中症例は33例あり、フォロー期間がそれぞれ23病日、48病日とまだ短い2例、認知症が既存しFIM社会的認知項目の合計値がそれぞれ3、4と指示に応じることができず片麻痺の評価が不正確であった2例、70病日で片麻痺が消失した1例の計5例を除いた28例で今回の検討を行った(表1)。

内訳は脳卒中の初発27例、再発1例で、発症時年齢67±12歳、男性19例、脳出血19例、脳梗塞9

例、病巣は被殻9例(5例で血腫除去術)、視床9例、その他10例、病巣側は右17例左11例、発症時の運動麻痺は完全麻痺が14例、不全麻痺が14例であった。麻痺肢に感覚障害の合併が15例で何らかの程度で認められていた。認知・行為・コミュニケーションの障害は16例で認められ、主な内訳は重複も含めると、失語症7例、注意障害5例、左半側無視3例、自発性低下、病態失認、プッシャー症候、運動失行が各1例であった。薬物治療を要す麻痺側の痛みは、肩に4例、上肢全体に1例認められた。

研究目的を達するための方法として、平均62±30病日にMRIを撮りDTTを描出し、撮像時に近接した時点(平均50±20病日)でのModified Brunnstrom stage(以下BSと略す)。手指の集

表1 拡散テンソルトラクトグラフィー(DTT) 施行症例の概要と片麻痺経過

症例番号	年齢	性別	疾患名	病巣	左右別	発症時BS	経過中BS	評価病日	最終BS	評価病日
1	82	男	脳出血	視床	右	VI/VI/V	VI/VI/V	46	VI/VI/VI	90
2	64	女	脳出血	視床	右	I/I+/I	II/IV-V/IV-V	31	IV-V/VI/VI	131
3	69	男	脳出血	視床	右	I/I/I	I/I/II	47	I/I/III	145
4	51	男	脳出血	視床	左	I/I/I	I+I/I-II	48	III/III-IV/IV	204
5	79	男	脳出血	視床	左	I/I/I	I-II/II-III/III-IV	37	IV/VI/VI-V	153
6	84	女	脳出血	前頭・頭頂葉皮質	左	I/I/I	I+V/I+	30	IV/V/VI	111
7	74	女	脳出血	被殻	右	I/I/I	II/I/II	78	IV-V/IV-V/IV-V	183
8	67	男	脳出血	被殻	左	I/I/I	II-III/II/III	70	II-III/II/IV	135
9	56	男	脳出血	被殻	右	III-IV/III/V	IV/III-IV/V-VI	41	V/V/VI	143
10	52	男	脳出血	被殻	右	I/I/I	II/I/V	34	III/IV/VI	104
11	78	男	脳梗塞	中大脳動脈広範	左	III/III/III	III/IV/IV	56	IV/V/V	185
12	62	男	脳梗塞	大脳縦裂	左	III-IV/IV/I	III-IV/V/I+~II	41	V/VI/III	118
13	64	女	脳出血	視床	右	I/I+/I	II-III/V/II-III	32	IV-V/VI/VI	106
14	75	男	脳梗塞	放線冠	右	I/I/I	I/I/I+	44	II-III/III-IV/II	124
15	72	男	脳梗塞	中大脳動脈広範	右	II/I/II	II/I/II	24	II-III/II-III/III	138
16	73	男	脳出血	視床	右	I/I/IV	I/II/V	37	I-II/III/V-VI	116
17	69	女	脳梗塞	中大脳動脈領域	右	I/I/I+	II/I/II	23	II/II/III	90
18	64	女	脳出血	視床	右	I/I/I	II/I/II	65	II/I/III	134
19	50	男	脳出血	被殻	右	I/I/I	II/I/II	24	II-III/II-III/III	137
20	70	男	脳梗塞	橋	右	II/I/II	II-III/II-III/III-IV	90	III/III/IV	196
21	84	女	脳出血	視床	右	I/I/I+	I/I/II	89	I-II/I/II-III	114
22	67	女	脳出血	被殻	左	I/I/I	I/I/I+	41	I/I/II	219
23	36	男	脳出血	被殻	左	II/I/V	II-III/II-III/V-VI	84	III/III/VI	140
24	61	男	脳出血	被殻	左	I/I/I	I/I+~II/II-III	60	I/I+~II/II-III	194
25	77	女	脳梗塞	放線冠～側頭葉	右	I/I/I-II	I-II/I/III+	60	II/I/II-IV	155
26	59	男	脳出血	被殻	右	I/I+/I	III/I+/III	46	III/I-II/III-IV	100
27	72	男	脳梗塞	中大脳動脈MI領域	左	I/I/I	II/I/II	45	II/I/II	97
28	52	男	脳梗塞	中大脳動脈広範	左	I/I/I	I-II/I-II/II-I-II	67	I-II/I-II/II-I-II	180

団屈伸の完全可能化を原法のⅢとせずVとする点がModified)と最終評価時(平均140±39病日)のBSとを比較し、片麻痺改善とDTT上の所見との関連性について検討した。

片麻痺改善については、経過中のBSが最終BSと比べて上肢、手指、下肢いずれかでBSで1ランク以上の回復がある状態を「改善あり」とし、上肢、手指、下肢いずれの部位をとってもBS1ランク以上の回復がない状態を「改善なし」と定義した。

28例いずれも急性期病床、回復期病床でほぼ切れ目のないリハビリテーション(理学療法、作業療法、言語療法、摂食機能療法、装具療法)が行われた。

DTTの解析は、図1に例示するような4つのパターンの有無に注目して行った。

すなわち、A：病巣側の運動下行路が冠状断でみて対側と比べ細いながらも残存、B：病巣側を矢状断からみて病巣側皮質脊髄路(corticospinal tract: CST)が対側と比べ細いながらも残存、C：同様に矢状断からみて皮質網様体路(corticoreticular pathway: CRP)が病巣側または対側のいずれか或いは両側に様々な程度で残存、D：下行路に病巣側と対側との間で脳梁を通しての繋がりが経脳梁纖維(transcallosal fibers: TCF)として出現の4類型である。

これらの内、A、B、Cの下行路とはCSTまたはCRPを指し、冠状断では大脳皮質から下げる両路の鑑別が当院のDTT描出技術では難しいので下行路として包括した。Cで示す表現には、CRPが病側と同側(ipsilateral)大脳半球で認められるCRPの場合をiCRP、反対側

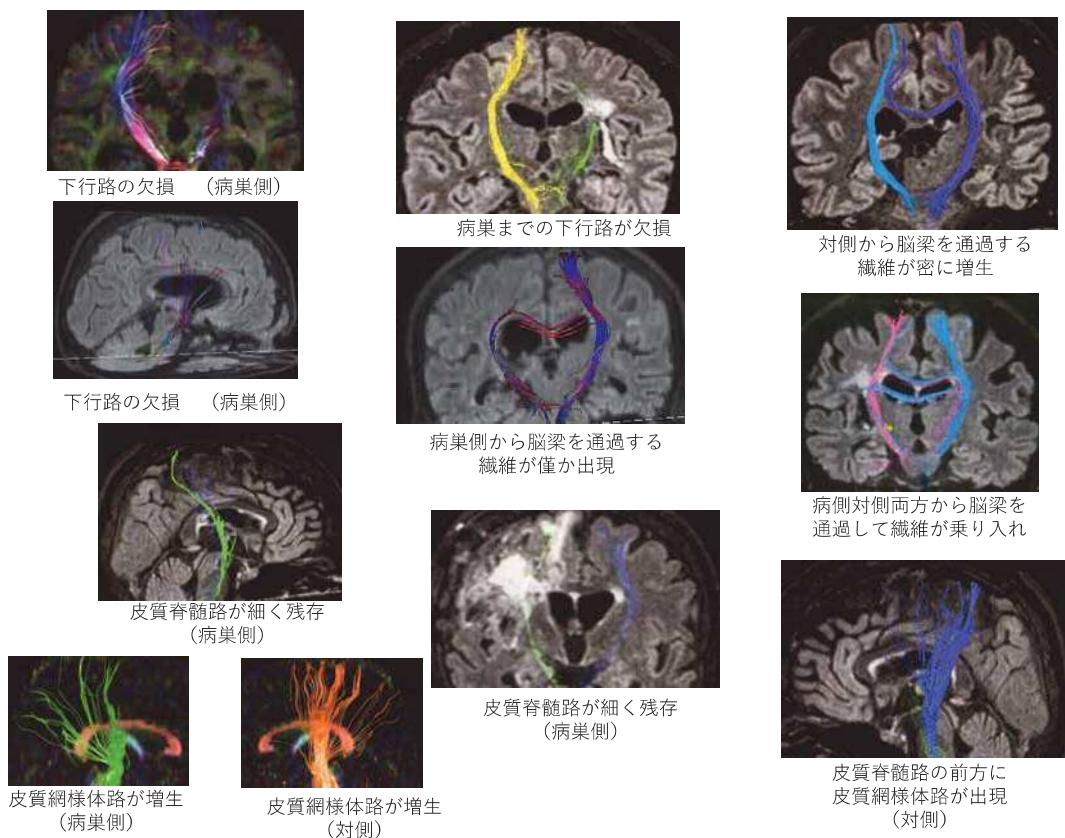


図1 脳卒中片麻痺者の回復期拡散テンソルトラクトグラフィー所見の類型(自験例)

(contralateral) で認められる場合の CRP を cCRP、大脳半球の両側 (bilateral) で認められる場合を bCRP として包括した。D で示す表現には、TCF が病側と同側 (ipsilateral) から出現している場合を iTCF、反対側 (contralateral) から出現している場合を cTCF、両側 (bilateral) から出現している場合を bTCF と包括した。

DTT の撮像は通常 MRI に約 5 分を加え行い、下行路を描出するにあたっての MRI 装置は Ingenia 1.5T (Philips 社) ds Neck-coil、画像処理は上装置に附属の「Fiber Tracking Application」を使用した。

統計学的分析は 2×2 分割表でカイ二乗検定を用い検定した。

結 果

各症例の片麻痺の運動機能経過を BS で上肢/手指/下肢の順で、発症時・経過中・最終時のものを表 1 に示した。

最終時の BS は発症時と比べると 28 例中 27 例 (96.4%) で上肢・手指・下肢の内いずれかで改善があった。1 例では改善はあるものの BS では 1 ランク以上の改善はみられなかった。BS 改善があった 27 例中 19 例 (70.4%) では上肢・手指・下肢の全部位で改善がみられた。

最終時の BS を経過中の BS と比べた場合は 28 例中 19 例 (67.9%) で改善があった。改善のあった 19 例の改善部位の内訳は全部位が 10 例 (52.6%

表 2 片麻痺の運動麻痺改善と拡散テンソルトラクトグラフィー (DTT) 所見

症例番号	運動麻痺改善	DTT 上の病巣側 CST	DTT 上病巣側 CRT	DTT 上の対側 CRT	DTT 上の脳梁線維の出現	DTT撮像病日
1	あり	有り(対側と同等)	有り	有り	有り(対側から僅か)	79
2	あり	有り(対側より細い)	無し	無し	有り(対側から)	31
3	あり	無し	無し	無し	無し	48
4	あり	有り(対側と同等)	有り(対側より細い)	有り	無し	51
5	あり	有り(対側より細い)	有り	有り	無し	37
6	あり	有り	有り	有り	無し	27
7	あり	有り(対側より細い)	有り(対側より細い)	無し	有り(相互乗り入れ)	74
8	あり	無し	無し	有り	有り(病巣側から僅か)	83
9	あり	有り(対側と同等)	無し	無し	有り(対側から)	85
10	あり	無し	有り(対側より細い)	有り(豊富)	無し	30
11	あり	有り(対側より細い)	有り(対側より細い)	有り	無し	120
12	あり	有り(対側より細い)	無し	有り	無し	54
13	あり	有り(対側より細い)	無し	無し	有り(対側から細く)	31
14	あり	有り(対側より細い)	無し	有り	無し	49
15	あり	無し	無し	無し	無し	84
16	あり	無し	有り(対側より細い)	有り	有り(病巣側から)	41
17	あり	無し	有り(僅かのみ)	有り(豊富)	無し	47
18	あり	有り(対側より細い)	無し	無し	有り(対側から僅か)	31
19	あり	有り(対側より細い)	データなし	データなし	無し	26
20	なし	無し	無し	無し	無し	90
21	なし	無し	無し	無し	有り(病巣側から太く)	67
22	なし	無し	無し	無し	有り(病巣側から僅か)	150
23	なし	無し	無し	無し	無し	56
24	なし	無し	無し	無し	無し	59
25	なし	無し	無し	無し	無し	61
26	なし	無し	無し	有り(豊富)	無し	55
27	なし	無し	有り(対側より細い)	有り	無し	97
28	なし	無し	無し	有り	無し	72

表3 脳卒中片麻痺者の回復期の拡散テンソルトラクトグラフィー上の下行路残存と代償路の有無と麻痺回復

	病巣側CST,CRP,対側CRP のいずれか有り	病巣側CST,CRP,対側CRP のいずれも無し	計
片麻痺の改善あり	17	2	19
片麻痺の改善なし	2	7	9
計	19	9	28

CST: corticospinal tract 皮質脊髄路

CRP: corticoreticular pathway 皮質網様体路

カイニ乗検定で有意差あり
 $P<0.01$

表4 脳卒中片麻痺者の回復期拡散テンソルトラクトグラフィー(DTT)による各下行路・脳梁纖維描出の有無と麻痺回復

	DTTによる各経路の描出		
	有り	無し	計
麻痺改善あり	CST	13	6
	iCRT	9	9
	cCRT	11	7
	bCRT	7	11
	iTCF	2	16
	cTCF	5	13
	bTCF	1	17
			18
麻痺改善なし	CST	0	9
	iCRT	1	8
	cCRT	3	6
	bCRT	1	8
	iTCF	2	7
	cTCF	0	8
	bTCF	0	8
			8

カイニ乗検定で
有意差あり
 $P<0.01$
(CST以外はN.S.)

iCRT,cCRT,bCRT,
iTCF,cTCF,bTCF
の説明は本文
にあり

%), 下肢のみが4例, 上肢・手指が2例, 手指・下肢が2例, 上肢・下肢が1例であった。

同様の解析法を, 発症時に片麻痺重度(上肢・手指・下肢いずれもBS I～II未満)22例(麻痺改善あり14例, 改善なし8例)に絞って行うと, 経過中からの比較では有意の改善はなかったが, 発症時と比べると最終評価時に有意に($P<0.01$)片麻痺の改善がみられた。

表2と表3に各症例の片麻痺のDTT撮像時に近接した評価時と最終評価時の間での運動麻痺改善の有無とDTT所見の関係性を検討した結果を示した。これらによると, DTT上の所見A,

B, Cすなわち, 病巣側にCST, 同側または対側にCRPのいずれかが認められる19例では, これら病巣側CST, 同側または対側CRPいずれも認めない症例群9例に比べ, 有意に($P<0.01$)片麻痺の改善があった。

表4に示すように, 病巣側CSTの有無と麻痺の改善とは有意の($P<0.01$)関連が認められた。一方, 病巣側CRPの有無, 対側CRPの有無と麻痺の改善については, いずれも有意の関連性が認められなかった。しかし, 病巣側にCSTが認められなくても麻痺の改善がみられた6例の内3例では, 2例でiCRTとcCRT, 1例でcCRTの出現が認められ, 回復部位は上肢・手指・下肢全てが2例, 下肢のみが1例であった。

脳梁を通過するDTT上の線維出現所見Dは10例で認められ, iTCFが2例, cTCFが7例, bTCFが1例であった。脳梁を通過するDTT上の線維の出現所見の有無と片麻痺回復の有無との関連性については有意の関連性は認められなかった(表4)。

片麻痺の改善あり群(19例)と改善なし群(9例)とで合併障害の有無で比べると, 感覚障害は10例(52.6%) : 5例(55.6%), 麻痺側の肩痛は3例(16.3%) : 1例(5.3%), 認知・行為の障害は8例(42.0%) : 5例(55.6%), 失語症は4例(21.1%) : 3例(33.3%)と両群間に有意の差は認めなかった。実施したリハビリテーション単位数はPT/OT/STの別においても両群間に有意の差は認めなかった。

考 察

脳卒中片麻痺を有する患者の運動機能回復に, 隨意性は手と下肢遠位部優位にCSTが対側性に支配するが, 上肢近位部と下肢近位部・体幹にお

いては CRP も両側性支配にて関わるとされる。加えて CRP は基底核ループと協調して筋緊張や歩行にも関わっているとされる²⁾。

今回 DTT 上で CST がみられず麻痺回復が懸念された 6 症例の内 3 例で BS が向上し麻痺回復がみられた。これらでは CRP が病巣側・対側の両側で 2 例、対側 1 例で残存あるいは代償性に増生したと考えられる所見があった。前 2 者では上下肢・手指の全体で、後者では下肢の麻痺改善が得られた。CST が対側性に支配するのに対して、CRP は同側・対側から両側の運動機能を支配しており、CST の代償路としても注目される。CST の代償路として皮質赤核路も注目されるが、実態を描出できるに至っておらず詳述は避けておく。

下肢の回復は近位と遠位とで責任病巣が異なるが、BS では一括して表示されており、近位・遠位の違いがある場合に数値に反映されない。したがって、この違いを数値化するには SIAS による評価が必要となる。SIAS は片麻痺患者の対側機能や認知機能・感覚など運動麻痺以外の諸項目を

評価できる点でも優れており、今後の DTT 症例の解析には SIAS を必須評価項目に挙げたいと考える。

Yoo ら³⁾は、運動麻痺の予後は血種の量によるのではなく運動下行路の損傷量と相關していたと報告している。Uchiyama ら⁴⁾は脳内出血30例の CST の損傷量を計測し、SIAS の運動総得点、FIM 運動スコアと相關していたと報告している。このような実態は梗塞についてもあてはまるのであろうと考え、今回は梗塞症例の DTT 結果も加えて示した。

本研究の限界として、今回は目で見た変化 (DTT) を主観的に評価しており、FA 値を計測して定量的評価を試みたものではないこと、例数が少なく結論が出せなかった検討課題があることが挙げられる。例えば回復過程における脳梁の役割⁵⁾など不明な諸点が残っており、今後、症例数を増やし検討していきたい。

本研究に開示すべき利益相反状態はない。

文

- 1) 木佐俊郎・他：視床出血 4 例の拡散テンソルトラクト グラフィー像と予後。島根医学 40 (2) : 69-73, 2020
- 2) 高草木薰：大脳基底核による運動の制御。臨床神経学. 49(6), 325-334, 2009.
- 3) Jin Sun Yoo, et al : Characteristics of injury of the corticospinal tract and corticoreticular pathway in hemiparetic patients with putaminal hemorrhage BMC Neurol. 14: 121-130 , 2014
- 4) Yuki Uchiyama, et al : Outcome Prediction of

献

- Patients with Intracerebral Hemorrhage by Measurement of Lesion Volume in the Corticospinal Tract on Computed Tomography. Progress in Rehabilitation Medicine, 6: Online ISSN : 2432-1354, 2021
- 5) Sung Ho Jang and Sang Seok Yeo : Recovery of injured corticoreticular pathway via transcallosal fibers in a patients with intracerebral hemorrhage. BMC Neurol. 14: 108-112, 2014