

Line Scan Diffusion Weighted Imaging を用いた 0.2 Tesla MRIにおける正常頸髄の拡散強調画像の試み

堀 正明¹⁾ 大久保敏之¹⁾ 青木 茂樹²⁾ 石亀 慶一¹⁾ 熊谷 博司¹⁾
荒木 力¹⁾ 平澤 典子³⁾ 鈴木 賢二³⁾ 早坂 亨³⁾

1)山梨医科大学放射線科/放射線部

2)東京大学放射線科

3)GE横河メディカルシステム

Line Scan Diffusion Weighted Imaging (LSDI) on 0.2 Tesla MRI of the Normal Cervical Cord in Vivo: Preliminary study

Masaaki Hori¹⁾, Toshiyuki Okubo¹⁾,
Shigeki Aoki,²⁾ Keiichi Ishigame¹⁾,
Hiroshi Kumagai¹⁾, Tsutomu Araki¹⁾,
Noriko Hirasawa³⁾, Kenji Suzuki³⁾
and Toru Hayasaka³⁾

Diffusion weighted imaging (DWI) has been widely performed in the brain. However, DWI of the spinal cord is rarely performed because of technical and physiologic problems. Line scan diffusion weighted imaging (LSDI) is spin-echo based and relatively insensitive to susceptibility artifacts. We calculated the apparent diffusion coefficient (ADC) values of the normal cervical spinal cord by LSDI on a 0.2 Tesla MR imager and compared the ADC values with those from 1.5 Tesla MRI previously reported in the literature. The ADC values were adequate, and LSDI on 0.2 Tesla MRI is expected to become a useful tool for clinical application.

Research Code No.: 503.9

Key words: Cervical spinal cord, MRI, Diffusion weighted MR images, Line scan

Received Feb. 27, 2002; revision accepted Mar. 6, 2002

1) Department of Radiology, Yamanashi medical University

2) Department of Radiology, University of Tokyo

3) GE Yokogawa Medical Systems

別刷請求先

〒409-3898 山梨県中巨摩郡玉穂町下河東1110

山梨医科大学放射線科

堀 正明

はじめに

脳における拡散強調画像の有用性は既に確立されつつあるが、脊髄におけるその報告は限られたものである。この理由として、現在拡散強調画像の主流であるエコープラナー(Echo Planar)法(以下、EPI法)は磁化率のアーチファクトに弱いと、骨に囲まれた脊髄の明瞭な拡散強調画像を得るのが困難であることが挙げられる。この解決法として、心電同期のmulti-shot EPI法による撮像や、single shot fast spin echo法による撮像が試みられているが、撮像可能なMRIの機種は限定されており、広く普及しているものとは言いがたい。

近年、ラインスキャン法を利用した拡散強調画像(line scan diffusion weighted imaging, 以下、LSDI)の報告を見する¹⁾⁻³⁾。これらの報告は1.5 Teslaの高磁場MRIのものが主であるが、ラインスキャン法は単純なスピネコーによる撮像方法であり、高度なグラディエントやハードウェアを必要としない。したがって、中/低磁場のMRIにおいても十分臨床応用可能なものである。

また、スピネコーベースであるから磁化率のアーチファクトにも比較的強い。低磁場MRIがもともと高磁場より磁化率アーチファクトに強いという利点とあわせて、低磁場MRIにおける脊髄へのLSDIの応用は十分期待できるものである。

今回われわれは、当院の0.2 Tesla装置によるLSDIを各疾患にて応用する前に、このLSDIから算出した頸髄の見かけの拡散係数(apparent diffusion coefficient, ADC)が、過去の文献と比較し妥当なものであるかどうか検討した。

対象と方法

対象は、正常ボランティア5名(男性5名、24~30歳)であった。ボランティアは、特に手のしびれ等の神経症状を認めず、また、あらかじめ撮像した通常のMRI検査(T2強調画像の矢状断像等)で明らかな異常は認められなかった者を選んだ。

使用機種はGE横河メディカルシステム社製Signa Profile

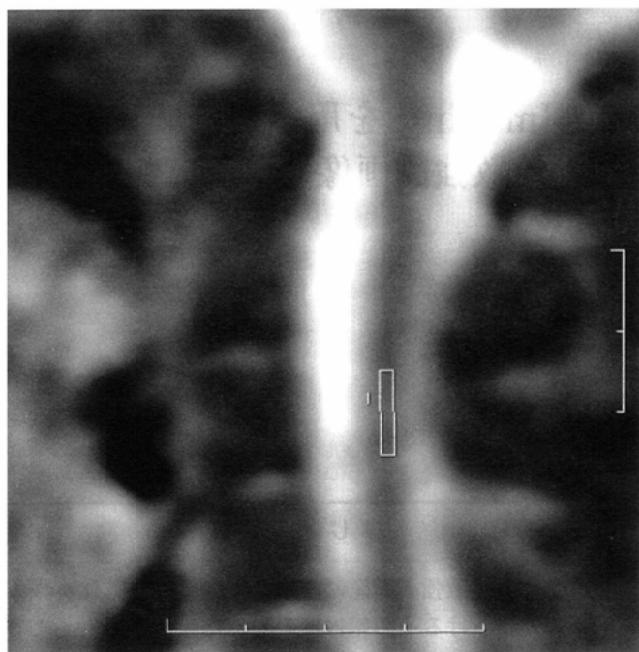


Fig. 1 ADC measurements for the normal spinal cord were made from ADC maps by using regions-of-interest (ROI) placed over the spinal cord manually, taking care to avoid inclusion of cerebrospinal fluid.

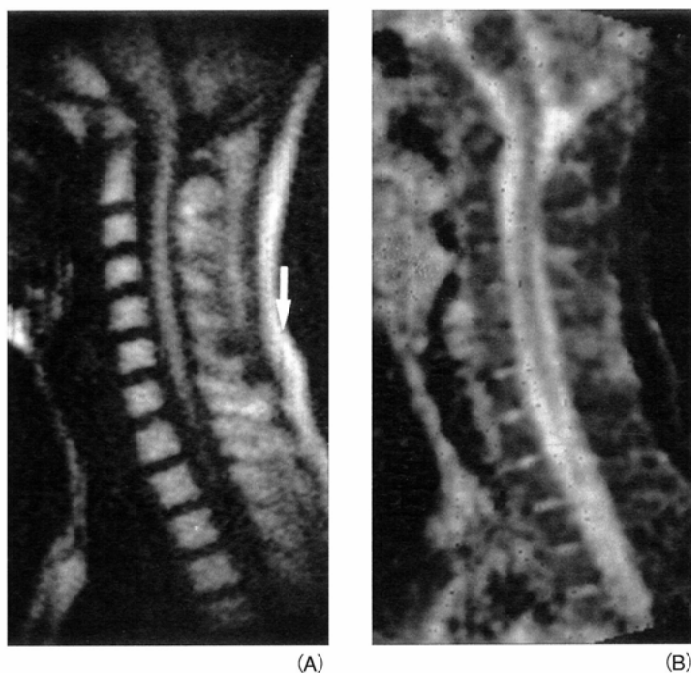


Fig. 2 Diffusion-weighted image ($b = 900$, all directions) of LSDI on 0.2 Tesla MRI (A) and an ADC map (B). Lines of signal loss caused by patient motion are seen in (A) (arrow).

0.2 Tesla (software version 7.6)で、リング状のneck coilを使用した。LSDIの撮像条件は、TR/TEは220/123 ms、スライス厚は8mm、 b 値は900および0 s/mm²、撮像FOVは260 × 130mm、マトリックスは128 × 128、バンド幅は3.92 kHzで、頸髄を含むように矢状断像にて撮像した。Motion probing gradientは3軸方向(前後、上下、左右)に印加したため、1回の撮像で一つの b 値に対応する三つの画像が得られた。撮像時間は、1回の撮像につき50秒ほどであった。

得られた画像をワークステーションに転送し、ADCのマップを3方向(前後、上下、左右)およびその合成、すなわち等方性で作成し、頸椎のC2、C3、C4のレベル上に関心領

域(以下、ROI)を矩形(20mm²)にとってADC値を計測した(Fig. 1)。アーチファクトにより、上述の高位上にROIがとれない場合は、他のレベル(C1もしくはC5)で計測した。ROIは周囲の脳脊髄液や、骨を含まないよう細心の注意を払った。

結 果

0.2 Tesla MRIにおけるLSDIでは、全例でアーチファクトの少ない良好な画像が得られた(Fig. 2)。ところどころ、ラインスキャン法の撮像独特の線状の無信号のアーチファク

ト(いわゆるライン落ち)が認められたが、ADCの計測には、方法のところで述べたようにこの部位を避けた。したがって、実際にROIをおいた高位は全症例を通じてC1で2カ所、C2で5カ所、C3で3カ所、C4で3カ所、C5で2カ所であった。

また、今回の撮像にて計測されたADCの値の平均は、 $0.73 \pm 0.16\text{SD}$ (左右)、 $1.54 \pm 0.11\text{SD}$ (上下)、 $0.75 \pm 0.14\text{SD}$ (前後)、 $1.01 \pm 0.08\text{SD}$ (等方性)(単位はすべて $10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)であった。

考 察

LSDIは基本的にはスピンエコー法と同じだが、LSDIでは 90° 励起時と 180° 反転時のスライス面を傾斜させて励起する。この交差した部分が棒状に励起され、この領域から出るエコーを棒の長さ方向に周波数エンコーディングし、一次元のフーリエ変換を行い、データを収集する。つまり通常のスピンエコー法と異なり1回のTRごとに1ライン上のデータが収集されるため、動きのアーチファクトが発生した場合、データ収集を行っているライン上の画素には影響するが、画像全体には影響しないという特徴がある。また、上述したようにEPI法と比較し、スピンエコーベースであるため、磁化率アーチファクトには強い。これらの特徴から小児の脳や後頭蓋での有用性が報告されている⁴⁾。

この撮像方法の問題点としては、組織からの信号が一つの棒状の部位のみからなので、信号雑音比の低下を招いてしまう点にある。今回は低磁場MRIでのLSDIなので、まず正常ボランティアでADC値の妥当性を確認する必要性があった。

1.5 Teslaの高磁場MRIの拡散強調画像を用いた正常の頸

髄のADC値は、過去にいくつか報告がある^{3), 5), 6)}。Robertsonら³⁾の報告は、LSDI(b値=750)を用いて、小児を対象としたもので、正常頸髄の等方性ADC値の平均値は $0.96 \pm 0.05\text{SD}$ (単位は $10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)であった。また、Yamadaら⁵⁾の報告はSSFSE法を用いた拡散強調画像で、正常頸髄の前後、上下、左右および等方性ADC値の平均値はそれぞれ $0.71 \pm 0.34\text{SD}$ 、 $1.51 \pm 0.29\text{SD}$ 、 $0.47 \pm 0.21\text{SD}$ 、 $0.90 \pm 0.24\text{SD}$ (単位はすべて $10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)であり、Bammerら⁶⁾の報告では心電同期およびナビゲーターエコーを用いたマルチショットEPI法を用いた拡散強調画像で上下および左右のADC値の平均値はそれぞれ 1.603 ± 0.082 、 0.545 ± 0.076 (単位はすべて $10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)である。

これら過去の報告と、今回の結果を比較すると、今回の撮像で得られたADC値は過去に1.5 Teslaの高磁場MRIで計測された正常の頸髄のADCとほぼ同等の値であったといえる。したがって、低磁場MRIによるLSDIを用いた頸髄の拡散強調画像を臨床に供することが可能であるといえる。

脊髄の拡散強調画像の問題点として、LSDIを含むどの撮像方法を用いても、現在の空間分解能では脊髄における白質と灰白質の分離がきわめて困難であることが挙げられる。現状の低磁場MRIでも同様である。この点に関して、将来的にさらに高磁場(3 Tesla以上)のMRIでの撮像が解決法の一つではないかと指摘する意見⁷⁾もある。

しかし、頸髄は、簡単に生検が行えない部位であり、病変部位の鑑別診断の一助として、現状の拡散強調画像によるADC等の情報は十分有意義なものであることが予想される。その点でも低磁場MRIでLSDIが臨床応用可能であることの意義は大きいものである。

今後実際の臨床応用を重ねて、病変部のADC等についてさらに検討したい。

文 献

- 1) Murphy BP, Zientara GP, Huppi PS, et al: Line scan diffusion tensor MRI of the cervical spinal cord in preterm infants. *JMRI* 13: 949-953, 2001
- 2) Maier SE, Bogner P, Bajzik G, et al: Normal brain and brain tumor: multicomponent apparent diffusion coefficient line scan imaging. *Radiology* 219: 842-849, 2001
- 3) Robertson RL, Maier SE, Mulkern RV, et al: MR line-scan diffusion imaging of the spinal cord in children. *AJNR* 21: 1344-1348, 2000
- 4) Robertson RL, Maier SE, Robson CD, et al: MR line scan diffusion imaging of the brain in children. *AJNR* 20: 419-425, 1999
- 5) Yamada H, Okubo T, Abe O, et al: Diffusion-weighted imaging of the cervical spine with single shot fast spin echo (SSFSE) sequence. In: Book of abstracts: International Society of Magnetic Resonance in Medicine 1999, Vol 2. Philadelphia: International Society of Magnetic Resonance in Medicine; 1099, 1999
- 6) Bammer R, Eazekas F, Augustin M, et al: Diffusion-weighted MR imaging of the spinal cord. *AJNR* 21: 587-591, 2000
- 7) Quencer RM, Pattany PM: Diffusion-weighted imaging of the spinal cord: is there a future? [letter, comment]. *AJNR* 21: 1181-1182, 2000